

**PENINGKATAN EFISIENSI LINTASAN PENJAHITAN
SEBAGAI UPAYA PENCAPAIAN TARGET PRODUKSI
DENGAN METODE *SIMPLE ASSEMBLY LINE***

BALANCING PROBLEM (SALBP) TYPE E

(Studi Kasus di PT Sport Glove Indonesia Cabang Godean, Yogyakarta)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Satu (S1)
dan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)



Disusun oleh:

Dimas Purbo Wibiarmoko
122180085

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENINGKATAN EFISIENSI LINTASAN PENJAHITAN SEBAGAI UPAYA PENCAPAIAN TARGET PRODUKSI DENGAN METODE SIMPLE ASSEMBLY LINE BALANCING PROBLEM (SALBP) TYPE E

(Studi Kasus di PT Sport Glove Indonesia Cabang Godean, Yogyakarta)



Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Eko Nursubiyantoro, S.T., M.T.
NIP 19680921 199103 1 001

Sutrisno, S.Si., M.T.
NIP 19780420 202121 1 008

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknik Industri
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta**



Dr. Sadi, S.T., M.T.
NIP 19710313 202121 1 002

LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dimas Purbo Wibiatmoko
NPM : 122180085
Jurusan : Teknik Industri FTI UPN “Veteran” Yogyakarta

menyatakan bahwa karya ilmiah saya dengan judul **Peningkatan Efisiensi Lintasan Penjahitan Sebagai Upaya Pencapaian Target Produksi Dengan Metode *Simple Assembly Line Balancing Problem (SALBP) Type E*** adalah hasil karya ilmiah saya dan bebas dari plagiarisme.

Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan secara pribadi tanpa melibatkan institusi dan menerima sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Yogyakarta, 4 Agustus 2022

Yang menyatakan



Dimas Purbo Wibiatmoko
NPM 122180085

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Peningkatan Efisiensi Lintasan Penjahitan Sebagai Upaya Pencapaian Target Produksi Dengan Metode *Simple Assembly Line Balancing Problem (SALBP) Type E***”. Laporan ini disusun berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di PT Sport Glove Indonesia Cabang Godean, Yogyakarta yang berlangsung dari tanggal 9 Mei 2022 sampai tanggal 29 Juli 2022. Dalam penyusunan laporan ini, penulis mendapatkan bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Eko Nursubyantoro, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah berkenan untuk meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan informasi, saran, nasihat dan petunjuk selama pembuatan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Sutrisno., S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah berkenan untuk meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan informasi, masukan dan petunjuk selama pembuatan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Sadi, S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
4. Bapak Jeri Haryadi selaku *Industrial Engineering* dan pembimbing lapangan di PT Sport Glove Indonesia Cabang Godean, Yogyakarta yang telah banyak membantu memberikan informasi, ilmu, data-data, dan pengalaman selama pengamatan dan penelitian di perusahaan.
5. Bapak Tri, Bapak Eko, Mbak Ani selaku Pegawai PT Sport Glove Indonesia Cabang Godean, Yogyakarta yang telah menerima, membantu dan membimbing saya dalam melakukan penelitian di perusahaan.

6. Kedua orang tua dan kakak-kakak saya tercinta yang telah mendukung dan memberikan banyak bantuan baik moril maupun materi.
7. PE Family dan EPSK Penting, serta teman-teman yang telah memberikan motivasi, kerja sama dan bantuan kepada saya.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari Laporan Tugas Akhir ini, baik dari materi maupun teknik penyajian didalamnya, meningat kurangnya pengetahuan dan pengalaman penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki kekurangan tersebut. Besar harapan penulis agar Laporan Tugas Akhir ini memberi manfaat bagi semua pihak yang berkepentingan terhadap hasil penelitian ini.

Yogyakarta, 4 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIARSIME	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
ABSTRAK	X
ABSTRACT	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-3
1.3 Batasan dan Asumsi	I-3
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.6 Sistematika Penulisan.....	I-4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Sistem Produksi	II-1
2.2 Keseimbangan Lintasan Produksi	II-3
2.3 Istilah-Istilah dalam Keseimbangan Lintasan Produksi	II-6
2.4 Metode Keseimbangan Lintasan Produksi	II-8
2.5 <i>Simple Assembly Line Balancing Problem Type E</i>	II-11
2.6 Pengukuran Waktu Kerja	II-14
2.7 Uji Kecukupan Data	II-20
2.8 Uji Keseragaman Data.....	II-21
2.9 <i>Software Lingo</i>	II-22
2.10 Penelitian Terdahulu.....	II-24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian	III-1
3.2 Pengumpulan Data.....	III-1
3.3 Kerangka Penelitian.....	III-2
3.4 Tahapan Pengolahan Data	III-5
3.5 Analisis Hasil.....	III-9
3.6 Kesimpulan.....	III-9

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS HASIL

4.1 Pengumpulan Data.....	IV-1
4.1.1 Data waktu kerja.....	IV-1

4.1.2	Data waktu operasi	IV-1
4.1.3	Data operasi penjahitan	IV-2
4.1.4	Data <i>precedemce diagram</i>	IV-4
4.1.5	Data <i>performance rating</i> dan <i>allowance</i>	IV-5
4.1.6	Data target produksi	IV-6
4.1.7	Data pengukuran waktu operator.....	IV-7
4.1.8	Data <i>skill matrix</i>	IV-10
4.2	Pengolahan Data	IV-11
4.2.1	Uji kecukupan data	IV-11
4.2.2	Uji keseragaman data	IV-13
4.2.3	Perhitungan waktu baku	IV-15
4.2.4	Perhitungan efisiensi operator	IV-17
4.2.5	Perhitungan <i>takt time</i>	IV-19
4.2.6	Pembentukan model matematika.....	IV-19
4.2.7	Pemecahan model matematika dengan <i>software</i>	IV-23
4.2.8	Menghitung jumlah kebutuhan dan alokasi.....	IV-25
4.2.9	Perhitungan efisiensi, <i>balance delay</i> , dll.....	IV-39
4.3	Analisis Hasil.....	IV-43

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Pengumpulan Data.....	V-1
5.2	Pengolahan Data	V-2

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor penyesuaian menurut <i>Westinghouse</i>	II-16
Tabel 2.2	Penilaian faktor kelonggaran	II-18
Tabel 2.3	Penelitian terdahulu	II-24
Tabel 2.4	Posisi penelitian	II-24
Tabel 4.1	Data waktu operasi.....	IV-1
Tabel 4.2	Data operasi penjahitan.....	IV-2
Tabel 4.3	Keterkaitan antar operasi	IV-4
Tabel 4.4	Penilaian tingkat penyesuaian.....	IV-6
Tabel 4.5	Penilaian tingkat krlonggaran	IV-6
Tabel 4.6	Data pengukuran waktu operasi.....	IV-7
Tabel 4.7	Data <i>skill matrix</i>	IV-10
Tabel 4.8	Perhitungan uji kecukupan data	IV-11
Tabel 4.9	Hasil uji kecukupan data.....	IV-12
Tabel 4.10	Hasil uji keseragaman data	IV-14
Tabel 4.11	Hasil perhitungan waktu baku operator	IV-16
Tabel 4.12	Efisiensi operator	IV-18
Tabel 4.13	Rangkuman penugasan stasiun kerja awal dan akhir.....	IV-21
Tabel 4.14	Hasil solusi optimal	IV-24
Tabel 4.15	Rangkuman perhitungan operator.....	IV-25
Tabel 4.16	Hasil alokasi operator	IV-27
Tabel 4.17	Usulan alokasi operator pembanding pertama.....	IV-31
Tabel 4.18	Usulan alokasi operator pembanding kedua	IV-34
Tabel 4.19	Perhitungan proposi dan output	IV-38
Tabel 4.20	Data perhitungan efisiensi, balance delay, idle time	IV-40
Tabel 4.21	Rangkuman perbaikan keseimbangan lintasan	IV-45
Tabel 4.22	Hasil keseimbangan lintasan produksi.....	IV-46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh <i>precedence diagram</i>	II-7
Gambar 2.2	Jenis ALBP	II-11
Gambar 3.1	Kerangka penelitian	III-3
Gambar 3.2	Kerangka pengolahan data.....	III-8
Gambar 4.1	Precedence diagram	IV-5
Gambar 4.2	Grafik uji keseragaman data operator Lena	IV-13
Gambar 4.3	Skrip lingo.....	IV-22
Gambar 4.2	Hasil ringkasan pencarian solusi lingo	IV-23

ABSTRAK

PT Sport Glove Indonesia (SGI) cabang Godean merupakan perusahaan yang bergerak di bidang garmen dengan produk sarung tangan. Pada bulan Mei 2022 perusahaan mengalami ketidaktercapaian target produksi pada tiga lintasan penjahitan dengan lintasan terparah yaitu lintasan MF-35 dengan produk Hex Armour 2028x. Permasalahan tersebut disebabkan oleh produk yang memiliki kerumitan dan variasi proses yang tinggi serta alokasi operator yang kurang tepat. Hal tersebut menandakan lintasan tersebut belum seimbang sehingga aliran produksi kurang efisien. Penyeimbangan lintasan yang baik diperlukan untuk meningkatkan efisiensi lintasan sehingga tercapai target produksi yang telah ditetapkan.

Penyeimbangan lintasan menggunakan metode analitik dengan model matematis *Simple Assembly Line Balancing Problem (SALBP) Type E* yang menghasilkan usulan lintasan yang berfokus pada memaksimalkan keefektifan dan keseimbangan pada lintasan produksi. Proses pencarian solusi usulan lintasan seimbang dibantu *software* Lingo. Alokasi operator pada hasil usulan lintasan dilaksanakan dengan menempatkan operator yang memiliki tingkat efisiensi tinggi ke proses dengan waktu operasi yang lama.

Berdasarkan data yang dilakukan sebelum dilakukan usulan perbaikan memiliki tingkat efisiensi lintasan 53,32%, *balance delay* sebesar 46,67%, total *idle time* 18 menit, dan *smoothness index* 171,17. Pada usulan lintasan diperoleh perbaikan keseimbangan lintasan dimana tingkat efisiensi lintasan meningkat menjadi 83,69%, *balance delay* menurun menjadi 17,31%, total *idle time* 3,37 menit, dan *smoothness index* menurun 52,37 yang berpengaruh pada peningkatan *output* produksi.

Kata kunci : *Line Balancing*, Alokasi, Efisiensi, Lingo

ABSTRACT

PT Sport Glove Indonesia (SGI) Godean branch is a company engaged in the garment sector with gloves products. In May 2022 the company failed to achieve its production target on three sewing lines with the worst line being the MF-35 line with the Hex Armor 2028x product. These problems are caused by products that have a high complexity and variety of processes as well as an inaccurate operator allocation. This shows that the implementation is not balanced so that the production flow is less efficient. Good line balancing is needed to improve track efficiency so that the production target that has been set is achieved.

The line balancing uses an analytical method with the Simple Assembly Line Balancing Problem (SALBP) Type E with mathematical model which produces a proposed path that focuses on maximizing the effectiveness and balance of the production line. The process of finding a balanced path proposed solution is assisted by Lingo software. Operator allocation on the proposed path results is carried out by placing operators with high efficiency levels into processes with long operating times.

Based on the data carried out before the proposed improvement has a path efficiency level of 53.32%, a balance delay of 46.67%, a total idle time of 18 minutes, and a smoothness index of 171.17. In the proposed trajectory, the path balance improvement is obtained where the efficiency level of the path increases to 83.69%, the balance delay decreases to 17.31%, the total idle time is 3.37 minutes, and the smoothness index decreases to 52.37 which affects the increase in production output.

Keywords : *Line Balancing, Allocation, Efficiency, Lingo*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor industri di era pemulihan pandemi COVID-19 khususnya industri manufaktur kembali bangkit sejalan dengan ekspor yang telah terbuka kembali. Salah satu sektor yang berpengaruh yaitu industri garmen yang merupakan tujuh sektor prioritas pengembangan dalam kesiapan memasuki era industri 4.0. Industri garmen harus terus melakukan pembenahan untuk terus berkembang khususnya dalam peningkatan sistem produksi yang efektif dan efisien yang menjadi bukti keseimbangan lintasan (*line balancing*) produksi. Tujuan dari penerapan *line balancing* dalam proses produksi adalah pembebanan yang seimbang disetiap stasiun kerja dengan kecepatan produksi yang diinginkan, beban stasiun kerja diukur dengan besaran waktu, penurunan jumlah stasiun kerja, pengurangan jumlah waktu menganggur disetiap stasiun kerja, memperoleh efisiensi kerja yang tinggi, dan untuk mencapai target produksi sesuai dengan rencana produksi (Merengo, 1999).

PT Sport Glove Indonesia atau yang sering disingkat PT SGI merupakan perusahaan yang bergerak di bidang garmen yang terletak di Godean, Yogyakarta. Perusahaan ini memproduksi berbagai macam sarung tangan olahraga dengan sistem produksi *make to order* dimana produk akan diproses setelah memperoleh *order* dari konsumen. Proses produksi dimulai dari proses pemotongan bahan baku, penjahitan, dan pengepakan. Proses produksi menggunakan beberapa jenis mesin otomatis dan dioperasikan oleh manusia. Proses penjahitan (*sewing*) merupakan proses yang membutuhkan tenaga manusia paling besar. Hal tersebut yang menyebabkan proses penjahitan merupakan fase yang paling kritis sehingga diperlukan perancangan yang optimal.

PT Sport Glove Indonesia cabang Godean menjalankan produksi dengan sembilan lintasan penjahitan untuk menunjang kelancaran produksi. Dua lintasan dengan kode MF-38 dan MF-39 dikhususkan untuk operator *training* dan tujuh lintasan lainnya dengan kode MF-31 sampai MF-37 merupakan lintasan penjahitan untuk operator tetap. Setiap lintasan bertugas untuk mengerjakan satu jenis sarung

tangan dalam kurun waktu tertentu yang telah direncanakan dan dijadwalkan oleh departemen produksi. Setiap lintasan penjahitan memiliki target produksi harian untuk menjamin pesanan dari konsumen dapat terpenuhi tepat waktu. Jika proses penjahitan tidak berjalan lancar, maka dapat menimbulkan permasalahan berupa jumlah produksi yang tidak mencapai target.

Pada bulan Mei 2022, diperoleh data bahwa terdapat tiga lintasan penjahitan operator tetap yaitu MF-31, MF-33, dan MF-35 yang mengalami performansi rendah karena tidak berhasil memenuhi target produksi. Dari ke tiga lintasan tersebut, lintasan penjahitan MF-35 yang memproduksi sarung tangan jenis *Hex Armour 2028x* merupakan lintasan penjahitan dengan kekurangan target tertinggi yaitu sebanyak 2.655 pcs dari total target produksi yaitu 16.800 pcs. Pada pengamatan awal diperoleh hasil tingkat efisiensi lintasan MF-35 sebesar 53,32%, *smoothness index* sebesar 171,17, dan waktu tunggu yang masih tinggi yaitu selama 18,00 menit yang perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran A. Hasil tersebut menunjukkan masih rendahnya efisiensi lintasan dan belum lancarnya aliran produksi yang menyebabkan terbentuknya waktu menganggur yang lama yang berakhir pada belum tercapainya target produksi. Belum tercapainya target produksi tersebut juga disebabkan jenis sarung tangan ini memiliki kerumitan dan variasi proses yang lebih banyak dibandingkan jenis sarung tangan lainnya. Belum lancarnya aliran produksi diakibatkan masih terdapat penempatan operator yang kurang tepat sehingga menyebabkan beban kerja belum merata. Hal tersebut berakibat terjadinya tumpukan material (*bottleneck*) dan menciptakan waktu menganggur. Beberapa hal tersebut mencerminkan masih belum terbentuk keseimbangan lintasan penjahitan pada MF-35. Selain itu, produk jenis *Hex Armour 2028x* juga merupakan salah satu produk unggulan yang sering diproduksi PT SGI sehingga memiliki jadwal produksi yang panjang setiap tahunnya. Dengan alasan di atas, membuat lintasan penjahitan MF-35 dengan produk *Hex Armour 2028x* menjadi fokus pengamatan dalam penelitian keseimbangan lintasan.

Metode keseimbangan lintasan yang digunakan dalam penelitian yaitu metode analitis yang memiliki penyelesaian permasalahan dengan solusi optimal. Metode analitis tersebut menggunakan model matematis *Simple Assembly Line Balancing Problem (SALBP) Type E* yang berfokus pada meminimalkan jumlah

stasiun dan waktu siklus sekaligus memaksimalkan keefektifan dan keseimbangan aliran. Selain itu, metode ini tepat digunakan untuk memecahkan permasalahan lintasan dengan karakteristik bentuk lintasan lurus dan memproduksi produk homogen dalam proses produksinya. Beberapa karakteristik tersebut merupakan karakteristik lintasan MF-35. Oleh karena itu, Metode analitis dengan model matematis *Simple Assembly Line Balancing Problem (SALBP) Type E* tepat untuk mencari solusi permasalahan keseimbangan pada lintasan MF-35. Proses pemecahan solusi tersebut akan diproses dengan bantuan *software* Lingo. *Software* tersebut dipilih karena dapat membantu memecahkan masalah matematis dengan menghasilkan solusi optimal dalam waktu eksekusi yang cepat dan input yang mudah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, dapat dirumuskan permasalahan yaitu bagaimana usulan keseimbangan lintasan untuk meningkatkan efisiensi lintasan penjahitan agar tercapai target produksi sarung tangan.

1.3 Batasan dan Asumsi

Batasan dalam penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada lintasan MF-35 dengan produk *Hex Armour 2028x*.
2. Penelitian berfokus pada proses penjahitan tanpa mempertimbangkan proses *quality control*.
3. Penelitian tidak mempertimbangkan biaya produksi.
4. Penelitian tidak mempertimbangkan *layout* lintasan produksi.

Asumsi dalam penelitian ini yaitu:

1. Mesin bekerja optimal tidak mengalami kerusakan atau penggantian.
2. Kualitas produk yang dihasilkan dianggap sama.
3. Tidak ada penambahan operator.
4. Operator dapat mengerjakan proses apapun untuk jenis mesin yang sama.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan usulan keseimbangan lintasan untuk meningkatkan efisiensi lintasan penjahitan agar tercapai target produksi sarung tangan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif dan bahan pertimbangan bagi PT Sport Glove Indonesia dalam upaya pencapaian target produksi dengan peningkatan efisiensi lintasan penjahitan.

1.6 Sistematika Penulisan

Langkah-langkah dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa bagian, dimana pembagiannya dibatasi oleh tiap bab yang dijelaskan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan dan asumsi masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini memuat tentang teori-teori yang digunakan di dalam penelitian. Teori-teori tersebut diperoleh melalui studi literatur, buku, jurnal, dan sumber-sumber lain.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini memuat tentang objek penelitian, proses pengumpulan data, kerangka penelitian, tahap pengolahan data, analisis hasil, serta kesimpulan dan saran.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini memuat tentang pengumpulan data, pengolahan data, serta analisis hasil pengolahan data.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan dari hasil penelitian penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Sistem Produksi

Menurut Sutarman (2009), pengertian sistem adalah kumpulan elemen yang saling berinteraksi dalam kesatuan untuk menjalankan suatu proses pencapaian suatu tujuan utama. Menurut Sugiarto (2007), secara umum produksi diartikan sebagai suatu kegiatan atau proses yang menstranformasikan masukan (input) menjadi hasil keluaran (*output*). Dengan demikian Ginting (2007) menyimpulkan sistem produksi dapat diartikan sebagai sekumpulan dari sub sistem yang saling berinteraksi dengan tujuan untuk mentransformasi input produksi menjadi *ouput* produksi. Input dalam sistem produksi dapat berupa material, tenaga kerja, mesin, metode, energi, data, dan manajerial. *Output* dalam sistem produksi berupa produk yang dapat berupa barang atau jasa. Sistem produksi juga dapat menghasilkan *output* berupa hasil sampingan seperti informasi, limbah, dan sebagainya. Berdasarkan tujuannya, sistem produksi dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis yaitu: (Ginting, 2007)

1. *Engineering to Order* (ETO), merupakan sistem produksi yang dilaksanakan berdasarkan permintaan konsumen kepada produsen untuk melakukan pembuatan produk dimulai dari proses perancangannya (rekayasa). Pada jenis sistem produksi seperti ini biasanya tidak mempunyai sistem inventori.
2. *Assembly to Order* (ATO), merupakan sistem produksi yang mana produsen melakukan pembuatan desain standar suatu komponen tertentu. Komponen standar tersebut dapat dirakit untuk segala jenis produk yang diminta konsumen. Komponen tersebut telah disiapkan terlebih dahulu dan akan dimulai dirakit setelah menerima pesanan dari konsumen.
3. *Make to Order* (MTO), merupakan sistem produksi dimana produsen akan melakukan produksi ketika telah menerima pesanan konsumen untuk item tertentu. Konsumen dapat memesan produk dengan

desian yang diinginkan namun harus bersedia untuk menunggu proses produksinya selesai.

4. *Make to Stock* (MTS), adalah sistem produksi yang dilaksanakan dengan melakukan produksi terlebih dahulu tanpa perlu menunggu permintaan dari konsumen. Produksi ini akan dijadikan sebagai persediaan dimana apabila terdapat pesanan dari konsumen maka barang dapat langsung dikirimkan. Pelaksanaan produksi dilaksanakan berdasarkan peramalan dan perancangan produksi yang biasanya berdasarkan data penjualan sebelumnya.

Menurut Ginting (2007), berdasarkan aliran operasi dan variasi produk, sistem produksi terbagi menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

1. *Flow shop*, yaitu proses secara konvensional atau tradisional dimana unit-unit *output* akan berurutan melalui operasi yang sama dengan mesin khusus sepanjang lintasan hingga menjadi produk akhir. Sistem produksi ini biasanya diterapkan untuk produk dengan desain tetap dalam waktu lama sehingga diproses dalam jumlah besar (produksi massal) untuk memenuhi permintaan pasar yang luas atau yang dikenal dengan *Make to Stock* (MTS).
2. *Continuous*, yaitu proses yang lebih ekstrim dari *flow shop* dimana fasilitas produksi disusun sesuai dengan urutan operasi dari proses pertamanya hingga menjadi produk jadi dengan aliran material yang konstan yang biasanya hanya untuk satu jenis produk.
3. *Job shop*, yaitu proses dimana unit-unit produk berbeda akan memiliki urutan yang berbeda dengan melalui stasiun kerja yang dikelompokkan berdasarkan fungsinya. Sistem produksi ini memiliki volume produksi yang sedikit dengan variasi produk yang banyak. Memiliki waktu produksi yang agak panjang untuk setiap jenis produknya dan tidak ada lintasan produksi yang khusus. *Job shop* biasanya digunakan untuk memenuhi pesanan khusus konsumen atau yang dikenal *Make to Order* (MTO).
4. *Batch*, yaitu proses yang memiliki standarisasi yang selangkah ke depan dari *job shop* namun masih di bawah *flow shop*. Sistem produksi ini

memproduksi dalam volume dari variasi produk yang banyak dengan waktu proses produksi agak pendek. Dalam sistem *batch* suatu lintasan produksi dapat digunakan untuk beberapa jenis produk namun diperlukan pergantian alat untuk tipe produk yang berbeda sehingga sistem produksi ini harus “*general purpose*” dan fleksibel untuk produk dengan variasi banyak dengan volume yang rendah. Sistem produksi ini sering digunakan untuk *Make to Stock* (MTS).

5. *Project*, yaitu proses pembuatan satu jenis produk dengan tingkat kerumitan tinggi yang didefinisikan urutan tugas-tugas yang terstruktur dan teratur sesuai kebutuhan sumber daya dan dibatasi oleh waktu penyelesaiannya.

2.2 Keseimbangan Lintasan Produksi

Lintasan produksi merupakan area kerja dimana fasilitas produksi seperti mesin, peralatan pelengkap, dan operasi manual disusun berurutan dengan jarak yang dekat agar material dapat bergerak secara berkesinambungan dengan kecepatan sama melalui serial operator yang seimbang sampai proses selesai. Menurut Baroto (2002), terdapat dua jenis lintasan produksi berdasarkan karakteristik prosesnya yaitu lintasan fabrikasi yang membentuk atau menciptakan komponen produk dan lintasan perakitan yang bertugas merakit komponen menjadi suatu rakitan atau subrakitan produk.

Pada lintasan produksi penjahitan (*sewing*) terdapat beberapa komponen yaitu: (Baroto, 2002)

1. *Loading*, yaitu komponen dan material produksi yang dibutuhkan dalam perakitan produk.
2. Operator, yaitu individu yang melaksanakan proses operasi (penjahitan) pada *loading* di dalam lintasan produksi penjahitan (*sewing*).
3. Mesin, yaitu peralatan elektronik yang dibutuhkan oleh operator untuk menjalankan tugasnya dalam operasi penjahitan yang bertujuan merakit material hingga menjadi satu kesatuan produk. Mesin yang digunakan dalam lintasan produksi penjahitan terdiri dari: jarum satu (*single needle*), jarum dua (*double needle*), obras, *bartack*, dan lain-lain.

4. Alat, yaitu benda yang berguba untuk membantu dan memudahkan operator dalam melaksanakan proses operasi penjahitan, seperti: pinset, gunting, pendedel, dan lain-lain.
5. *Supervisor*, yaitu seorang pemimpin yang bertugas mengatur dan mengontrol jalannya produksi (performansi) pada suatu lintasan produksi penjahitan selama jalannya proses produksi.
6. *Mover/Helper*, yaitu individu yang bertugas mengelola dan memindahkan pasokan *loading* untuk memastikan tidak terjadi keterlambatan.

Suatu lintasan produksi dinyatakan seimbang apabila penugasan pekerjaan ke dalam stasiun-stasiun kerja dapat saling berkaitan dalam suatu lintasan produksi sehingga setiap stasiun kerja memiliki waktu di bawah waktu siklus dari stasiun kerja tersebut (Gasperz, 2004). Keseimbangan lintasan produksi memiliki hubungan erat dengan produksi massal dimana sejumlah pekerjaan perakitan dikelompokkan dalam beberapa pusat kerja yang dikenal dengan sebutan stasiun kerja. Waktu yang diijinkan untuk menyelesaikan suatu elemen pekerjaan ditentukan oleh kecepatan lintasan perakitan. Keseimbangan terjadi apabila semua stasiun kerja sedapat mungkin diusahakan memiliki waktu siklus yang sama. Suatu stasiun kerja yang memiliki waktu di bawah waktu siklus idealnya maka stasiun kerja tersebut akan memiliki waktu menganggur sehingga dapat dicapai efisiensi pada setiap stasiun kerja akan tinggi (Nasution, 2003).

Menurut Babu (2009), keseimbangan lintasan memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk meratakan beban kerja setiap operasi kerja.
2. Untuk melancarkan aliran produksi dan mencegah terjadinya hambatan aliran produksi.
3. Untuk memastikan operator teralokasi dan bekerja secara tepat dan terbaik sepanjang hari.
4. Untuk meminimasi hingga menghilangkan waktu tunggu dan waktu menganggur.

Menurut Buffa (1988), terdapat beberapa cara usaha untuk mencapai keseimbangan lintasan, antara lain:

1. Kerja lembur (*overtime*)

Dilakukan pada stasiun kerja yang lambat yang kemudian harus dilakukan kerja lembur atau penambahan tenaga kerja. Cara ini paling mudah namun akan mengakibatkan pemborosan ruangan.

2. Pergerakan operator

Dilakukan dengan menggerakkan operator dengan waktu operasi lebih singkat untuk membantu operator dengan waktu operasi lebih lama.

3. Pemecahan elemen kerja

Dilakukan pada operasi membutuhkan waktu yang lebih singkat daripada stasiun kerja lain sehingga operatornya dapat menangani lebih dari satu operasi atau membantu operasi pada lini lainnya.

4. Perbaikan operasi

Dilakukan dengan perbaikan metode kerja pada operasi yang membutuhkan waktu operasi dan *set-up* yang lebih lama.

5. Perbaikan performansi operator

Dilakukan dengan pemberian tambahan latihan pada operator yang bermasalah atau mengganti dengan operator yang lebih baik.

6. Pengelompokkan operasi

Dilakukan dengan mengelompokkan beberapa operasi atau elemen kerja ke dalam stasiun kerja secara seimbang sehingga memiliki waktu kerja yang sama.

7. Mengubah kecepatan mesin

Dilakukan dengan meningkatkan kecepatan mesin pada suatu operasi sehingga memiliki kecepatan yang sama dengan operasi lain.

8. Aneka produk atau kombinasi lintasan

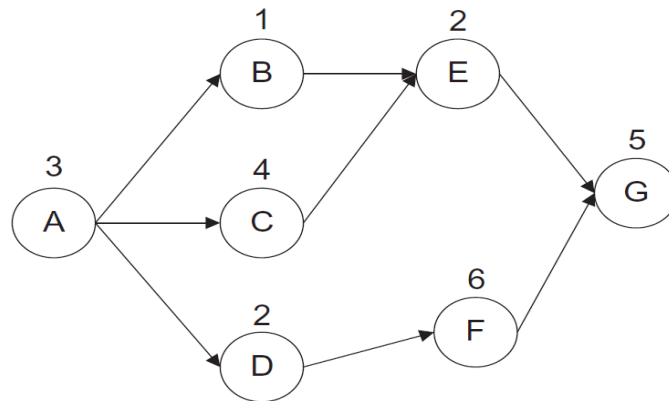
Dilakukan dengan mengelompokkan produk yang serupa dan memproduksinya dengan kombinasi lintasan sehingga waktu menganggur mesin pada suatu produk dapat dialokasikan pada pembuatan produk lain.

2.3 Istilah-Istilah dalam Keseimbangan Lintasan Produksi

Menurut Gandama (2015), terdapat beberapa istilah yang biasa digunakan dalam keseimbangan lintasan produksi adalah sebagai berikut:

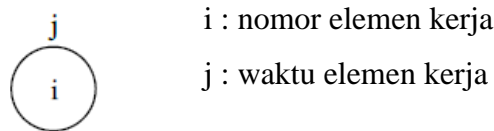
1. Elemen kerja (*work element*)
Merupakan seluruh pekerjaan yang harus dilakukan dalam suatu kegiatan produksi.
2. Waktu operasi (t_i)
Merupakan waktu standar untuk dapat menyelesaikan suatu operasi.
3. Stasiun kerja (*work station*)
Merupakan tempat lintasan dimana proses perakitan dijalankan. Stasiun kerja disusun berdasarkan urutan operasi atau proses perakitan dan memiliki waktu siklus di bawah waktu siklus yang telah ditetapkan.
4. Waktu siklus (*cycle time*)
Merupakan waktu yang dibutuhkan untuk membuat satu unit produk pada suatu stasiun kerja. Waktu siklus diperoleh hasil pembagian waktu produksi dengan target produksi yang telah ditentukan. Waktu siklus harus sama atau lebih besar dari waktu operasi terbesar untuk menghindari *bottleneck*. Waktu siklus juga harus sama atau lebih kecil dari jam kerja efektif per hari dibagi jumlah produksi perhari.
5. Waktu stasiun kerja (ST_k)
Merupakan jumlah waktu yang dibutuhkan stasiun kerja untuk mengerjakan semua elemen kerja yang ditugaskan atau didistribusikan pada stasiun kerja tersebut.
6. *Delay time* dan *Idle time*
Delay time merupakan selisih waktu siklus dengan waktu stasiun kerja. *Idle time* merupakan waktu menganggur pada stasiun kerja yang dapat diperoleh dengan mengurangi waktu yang tersedia dengan waktu yang digunakan.
7. *Precedence diagram*
Merupakan diagram yang menggambarkan urutan dan keterkaitan antar elemen kerja perakitan sebuah produk. Dalam *precedence diagram*

memperhatikan pendistribusin elemen kerja yang dilakukan pada setiap stasiun. Contoh *precedence diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Contoh *precedence diagram*
(Sumber: Rabbani, 2013)

Keterangan gambar:



Menurut Baroto (2002), performansi dalam keseimbangan lintasan sebelum dan sesudah dilakukan keseimbangan lintasan produksi dapat dilihat dari kriteria-kriteria sebagai berikut:

1. Efisiensi lintasan produksi

Efisiensi dapat diperoleh dengan menghitung rasio antara jumlah waktu operasi seluruh stasiun kerja dan waktu operasi stasiun kerja terbesar.

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n \times W_{bmax}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

W_i : waktu operasi pada stasiun kerja

W_b: waktu stasiun kerja terbesar

n : jumlah stasiun kerja

b : *balance delay*

2. *Balance delay*

Balance delay atau keseimbangan waktu senggang adalah ukuran dari ketidakefisienan lintasan akibat dari waktu menganggur lintasan, terjadi karena pengalokasian antara stasiun kerja kurang sempurna.

$$BD = \frac{(n \times W_{bmaks}) - \sum_{i=1}^n W_i}{(n \times W_{bmaks})} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

3. *Idle time*

Merupakan keadaan dimana operator menganggur atau tidak melakukan kegiatan yang memberikan nilai pada proses produksi. *Idle time* dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor yang dapat tidak dapat dikendalikan maupun faktor yang sebenarnya dapat dikendalikan.

$$IT = (n \times W_{bmaks}) - \sum_{i=1}^n W_i \dots\dots\dots (2.3)$$

4. *Smoothness Index*

Smoothness index atau indeks penghalusan merupakan indeks kelancaran relatif dari penyeimbang lintasan perakitan tertentu. Nilai minimum dari *smoothness index* adalah 0, hal tersebut menandakan masing-masing stasiun kerja memiliki waktu yang relatif sama.

$$Smoothness\ index = \sqrt{\sum (W_{bmaks} - W_i)^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

Pada industri garmen, terdapat acuan waktu tersendiri yang digunakan sebagai batas atas dalam menentukan waktu siklus dalam mencapai target produksi perharinya, yang disebut *takt time*. *Takt time* adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh sebuah lintasan untuk memproduksi setiap unit produk dalam memenuhi permintaan konsumen (Distianasari, 2019). Secara matematis *takt time* dirumuskan:

$$Takt\ time = \frac{Available\ time}{target\ produksi} \dots\dots\dots (2.5)$$

2.4 Metode Keseimbangan Lintasan Produksi

Untuk melakukan penyeimbangan lintasan produksi, terdapat dua metode yang akan digunakan yaitu: (Henry, 2011)

1. Metode analitik

Merupakan metode penyeimbangan lintasan yang memiliki ciri karakteristik pemecahan masalah dengan pendekatan kuantitatif atau yang sering disebut pendekatan matematis untuk memberikan sebuah solusi optimal namun membutuhkan perhitungan yang besar dan rumit. Menurut Rigg (1976), metode analitik menggunakan pendekatan *operation research* dalam mengoptimalkan sebuah lintasan diantaranya

linear programming dan *dynamic programming*. *Linear programming* merupakan model yang paling umum digunakan untuk memecahkan masalah keseimbangan lintasan dengan pengalokasian sumber-sumber yang terbatas secara optimal. *Linear programming* akan mengelompokkan dan menganalisa operasi-operasi ke dalam sejumlah kombinasi yang memungkinkan untuk dijadikan tugas pada sepanjang lintasan. Salah satu bentuk pemecahan *linear programming* yaitu dengan menggunakan model matematis *Simple Assembly Line Balancing Problem* (SALBP) dan *General Assembly Line Balancing Problem* (GALBP) dimana tujuannya untuk meminimalkan stasiun kerja dan waktu siklus. Pengurangan waktu siklus merupakan tujuan utama sebuah industri garmen untuk mencapai ketepatan sistem produksi dan jumlah permintaan produk. Menurut Buffa (1984), terdapat prosedur umum dalam menggunakan metode analitik yaitu:

- a. Menetapkan keputusan variabel (x dan y).
- b. Menetapkan fungsi tujuan, dalam bentuk persamaan linear yang merujuk pada keputusan variabel dan menunjukkan tujuan usaha pemecahan permasalahan. Fungsi tujuan dirumuskan:

$$\text{Maksimum } Z = ax + by$$

Keterangan:

Z : fungsi tujuan

a : jumlah kontribusi dari variabel x

b : jumlah kontribusi dari variabel y

- c. Menetapkan batasan (*constrain*) yang digunakan untuk hitungan linear yang meliputi keputusan variabel. Batasan menunjukkan restriksi pada keputusan-keputusan itu. Alternatif-alternatif dapat dibentuk melalui pemilihan nilai-nilai untuk keputusan variabel yang diperlukan untuk tekanan-tekanan itu.

2. Metode heuristik

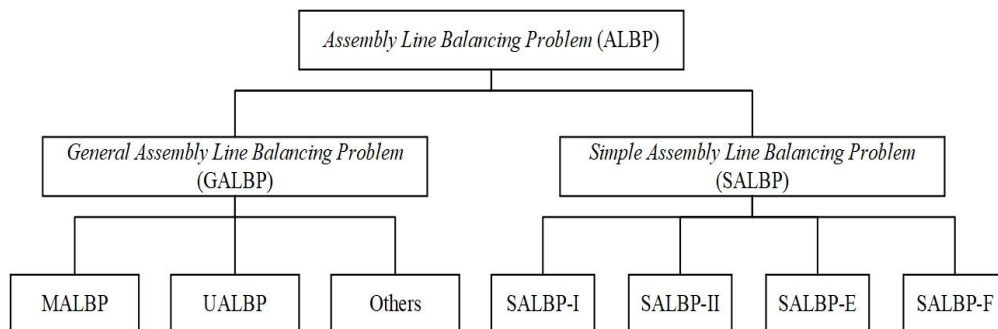
Metode heuristik menggambarkan pendekatan tertentu dengan logis untuk memecahkan masalah dan membuat keputusan. Metode heuristik yaitu mengaplikasikan rutin secara selektif mengurangi bentuk

permasalahan. Metode heuristik tidak menjamin hasil yang optimal, tetapi dirancang untuk menghasilkan strategi yang relatif mendekati hasil yang optimal sesungguhnya. Berikut merupakan metode heuristik yang secara umum dikenal antara lain:

- a. Metode bobot posisi (*ranked positional weight*) atau yang dikenal dengan metode *Hegelson Birnie* karena dikembangkan oleh W.B. Helgeson dan D.P. Birnie. Metode ini menjelaskan proses perakitan terbentuk dari beberapa elemen pekerjaan dengan urutan ketergantungan terhadap elemen pekerjaan sebelumnya. Elemen kerja diurutkan berdasarkan peringkat, mulai dari yang paling besar sampai yang paling kecil. Nilai peringkat didapat dari jumlah waktu operasi mulai dari awal sampai akhir proses. Berdasarkan urutan bobot tersebut, elemen-elemen pekerjaan dikelompokkan dalam stasiun kerja berdasarkan waktu siklus yang ditetapkan.
 - b. Metode pengurutan waktu terbesar (*largest candidate rule*) merupakan metode sederhana yang mengurutkan prioritas operasi kerja berdasarkan waktu operasi terpanjang. Kelebihan dari metode ini adalah tingkat kemudahan yang lebih tinggi dibanding metode lainnya, namun hasil yang diperoleh masih harus saling dipertukarkan dengan cara trial dan *error* dalam memperoleh penyusunan stasiun kerja optimal (Groover, 2001).
 - c. Metode pendekatan wilayah (*region approach*) merupakan metode yang dikembangkan oleh Bedworth. Metode ini membebaskan terlebih dahulu pada operasi yang memiliki tanggung jawab keterdahuluan yang besar.
3. Metode komputerisasi, yaitu metode yang membutuhkan bantuan komputer dalam melakukan penyeimbangan lintasan perakitan dengan menggunakan COMSOAL (*Computer Method of Sequencing Operation for Assembly Line*). (Henry, 2011)

2.5 *Simple Assembly Line Balancing Problem (SALBP) Type E*

Menurut Kumar (2013), *Assembly Line Balancing Problem (ALBP)* merupakan salah satu jenis metode analitis berupa model matematis yang menugaskan pekerjaan-pekerjaan ke dalam beberapa stasiun kerja yang saling berhubungan dalam satu lintasan produksi dengan mempertimbangkan waktu siklus setiap stasiun kerja dan diagram alur keterkaitan antar stasiun (*precedence diagram*). Menurut Jirasirilerd (2020), secara umum ALBP terbagi menjadi dua jenis yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Jenis ALBP

(Sumber: Jirasirilerd, 2020)

Berdasarkan Gambar 2.2 di atas, dapat diketahui ALBP terdiri dari:

1. *General Assembly Line Balancing Problem (GALBP)*

GALBP merupakan suatu model matematis yang digunakan untuk permasalahan lintasan yang berbentuk tidak sederhana. Secara umum GALBP terbagi menjadi *Mixed-Model Assembly Line Balancing Problem (MALBP)* yang digunakan untuk suatu lintasan produksi yang memproduksi lebih dari satu produk secara bersamaan, *U-line Assembly Line Balancing Problem (UALBP)* untuk lintasan berbentuk U, dan model lainnya merupakan model dimana permasalahan menyimpang dari lintasan dengan cakupan yang luas.

2. *Simple Assembly Line Balancing Problem (SALBP)*

SALBP merupakan model matematis yang digunakan untuk permasalahan lintasan tunggal yang memiliki ciri karakteristik produksi dalam jumlah besar (massal) untuk produk berjenis homogen yang memiliki jumlah operasi yang telah diketahui. Menurut Backer (2006),

terdapat empat jenis atau tipe SALBP berdasarkan fungsi dan tujuan yang digunakan, yaitu:

a. Tipe I

Tipe ini bertujuan untuk meminimalkan jumlah stasiun yang akan digunakan sesuai dengan waktu siklus tertentu untuk meminimalkan biaya tenaga kerja dan perangkat keras. Fokus utama tipe ini yaitu meminimalkan *workstation*.

b. Tipe II

Tipe ini bertujuan untuk meminimalkan waktu siklus jumlah stasiun kerja yang telah ditentukan agar dapat memaksimalkan jumlah produksi per satuan waktu.

c. Tipe E

Tipe ini memiliki tujuan meminimalkan jumlah stasiun dan waktu siklus sekaligus memaksimalkan keefektifan aliran.

d. Tipe F

Tipe ini memiliki tujuan untuk menemukan titik keseimbangan yang sesuai untuk jumlah stasiun dan waktu siklus yang diberikan.

Berdasarkan penjelasan di atas, metode *Simple Assembly Line Balancing Problem* (SALBP) Tipe E merupakan model matematis yang tepat digunakan untuk memecahkan keseimbangan lintasan pada lintasan produksi yang berbentuk lurus dan hanya memproduksi satu jenis produk (homogen) dalam satu penjadwalan produksi. SALBP Tipe E merupakan penggabungan Tipe I (meminimalkan *workstation*) dan Tipe II (meminimalkan waktu siklus) sehingga terciptalah metode yang dapat secara optimal meminimalkan *workstation* dan meminimalkan waktu proses sehingga tercipta keseimbangan lintasan yang efisien dan dapat memenuhi jumlah target produksi. Berikut merupakan tahapan membentuk model matematik SALBP Tipe E (Gokcen & Erel, 1998):

1. Menetapkan fungsi tujuan

Fungsi tujuan merupakan fungsi yang menjadi fokus yang ingin dicapai dalam penelitian yaitu memaksimalkan efisiensi lintasan yang ditetapkan dengan rumus:

$$\text{Max WE} = \frac{\sum ti}{m \times ct} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

- WE : workstation efficiency
- ti : waktu tugas pada proses i
- m : jumlah stasiun kerja terbentuk
- ct : waktu siklus

2. *Assignment constrain*

Kendala ini ditunjukkan untuk mengalokasikan elemen kerja ke dalam stasiun-stasiun yang memungkinkan penugasan elemen kerja yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sum_{j \in E_i}^{L_i} X_{ij} = 1, i = 1, \dots, n, \dots \dots \dots (2.7)$$

3. *Cycle time constraint*

Kendala ini berguna untuk membatasi jumlah elemen-elemen kerja yang dapat ditugaskan pada suatu stasiun kerja sesuai dengan waktu siklus yang telah ditentukan sebelumnya. Hal ini dilakukan agar mendapat kesamaan waktu produksi pada setiap stasiun kerja sehingga keseimbangan lini perakitan dapat dicapai. Persamaan kendala ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n (t_i \cdot X_{ij}) \leq ct \cdot y_j, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m_{max} \dots \dots \dots (2.8)$$

4. *Precedence constraint*

Kendala ini digunakan untuk memastikan elemen kerja pendahulu yang harus ditugaskan pada stasiun kerja lebih awal dari pada elemen kerja pengikutnya dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sum_{j \in E_h}^{L_h} (j \cdot X_{hj}) \leq \sum_{j \in E_i}^{L_i} (j \cdot X_{ij}), \forall (h,i) \in IP \dots \dots \dots (2.9)$$

Sebelum melakukan pemodelan, dilakukan perhitungan waktu siklus (Ws) suatu produk yang selanjutnya dilakukan penentuan alokasi elemen kerja yang dapat dilakukan pada stasiun-stasiun kerja yang memungkinkan mulai dari stasiun kerja awal hingga stasiun kerja akhir dari lini. Model tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$W_s = \max \left\{ t_i \text{ terpanjang}; \frac{\text{total waktu proses}}{\text{jumlah proses}} \right\} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$E_i = \left\lceil \frac{t_i + \sum_{h \in p_i} t_h}{W_s} \right\rceil \dots \dots \dots (2.11)$$

$$L_i = m + 1 - \left\lfloor \frac{t_i + \sum_{h \in s_i} t_h}{W_s} \right\rfloor \dots \dots \dots (2.12)$$

Notasi memakai bilangan *binary integer* dalam penyelesaiannya. Bila elemen kerja ditugaskan pada suatu stasiun kerja atau model tertentu maka notasi tersebut akan bernilai 1 tetapi bila elemen kerja tersebut tidak ditugaskan pada suatu stasiun kerja atau model tersebut maka notasi tersebut akan bernilai 0.

$$X_{ij} \in \{0,1\}, y_j \in \{0,1\}, \forall i \in i, \forall j \in j \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan:

i : tugas

j : stasiun kerja

n : nomor tugas

t_i : waktu proses dari tugas i

IP : sekumpulan tugas langsung mendahului dinyatakan dengan $(h,i) \in$

IP memiliki arti tugas h harus dikerjakan sebelum tugas i

M_{min} : batas minimum jumlah stasiun kerja ($j=1, \dots, m$)

M_{max} : batas maksimum jumlah stasiun kerja

2.6 Pengukuran Waktu Kerja

Waktu kerja merupakan salah satu faktor utama yang diukur dan diperhitungkan dalam pengukuran kerja. Pengukuran waktu kerja dilakukan untuk mengetahui durasi kerja yang dibutuhkan oleh operator yang telah terlatih dengan kemampuan normal untuk menyelesaikan pekerjaan yang spesifik pada tingkat kecepatan kerja yang normal dan dalam lingkungan kerja yang terbaik pada saat itu (Sutalaksana dkk, 1979). Hasil waktu saat pengukuran waktu aktual disebut waktu siklus, waktu siklus yang telah mempertimbangkan faktor penyesuaian (*rating factor/ performance rating*) disebut waktu normal, dan waktu normal yang telah mempertimbangkan faktor kelonggaran (*allowance*) disebut waktu baku. Waktu baku inilah yang menjadi hasil akhir pengukuran waktu kerja yang bermanfaat sebagai dasar perancangan kebutuhan tenaga kerja (*man power planning*), perencanaan sistem kompensasi, menunjukkan kemampuan pekerja berproduksi, dan mengetahui besaran performansi sistem kerja berdasarkan waktu aktual. Waktu baku dapat diperoleh dengan tahapan rumus sebagai berikut:

1. Menghitung waktu siklus rata-rata.

$$W_s = \frac{\sum x}{n} \dots \dots \dots (2.14)$$

Keterangan:

W_s : waktu siklus

x : waktu yang teramati

n : jumlah pengamatan yang dilakukan

2. Menghitung waktu normal.

$$W_n = W_s \times R_f \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan:

W_n : waktu normal

R_f : *performance rating* (faktor penyesuaian)

3. Menghitung waktu baku.

$$W_b = W_n \times \frac{100\%}{100\% - Allowance} \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan:

W_b : waktu baku

Allowance : faktor kelonggaran

Menurut Wignjosoebroto (2006), pengukuran waktu kerja diklasifikasikan menjadi dua jenis sebagai berikut:

1. Pengukuran waktu kerja langsung

Pengukuran waktu kerja langsung merupakan pengukuran waktu yang dilaksanakan langsung pada suatu operasi kerja yang dikerjakan operator pada stasiun kerja bersangkutan. Pengukuran waktu kerja secara langsung dapat dilakukan dengan metode *work sampling* dan jam henti (*time study*).

2. Pengukuran waktu kerja tidak langsung

Pengukuran waktu kerja tidak langsung merupakan pengukuran waktu yang memanfaatkan data waktu kerja yang dapat berupa tabel maupun video dari suatu proses operasi kerja yang telah dilaksanakan sebelumnya sehingga tidak perlu pengukur langsung di lapangan. Pengukuran tidak langsung ini dapat dilaksanakan dengan metode *Work Factor* (WF system), *Maynard Operation Sequence Technique* (MOST system), *Methods Time Measurement* (MTM system), analisa waktu gerakan (MTA), waktu gerakan baku (MTS) dan waktu gerakan dimensi (DMT).

Pengamatan awal untuk mengetahui waktu kerja pada suatu proses produksi sering dilakukan dengan menggunakan pengukuran waktu kerja langsung jam henti (*time study*). Metode pengamatan ini diperkenalkan oleh Feedrick W. Taylor dimana pengukuran waktu kerja dengan metode jam henti (*time study*) terhitung pada saat *stopwatch* ditekan mulai ketika operasi kerja mulai dilaksanakan sampai *stopwatch* dihentikan pada operasi kerja telah selesai sehingga hasil waktu tersebut merupakan durasi dari operasi kerja yang diamati. Metode ini cocok dilakukan pada pekerjaan yang berlangsung secara singkat dan berulang (*repetitive*).

Menurut Wignjososoebroto (2006), pengukuran waktu kerja dengan jam henti dilaksanakan dengan urutan sebagai berikut:

1. Menentukan objek pengamatan berupa operasi kerja dan memecahnya menjadi elemen-elemen kerja yang sederhana.
2. Mengukur waktu yang diperlukan operator untuk menyelesaikan elemen-elemen kerja tersebut. Pengukuran waktu dilakukan sejumlah N pengamatan untuk setiap siklus atau elemen kegiatan.
3. Menetapkan jumlah siklus kerja yang harus diukur berdasarkan uji kecukupan data dan keseragaman data.
4. Menetapkan faktor penyesuaian (*performance rating*) untuk setiap elemen kerja yang ada dan hanya untuk operator yang mengerjakan aktivitas elemen kerja tersebut. Faktor penyesuaian digunakan untuk menjaga kewajaran kerja sehingga tidak terjadi kekurangan waktu karena terlalu idealnya kondisi kerja yang diamati. Menurut (Sutalaksana dkk, 1979), terdapat dua cara penentuan nilai faktor penyesuaian yaitu cara *Shumard* dan *Westinghouse*. Cara yang paling umum digunakan yaitu cara *Westinghouse* karena lebih mempertimbangkan banyak faktor seperti keterampilan, usaha, kondisi kerja, dan konsistensi. Berikut tabel penilaian faktor penyesuaian berdasarkan cara *Westinghouse* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Faktor penyesuaian menurut *westinghouse*

Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
Keterampilan	<i>Superskill</i>	A1	+0,15
		A2	+0,13
	<i>Excellent</i>	B1	+0,11
		B2	+0,08

Tabel 2.1 Faktor penyesuaian menurut *westinghouse* (Lanjutan)

Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
Keterampilan	<i>Good</i>	C1	+0,06
		C2	+0,03
	<i>Average</i>	D	0,00
		<i>Fair</i>	E1
	E2		-0,10
	<i>Poor</i>	F1	-0,16
		F2	-0,22
	Usaha	<i>Excessive</i>	A1
A2			+0,12
<i>Excellent</i>		B1	+0,10
		B2	+0,08
<i>Good</i>		C1	+0,05
		C2	+0,02
<i>Average</i>		D	0,00
		<i>Fair</i>	E1
E2			-0,08
<i>Poor</i>		F1	-0,12
		F2	-0,17
Kondisi Kerja		<i>Ideal</i>	A
	<i>Excellent</i>	B	+0,04
	<i>Good</i>	C	+0,02
	<i>Average</i>	D	0,00
	<i>Fair</i>	E	-0,03
	<i>Poor</i>	F	-0,07
Konsistensi	<i>Perfect</i>	A	+0,04
	<i>Excellent</i>	B	+0,03
	<i>Good</i>	C	+0,01
	<i>Average</i>	D	0,00
	<i>Fair</i>	E	-0,02
	<i>Poor</i>	F	-0,04

Besarnya harga faktor penyesuaian (p) memiliki tiga batasan yaitu:

- a. $p > 1$ atau $p > 100\%$ apabila operator bekerja di atas waktu normal.
 - b. $p < 1$ atau $p < 100\%$ apabila operator bekerja di bawah waktu normal.
 - c. $p = 1$ atau $p = 100\%$ apabila operator bekerja dalam waktu normal.
5. Memasukan *performance rating* pada pengolahan waktu pengamatan sehingga diperoleh waktu normal.
 6. Menetapkan faktor kelonggaran (*allowance*) untuk memberi fleksibilitas. Faktor kelonggaran yang diberikan guna menghadapi kondisi-kondisi kebutuhan pribadi, faktor kelelahan, keterlambatan material, dan sebagainya. Menurut (Sutalaksana dkk, 1979), berikut tabel pemberian nilai faktor kelonggaran dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penilaian faktor kelonggaran

Faktor	Contoh pekerjaan	Ekivalen beban	Kelonggaran		
			Pria	Wanita	
A. Tenaga yang dikeluarkan					
1	Dapat diabaikan	Bekerja di meja, duduk	tanpa beban	0,0-6,0	0,0-6,0
2	Sangat ringan	Bekerja di meja, berdiri	0,00 – 2,25 kg	6,0-7,5	6,0-7,5
3	Ringan	Menyekop, ringan	2,25 – 9,00 kg	7,5-12,0	7,5-16,0
4	Sedang	Mencangkul	9,00 – 18,00 kg	12,0-19,0	16,0-30,0
5	Berat	Mengayun palu yang berat	18,00 – 27,00 kg	19,0-30,0	
6	Sangat berat	Memanggul beban	27,00 – 50,00 kg	30,0-50,0	
7	Luar biasa berat	Memanggul karung berat	diatas 50 kg		
B. Sikap kerja					
1	Duduk	Bekerja duduk, ringan		0,0-1,0	
2	Berdiri di atas dua kaki	Badan tegak, ditumpu dua kaki		1,0-2,5	
3	Berdiri di atas satu kaki	Satu kaki mengerjakan alat kontrol		2,5-4,0	
4	Berbaring	Pada bagian sisi, belakang atau depan badan		2,5-4,0	
5	Membungkuk	Bedan dibungkukkan bertumpu pada kedua kaki		4,10-10,0	
C. Gerakan kerja					
1	Normal	Ayunan bebas dari palu		0	
2	Agak terbatas	Ayunan terbatas dari palu		0-5	
3	Sulit	Membawa beban berat dengan satu tangan		0-5	
4	Pada anggota-anggota badan terbatas	Bekerja dengan tangan di atas kepala		5-10	
5	Seluruh anggota badan terbatas	Bekerja di lorong pertambangan yang sempit		10-15	
D. Kelelahan mata*)					
1	Pandangan yang terputus-putus	Bekerja di meja, duduk	tanpa beban	0,0-6,0	0,0-6,0
2	Pandangan yang hampir terus menerus	Bekerja di meja, berdiri	0,00 – 2,25 kg	6,0-7,5	6,0-7,5
3	Pandangan terus menerus dengan fokus tetap	Menyekop, ringan	2,25 – 9,00 kg	7,5-12,0	7,5-16,0
4	Pandangan terus menerus dengan fokus berubah-ubah	Mencangkul	9,00 – 18,00 kg	12,0-19,0	16,0-30,0
5	Pandangan terus menerus dengan konsentrasi tinggi dan fokus tetap	Mengayun palu yang berat	18,00 – 27,00 kg	19,0-30,0	
6	Pandangan terus menerus dengan konsentrasi tinggi dan berubah-ubah	Memanggul beban	27,00 – 50,00 kg	30,0-50,0	

Tabel 2.2 Penilaian faktor kelonggaran (Lanjutan)

Faktor	Contoh pekerjaan	Ekivalen beban	Kelonggaran	
			Lelah normal	berlebihan
E. Keadaan suhu tempat kerja**) <ol style="list-style-type: none"> 1 Beku 2 Rendah 3 Sedang 4 Normal 5 Tinggi 6 Sangat tinggi 		<u>Suhu (°C)</u> di bawah 0 0-13 13-22 22-28 28-38 di atas 38	Di atas 10 10-0 5-0 0-5 5-40 Di atas 40	Di atas 12 12-5 8-0 0-8 8-100 Di atas 100
F. Keadaan atmosfer***) <ol style="list-style-type: none"> 1 Baik 2 Cukup 3 Kurang baik 4 Buruk 	Ruang yang berventilasi baik, udara segar Ventilasi kurang baik, ada bau-bauan Ada debu-debu beracun/tidak tetapi banyak Ada bau berbahaya yang harus menggunakan alat pernapasan		0 0-5 5-10 10-20	
G. Keadaan lingkungan yang baik <ol style="list-style-type: none"> 1 Bersih, sehat, cerah dengan kebisingan rendah 2 Siklus kerja berulang antara 5-10 detik 3 Siklus kerja berulang antara 0-5 detik 4 Sangat bising 5 Jika faktor-faktor yang berpengaruh dapat menurunkan kualitas 6 Terasa adanya getaran lantai 7 Keadaan-keadaan yang luar biasa (bunyi, kebersihan, dll) 			0 0-1 1-3 0-5 0-5 5-10 5-15	

*) Kontras antara warna hendaknya diperhatikan
 **) Tergantung juga pada keadaan ventilasi
 ***) Dipengaruhi juga oleh ketinggian tempat kerja dari permukaan laut dan keadaan iklim
Catatan pelengkap : kelonggaran untuk kebutuhan pribadi bagi pria (0-2,5%) dan wanita (2-5%)

7. Menetapkan waktu baku, yaitu jumlah total antara waktu normal dan waktu longgar.

Selain itu, dengan pengukuran jam henti dapat diketahui efisiensi operator. Efisiensi operator sangat bermanfaat sebagai dasar dalam pengalokasian operator sesuai dengan kemampuannya. Persamaan efisiensi operator dapat dilihat di bawah ini:

$$\text{Efisiensi operator} = \frac{\text{total waktu operator}}{\text{total waktu standar operasi}} \times 100 \dots\dots\dots (2.17)$$

2.7 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data merupakan suatu proses pengujian statistik yang dilakukan terhadap data pengukuran untuk mengetahui apakah data yang diambil untuk penelitian sudah mencukupi untuk dilakukan perhitungan waktu baku dan sudah dapat memenuhi atau mewakili suatu sistem yang sedang diukur. Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi uji kecukupan data yaitu: (Sutalaksana dkk, 1979).

1. Tingkat ketelitian

Tingkat ketelitian merupakan nilai persen yang menunjukkan penyimpangan maksimum dari hasil perhitungan terhadap nilai waktu aktual atau sebenarnya. Tingkat ketelitian dilambangkan dengan s yang besar nilainya sesuai besar persen tingkat ketelitian tersebut.

2. Tingkat keyakinan

Tingkat kepercayaan merupakan besarnya probabilitas bahwa data yang sudah diambil berada dalam tingkat ketelitian yang sebelumnya telah ditentukan. Umumnya tingkat keyakinan yang digunakan dalam suatu penelitian umum yaitu 95% karena apabila di atas nilai tersebut biasanya dilakukan oleh seseorang yang sudah benar-benar ahli di bidangnya. Koefisiensi tingkat keyakinan dilambangkan dengan huruf k dimana nilai k dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. $k : 1$ (tingkat keyakinan 0%-68%)
- b. $k : 2$ (tingkat keyakinan 69%-95%)
- c. $k : 3$ (tingkat keyakinan 96%-99%)

Berdasarkan penjelasan di atas, uji kecukupan data dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N (\sum x^2) - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan:

N' : jumlah pengamatan minimal yang diperlukan

k : koefisien tingkat keyakinan

s : derajat ketelitian

n : jumlah pengamatan

x : data pengamatan

Hasil uji kecukupan data menunjukkan $N' < N$ maka dapat disimpulkan dibutuhkan pengamatan tambahan dan sebaliknya apabila $N' > N$ maka data telah cukup. Menurut *The Mayang Company* menetapkan jumlah pengamatan yaitu 10 kali pengamatan untuk kegiatan yang berlangsung dalam siklus sekitar 2 menit atau kurang dan 5 kali pengamatan untuk kegiatan yang berlangsung dalam siklus waktu yang lebih besar dari 2 menit.

2.8 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data merupakan salah satu pengujian statistik yang dilakukan terhadap data pengukuran untuk memastikan data yang diukur memiliki karakteristik sama (seragam) dan berasal dari suatu sistem yang sama. Untuk mengetahui apakah suatu data seragam atau tidak, dibuatkan batas kendali atas dan batas kendali bawah berdasarkan perhitungan dari keseluruhan data pengukuran untuk kemudian dianalisis apakah data pengukuran berada di dalam batas kendali atau tidak. Data yang seragam ditunjukkan dengan seluruh data berada dalam batas kendali. Tahapan uji keseragaman data dapat dilihat sebagai berikut: (Sutalaksana dkk, 1979).

1. Menghitung standar deviasi

Standar deviasi merupakan simpangan baku yang menunjukkan persebaran data pada suatu sampel. Semakin kecil nilai standar deviasi menunjukkan tingkat penyebaran data yang semakin baik. Standar deviasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

Keterangan:

- σ : standar deviasi waktu
- x_i : data ke-1
- \bar{x} : rata-rata data pengamatan
- N : banyaknya data pengamatan

2. Menghitung batas kendali

Batas kendali merupakan nilai maksimum ataupun minimum untuk suatu data dapat dikatakan masih seragam dengan memiliki suatu ciri kriteria yang sama. Apabila suatu data pengamatan memiliki nilai di luar dari batas kendali atas, bawah, ataupun keduanya maka data pengamatan tersebut dinyatakan tidak seragam dan tidak dapat dipakai dalam perhitungan. Batas kendali dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{BKA/BKB} = \bar{x} \pm k\sigma \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan:

- σ : standart deviasi
- \bar{x} : rata-rata dari data pengamatan
- K : koefisien tingkat keyakinan
- BKA : batas kendali atas
- BKB : batas kendali bawah

2.9 Software Lingo

Software Lingo merupakan *tools* komprehensif yang dirancang untuk membangun dan menyelesaikan optimasi matematika seperti penyelesaian pemograman linier, nonlinier, integral, kuadrat, dan sebagainya melalui model lebih mudah dan efisien. *Software Lingo* dapat memecahkan model matematika yang memiliki banyak kendala (*constrain*) dan menghasilkan optimasi hasil yang diinginkan. *Software* ini juga memudahkan dalam proses input data serta memiliki keunggulan waktu eksekusi yang cepat. Data yang akan diinput perlu dirubah dalam bahasa komputer (fungsi biner) agar terbaca oleh *software*.

Software Lingo dapat menyelesaikan permasalahan dengan beberapa model perhitungan, seperti *direct solver*, *linear solver*, *nonlinear solver*, dan *branch-and-bound manager*. Perhitungan dalam *direct solver*, *software* ini akan menghitung berdasarkan jumlah variabel, dimana semakin banyak jumlah variabel akan semakin baik. Lingo akan berhenti mengolah data apabila sudah tidak terdapat kendala yang berasal dari variabel yang tidak diketahui. Tahapan selanjutnya akan ditetapkan model penyelesaian terbaik dengan memeriksa struktur dan konten matematika di dalamnya. Perhitungan *linear* dan *nonlinear* solver digunakan untuk menyelesaikan permasalahan model *linear* dan *nonlinear*. Namun apabila model perhitungan mengandung integer, yaitu batasan yang mengharuskan hasil perhitungan dalam bilangan bulat maka model perhitungan yang digunakan yaitu *branch-and-bound manager*. Aturan dalam Lingo adalah sebagai berikut: (Kurniawan, 2011)

1. Lingo tidak bersifat *case sensitive*, Bunga sama dengan BUNGA
2. Satu perintah diakhiri dengan tanda *semicolon* (;).
3. Komentar tidak diproses oleh Lingo *engine solver*. Komentar dibuat untuk memudahkan pengguna mengenai formulasi yang digunakan. Komentar dimulai dengan tanda seru (!) dan diakhiri dengan *semicolon* (;). Perintah di antara ke dua karakter tersebut tidak diproses.
4. Variabel atau *identifier* tidak bisa menggunakan Lingo *keywords reserved* seperti MODEL, DATA, END, SETS, ENDDATA, ENDSETS, dll. Apabila *setting* tidak dirubah secara *default keywords reserved* tampak di *layer* berwarna biru.
5. Operator pertidaksamaan < ekivalen dengan \leq dan > ekivalen dengan \geq .
6. Secara otomatis apabila tidak dideklarasikan secara ekspisit, *variable* bernilai non-negatif.
7. Perintah diawali dengan tanda @.
8. Kesalahan dalam pembuatan model pada umumnya adalah kesalahan mengidentifikasi indeks dan kesalahan mengidentifikasi jenis *variable* (*identifier*).

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan permasalahan pada keseimbangan lintasan produksi dan posisi penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2.3 Penelitian terdahulu

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1	A'yunin N (2021)	Peningkatan Efisiensi Lintasan Penjahitan Dengan Mempertimbangkan Keterampilan Operator	Metode heuristik <i>Rank Positional Weight</i> (RPW) dan metode analitis model matematik <i>Simple Assembly Line Balancing Problem</i> (SALBP)	Dengan membandingkan kedua metode <i>Rank Positional Weight</i> (RPW) dan model matematik diperoleh hasil metode matematik lebih baik dengan meminimalkan stasiun kerja dan alokasi tenaga kerja berdasarkan keterampilan operator membuat lintasan lebih efisien dan mencapai target produksi.
2	Goiyardi, N (2020)	Penerapan <i>Skill Matrix</i> dan <i>Line Balancing Mathematical Programming</i> dalam Meningkatkan Efisiensi Lintasan	Metode analitis model matematik <i>Simple Assembly Line Balancing Problem</i> (SALBP) tipe E	Dengan model <i>Simple Assembly Line Balancing Problem</i> (SALBP) tipe E membuat jumlah stasiun kerja optimal dengan kenaikan efisiensi lintasan 31,52%
2	Adrika, J, (2018)	Analisis Keseimbangan Lini Perakitan <i>Mixed Model</i> Dengan Pendekatan Matematik Untuk Meningkatkan Efisiensi Lintasan Perakitan)	Metode analitis model matematik <i>Mixed Model Assembly Line</i>	Dengan menggunakan metode <i>Mixed Model Assembly Line</i> untuk lintasan produks dengan dua jenis produk ranjang rumah sakit secara bersamaan menghasilkan peningkatan nilai efisiensi lintasan sebesar 30% untuk ranjang TRG 29 dan 24% untuk TRG 26 dan <i>output</i> produksi yang merata tanpa lembur (<i>overtime</i>).

Tabel 2.4 Posisi penelitian

No	Peneliti	Metode			Faktor Kerempilan Operator
		Heuristik <i>Rank Positional Weight</i>	Analitik <i>Simple Assembly Line Balancing Problem</i>	Analitik <i>Mixed Model Assembly Line</i>	
1	A'yunin N (2021)	✓	✓	-	✓
2	Goiyardi, N(2020)	-	✓	-	✓
3	Adrika, J, (2018)	-	-	✓	-
4	Penelitian ini	-	✓	-	✓

Pada penelitian sebelumnya berfokus pada membuktikan bahwa metode analitik memberikan solusi yang lebih optimal dibandingkan dengan metode heuristik, menggunakan kendala tambahan seperti *zoning constraint* yang memisahkan mesin berbahaya dan *station constraint* yang bertugas menentukan alur dua jenis produk dalam stasiun yang sama. Dalam penelitian ini lebih berfokus

pada jenis metode analitik yang memang memiliki solusi yang optimal dengan model matematis SALBP Tipe E yang menggunakan kendala normal (*assignment*, *cycle time*, dan *precedence constraint*) sesuai dengan karakteristik lintasan yang akan diperbaiki yaitu lintasan perakitan sederhana lurus dengan hanya satu jenis produk atau homogen dan mesin yang digunakan memiliki tingkat keamanan tinggi serta tidak mempengaruhi performa jenis mesin lainnya apabila diletakkan berdekatan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Sport Glove Indonesia (SGI) cabang Godean yang bergerak dibidang sarung tangan kulit. Lokasi perusahaan berada di Jalan Desa Mandungan I, Kelurahan Margoluwih, Kecamatan Seyegan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sistem produksi yang digunakan adalah sistem produksi *make to order* (MTO) dan aliran produksi bersifat *flow shop*. Pada bagian lintasan perakitan, lintasan penjahitan terbagi menjadi 9 lintasan. Setiap lintasan mengerjakan *style* sarung tangan yang berbeda sesuai yang telah ditetapkan perusahaan. Fokus pengamatan dilakukan pada lintasan ke-5 dengan kode MF-35 yang bertugas memproduksi sarung tangan *style Hex Armour 2028x*. Pengamatan mulai dilaksanakan pada tanggal 16 Mei 2022.

3.2 Pengumpulan Data

Sumber data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data primer

Data primer merupakan data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti dari sumber objek penelitiannya baik dengan wawancara ataupun pengamatan secara langsung. Data primer yang dikumpulkan yaitu data pengukuran waktu kerja operator yang diukur langsung pada lintasan produksi MF-35.

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui dokumen atau data historis perusahaan pada departemen produksi khususnya *sewing*.

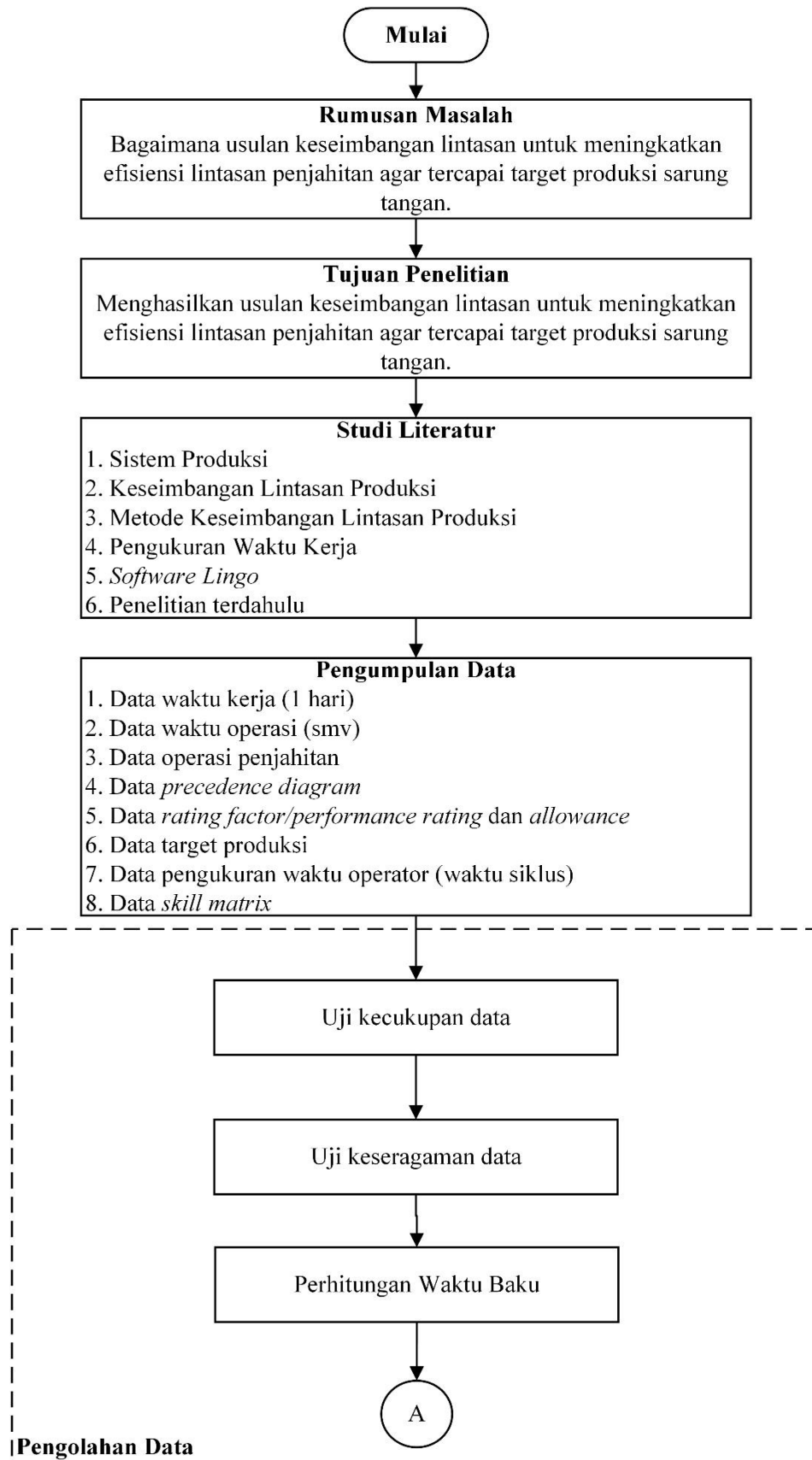
Data-data tersebut yaitu:

- a. Data waktu kerja, merupakan data waktu perusahaan yang tersedia untuk melaksanakan proses produksi. Data ini diperoleh dari bagian produksi PT Sport Glove Indonesia cabang Godean.
- b. Data waktu operasi, merupakan data waktu standar yang ditetapkan perusahaan untuk masing-masing operasi sehingga menjadi acuan

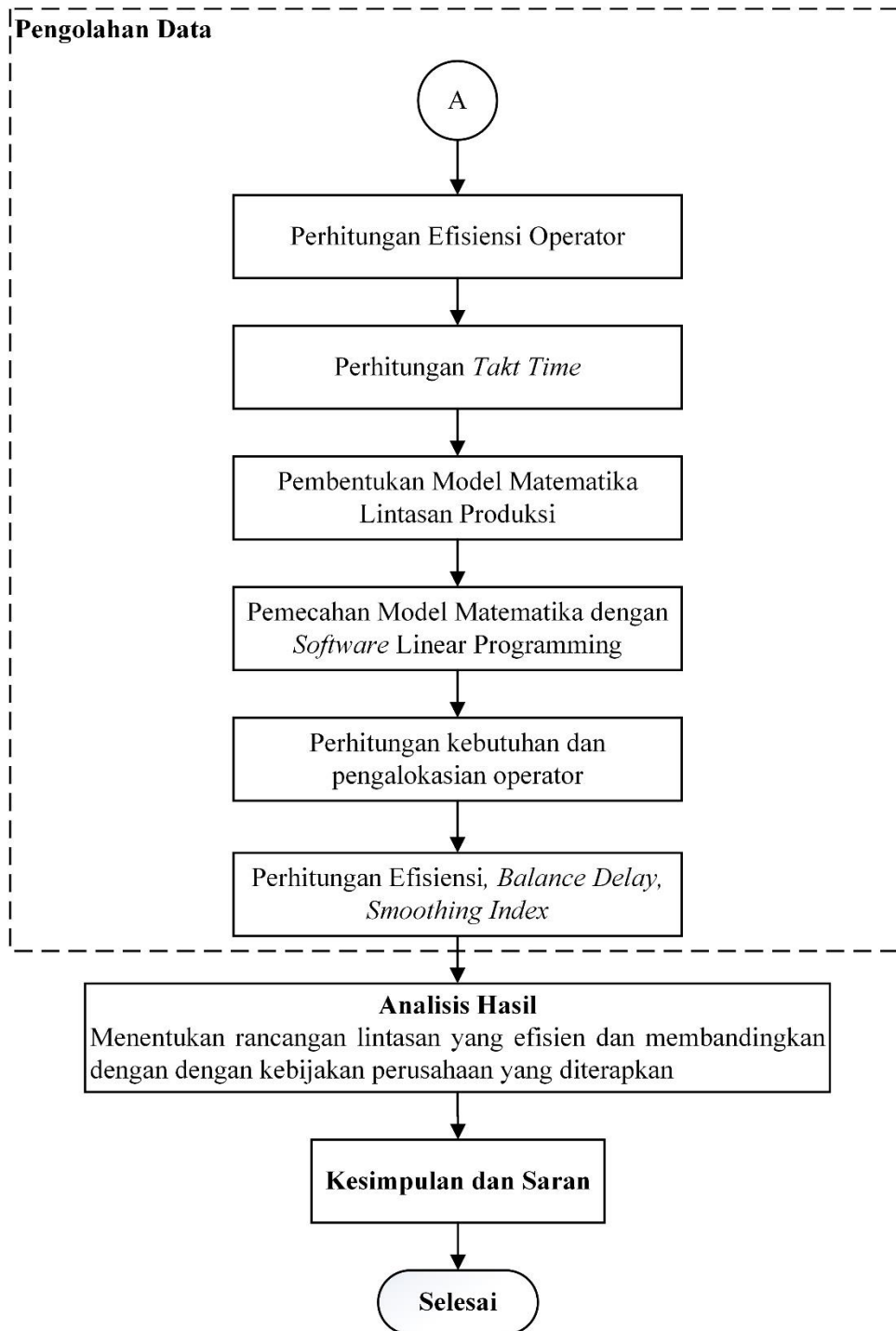
- operator untuk melaksanakan suatu operasi. Data ini diperoleh dari bagian produksi PT Sport Glove Indonesia cabang Godean.
- c. Data jenis operasi penjahitan, merupakan data yang digunakan untuk mengetahui jenis dan jumlah operasi pada produk sarung tangan *style Hex Armour 2028x* beserta data operator yang mengerjakan. Data ini diperoleh dari bagian produksi PT Sport Glove Indonesia cabang Godean.
 - d. Data *precedence diagram*, merupakan data urutan proses beserta hubungan antar operasi. Data ini diperoleh dari bagian produksi PT Sport Glove Indonesia cabang Godean.
 - e. Data *rating performance* dan *allowance*, dimana data *rating performance* digunakan untuk menormalkan waktu siklus sedangkan data besar *allowance* digunakan untuk mengetahui waktu standar operasi atau waktu baku. Data tersebut sudah ditetapkan oleh perusahaan. Data ini diperoleh dari bagian produksi PT Sport Glove Indonesia cabang Godean.
 - f. Data jumlah target produksi, digunakan untuk mengetahui jumlah target produksi produk sarung tangan *style Hex Armour 2028x* dalam satu harinya. Data ini diperoleh dari bagian produksi PT Sport Glove Indonesia cabang Godean.
 - g. Data jenis keterampilan operator, digunakan sebagai pertimbangan dalam pemilihan operator yang akan dialokasikan pada lintasan. Data berupa penggolongan jenis keterampilan operator *singleskilled* dan operator *multiskilled*. Data tersebut diperoleh dari bagian produksi PT Sport Glove Indonesia cabang Godean.

3.3 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Kerangka penelitian



Gambar 3.1 Kerangka penelitian (Lanjutan)

3.4 Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data untuk mencapai keseimbangan lintasan pada penelitian ini dengan metode analitis model matematis dan alokasi operator berdasarkan *skill matrix* dilakukan sebagai berikut:

1. Uji kecukupan data

Data pengukuran awal pada pengamatan diolah dengan uji statistik yaitu uji kecukupan data sesuai Persamaan 2.18. Pengujian ini dimaksudkan untuk memastikan data yang diambil dari suatu kondisi dan akan diolah sudah cukup mewakili suatu kondisi sehingga hasil penelitian dapat mewakili suatu kondisi sistem.

2. Uji keseragaman data

Data pengamatan awal berupa waktu kerja yang telah dinyatakan cukup untuk diolah akan diuji statistik uji keseragaman data sesuai Persamaan 2.19. Uji keseragaman data dilakukan untuk memastikan data tidak ada yang menyimpang yang menandakan dari suatu sistem yang sama dan normal sehingga dapat mewakili suatu kondisi sistem.

3. Menghitung waktu baku

Data yang telah seragam dan cukup akan diolah menjadi waktu baku dengan urutan langkah:

- a. Menghitung waktu siklus rata-rata sesuai Persamaan 2.14.
- b. Menghitung waktu normal, dimana dalam perhitungan ini memperhatikan faktor penyesuaian (*rating factor*) yang telah ditetapkan perusahaan sesuai Persamaan 2.15.
- c. Menghitung waktu baku, dimana waktu baku diperoleh dari waktu normal yang mempertimbangkan faktor kelonggaran (*allowance*) yang telah ditetapkan perusahaan sesuai Persamaan 2.16.

4. Menghitung efisiensi operator

Nilai efisiensi operator digunakan sebagai prioritas dalam menentukan alokasi operator. Efisiensi operator dihitung dengan Persamaan 2.17. Setiap operator akan dihitung nilai efisiensinya kemudian diurutkan dari efisiensi terbesar hingga terkecil.

5. Menghitung *takt time*

Takt time menjadi waktu rata-rata dalam menentukan waktu baku agar dapat memenuhi target produksi yang telah ditetapkan. Hal tersebut dikarenakan perhitungan *takt time* menggunakan data waktu kerja yang tersedia dan jumlah target produk untuk dapat diproduksi dalam satu hari. *Takt time* dihitung dengan Persamaan 2.5.

6. Pembentukan model matematika lintasan produksi

Pembentukan model matematis dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- a. Membuat fungsi tujuan dengan menggunakan rumus Persamaan 2.6, dimana fungsi ini bertujuan untuk maksimasi atau memaksimalkan efisiensi lintasan.
- b. Menghitung waktu siklus terlebih dahulu sesuai Persamaan 2.10 untuk perhitungan stasiun kerja awal (E_i) dan stasiun kerja akhir (L_i) menggunakan Persamaan 2.11 dan 2.12. Stasiun kerja awal dan akhir ini akan menjadi batasan dalam pembuatan model pembatas.
- c. Membuat *assignment constraint*, *cycle time constraint*, dan *precedence constraint* sesuai dengan Persamaan 2.7, 2.8, dan 2.9 berdasarkan urutan proses, stasiun kerja awal (E_i), dan stasiun kerja akhir (L_i)

7. Pemecahan model matematika dengan *software linear programming*

Model matematika yang telah dibentuk kemudian ditransmisikan ke model bahasa pemrograman (fungsi biner) sesuai Persamaan 2.13 agar terbaca oleh komputer dengan bantuan *software* Lingo. Hasil dari pemecahan model ini yaitu usulan jumlah stasiun dan jenis operasi apa saja yang masuk dalam suatu stasiun.

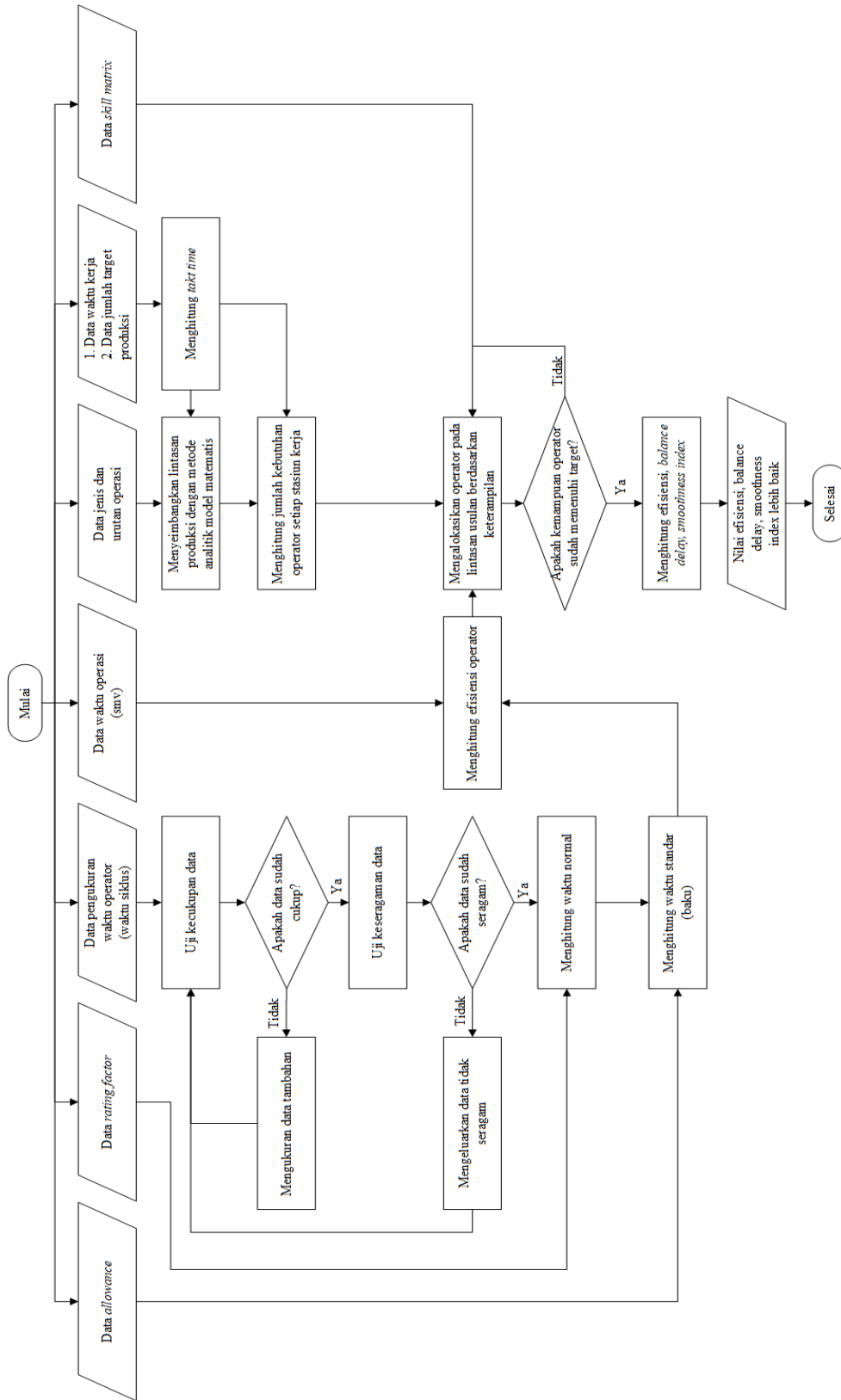
8. Menghitung jumlah kebutuhan dan alokasi operator

Setelah diketahui jumlah stasiun dan operasi-operasi di dalamnya dilakukan perhitungan jumlah operator untuk setiap stasiun kerja. Kemudian melakukan alokasi operator yang mempertimbangkan *skill matrix* dilakukan dengan mengutamakan proses operasi yang memiliki

waktu proses terlama untuk operator dengan efisiensi tertinggi. Alokasi mendahulukan operator *single skilled* kemudian *multi skilled*. Jika akhir alokasi terdapat stasiun kerja yang belum terisi dan urutan operator telah habis, maka dapat dialokasikan operator *multiskilled*. Setelah alokasi selesai, dihitung kemampuan setiap operator menghasilkan *output* produk untuk memastikan bahwa rancangan tersebut dapat menghasilkan *output* yang diharapkan. Apabila terdapat stasiun kerja yang belum mampu menghasilkan *output* sesuai dengan target yang telah ditetapkan maka dilakukan alokasi kembali dengan menambah operator yang memiliki kemampuan *multiskilled* dan atau yang memiliki beban kerja sedikit.

9. Perhitungan efisiensi, *balance delay*, dan *smoothness index*

Stasiun kerja perbaikan yang telah mencapai target output kemudian akan dihitung efisiensi, *balance delay*, dan *smoothness index* untuk menjadi bahan evaluasi terhadap kebijakan perusahaan sebelumnya.



Gambar 3.2 Kerangka pengolahan data

3.5 Analisis Hasil

Analisis hasil dari penelitian ini dilakukan dengan membandingkan perolehan target secara aktual dengan metode keseimbangan lintasan produksi usulan yang diperoleh dari pengolahan data.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan berfokus pada tujuan penelitian yang berdasarkan hasil pengolahan data. Saran-saran akibat dari penelitian ini dapat dijadikan pengembangan bagi penelitian lebih lanjut.

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS HASIL

4.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini membahas mengenai peningkatan efisiensi lintasan penjahitan sebagai upaya pencapaian target produksi yang berfokus pada produk sarung tangan jenis *Hex Armour 2028x* pada lintasan penjahitan MF-35. Pemilihan lintasan ini dikarenakan belum mencapai target, memiliki variasi komponen dan mesin yang variatif, serta merupakan salah satu produk unggulan di PT Sport Glove Indonesia. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan sekunder yang akan diolah untuk menghasilkan usulan lintasan terbaik.

4.1.1 Data waktu kerja

Data waktu kerja merupakan data jumlah waktu perusahaan menjalankan proses produksi dalam sehari. Data ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari departemen produksi PT Sport Glove Indonesia. Data waktu kerja digunakan dalam proses perhitungan *takt time* yang harus dicapai dalam memenuhi target produksi harian pada lintasan produksi. PT Sport Glove Indonesia menerapkan waktu kerja 5 hari dalam seminggu yaitu dari hari Senin sampai Jumat dengan durasi 8 jam per harinya. Jam kerja dimulai pada pukul 07.30 – 16.30 WIB.

4.1.2 Data waktu operasi

Data waktu operasi merupakan data waktu standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan sebagai acuan waktu operator menyelesaikan pekerjaannya. Data waktu produksi produk *Hex Armour 2028x* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data waktu operasi

No	Kode Proses	Nama Proses	Waktu Operasi (detik)
1.	O1	Lem Dasaran 1	22
2.	O2	Lem Dasaran 2	12
3.	O3	Lem Dasaran Knackle 3 Jari	12
4.	O4	Jahit Variasi Jari	24
5.	O5	Jahit Variasi Jempol	10

Tabel 4.1 Data waktu operasi (Lanjutan)

No	Kode Proses	Nama Proses	Waktu Operasi (detik)
6.	O6	Jahit Variasi Bawah	26
7.	O7	Jahit Knackle 3 Jari	26
8.	O8	Jahit Variasi Bawah DN	19
9.	O9	Pasang Knackle Jempol	23
10.	O10	Jahit Lining Jempol	45
11.	O11	Jahit Bantu Telunjuk	36
12.	O12	Pasang Knackle Telunjuk	34
13.	O13	Jahit Sambung Machi	22
14.	O14	Jahit Machi	100
15.	O15	Pasang Knackle Punggung Tepi Luar	44
16.	O16	Pasang Knackle Punggung tepi Dalam	50
17.	O17	Sambung Jempol	11
18.	O18	Sambung Body	15
19.	O19	Jahit Bantu Jempol	15
20.	O20	Pasang Patch Jempol	43
21.	O21	Jahit Tutup Jempol	15
22.	O22	Pasang Tekstur Jempol	25
23.	O23	Obras Bottom Glove	9
24.	O24	Jahit Band	13
25.	O25	Pasang Tagpin	27
26.	O26	Pasang Velcro Kasar	44
27.	O27	Pasang Woven	35
28.	O28	Jahit Size	14
29.	O29	Jahit Lipat	135
30.	O30	Jahit Logo Velcro Halus	17
31.	O31	P/U	15
32.	O32	Pasang Logo	25
33.	O33	Pembalik dan Trimming	68

4.1.3 Data operasi penjahitan

Data operasi penjahitan menunjukkan rincian operasi pada pembuatan produk sarung tangan *Hex Armour 2028x* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data operasi penjahitan

No	Kode Proses	Nama Operator	Nama Mesin
1.	O1	Lena	Mesin D
2.	O2	Eka	Mesin D

Tabel 4.2 Data operasi penjahitan (Lanjutan)

No	Kode Proses	Nama Operator	Nama Mesin
3.	O3	Neli	Mesin D
4.	O4	Bonita	Mesin E
5.	O5	Heni	Mesin E
6.	O6	Yulita	Mesin E
7.	O7	Septi	Mesin E
8.	O8	Ummu	Mesin B
9.	O9	Ike	Mesin A
10.	O10	Prapti	Mesin A
11.	O11	Siti M	Mesin A
12.	O11	Irfa	Mesin A
13.	O12	Yani	Mesin A
14.	O13	Susmiati	Mesin A
15.	O14	Ani	Mesin A
16.	O14	Bagus	Mesin A
17.	O14	Nur Wahyu	Mesin A
18.	O14	Prasmita	Mesin A
19.	O15	Sumiyati	Mesin A
20.	O15	Mistin	Mesin A
21.	O16	Wahyu	Mesin A
22.	O17	Rika	Mesin A
23.	O18	Santi	Mesin B
24.	O19	Lasmiati	Mesin A
25.	O19	Puji	Mesin A
26.	O20	Sepi	Mesin B
27.	O21	Novi	Mesin A
28.	O22	Heri	Mesin A
29.	O23	Yuni	Mesin C
30.	O24	Fikri	Mesin B
31.	O25	Yunita	Mesin A
32.	O26	Hasmi	Mesin A
33.	O27	Puji	Mesin A
34.	O28	Putri	Mesin A
35.	O29	Anis	Mesin A
36.	O29	Eni	Mesin A
37.	O29	Karni	Mesin A
38.	O29	Syariatun	Mesin A
39.	O29	Rian	Mesin A
40.	O29	Katon	Mesin A
41.	O30	Gesti	Mesin A
42.	O31	Yuni	Mesin A
43.	O32	Dwi	Mesin A

Tabel 4.2 Data operasi penjahitan (Lanjutan)

No	Kode Proses	Nama Operator	Nama Mesin
44.	O33	Geri	Mesin F
45.	O33	Yuni	Mesin F
46.	O33	Sugeng	Mesin F

4.1.4 Data *precedence diagram*

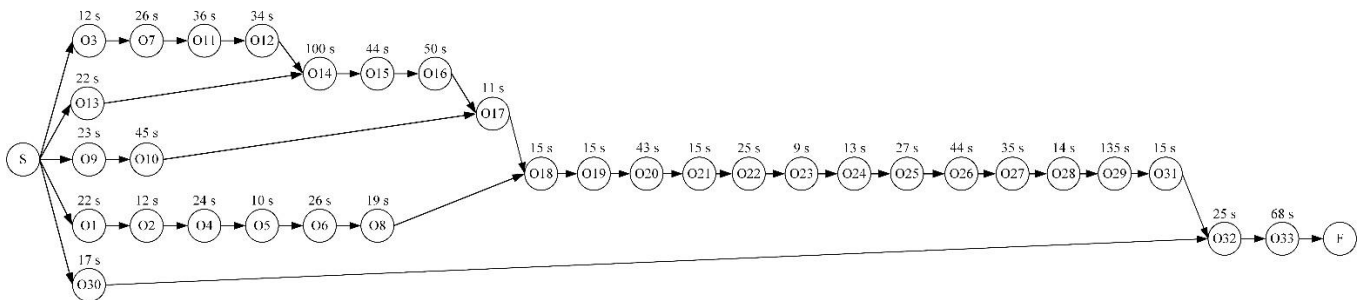
Precedence diagram merupakan data yang menunjukkan urutan proses operasi berdasarkan keterkaitan atau hubungan antar operasinya. Data ini memudahkan untuk mengetahui proses operasi sebelum dan sesudahnya sehingga tidak ada proses operasi yang terlewat. Keterkaitan antar operasi pada produk sarung tangan *Hex Armour 2028x* dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan *precedence diagram* dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Tabel 4.3 Keterkaitan antar operasi

No.	Kode operasi	Operasi yang mendahului
1.	O1	-
2.	O2	O1
3.	O3	-
4.	O4	O2
5.	O5	O4
6.	O6	O5
7.	O7	O3
8.	O8	O6
9.	O9	-
10.	O10	O9
11.	O11	O7
12.	O12	O11
13.	O13	-
14.	O14	O12, O13
15.	O15	O14
16.	O16	O15
17.	O17	O10, O16
18.	O18	O8, O17
19.	O19	O18
20.	O20	O19
21.	O21	O20
22.	O22	O21
23.	O23	O22
24.	O24	O23
25.	O25	O24
26.	O26	O25
27.	O27	O26
28.	O28	O27
29.	O29	O28

Tabel 4.3 Keterkaitan antar operasi (Lanjutan)

No.	Kode operasi	Operasi yang mendahului
30.	O30	-
31.	O31	O29
32.	O32	O30, O31
33.	O33	O32

Gambar 4.1 *Precedence diagram*

4.1.5 Data *performance rating* dan *allowance*

Performance rating menunjukkan tingkat penyesuaian untuk masing-masing operator agar tetap bisa bekerja secara normal. *Allowance* digunakan untuk memberikan kelonggaran kepada setiap operator di luar dari tugas dalam proses produksi seperti kelonggaran untuk kebutuhan pribadi, menghilangkan kelelahan yang berpotensi menyebabkan cedera, serta hambatan-hambatan yang tak terhindarkan. Data *performance rating* dan *allowance* ini digunakan dalam perhitungan waktu standar operator (waktu baku). PT Sport Glove Indonesia telah menetapkan nilai *performance rating* seluruh operator dengan skor 1 karena bekerja secara normal sehingga keterampilan, usaha, kondisi kerja, dan konsistensi yang dikerahkan oleh operator sesuai rata-rata standar yang telah ditetapkan perusahaan. Perusahaan juga menetapkan *allowance* yang diberikan kepada operator dalam proses produksi sebesar 6,25%. Penetapan nilai *allowance* didasarkan pada kondisi mata dimana dalam seluruh proses penjahitan di lintasan perakitan mengharuskan pekerja atau operator untuk memfokuskan pandangan yang hampir terus menerus ke material yang sedang diproses untuk menjamin keberhasilan proses dan juga keamanan operator dalam bekerja. Penilaian lebih jelas mengenai *performance rating* (tingkat penyesuaian) dan *allowance* (tingkat kelonggaran) dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.4 Penilaian tingkat penyesuaian

Faktor Penyesuaian	Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
<i>Westinghouse</i>	Keterampilan	<i>Average</i>	D	0,00
	Usaha	<i>Average</i>	D	0,00
	Kondisi Kerja	<i>Average</i>	D	0,00
	Konsistensi	<i>Average</i>	D	0,00
Jumlah				0,00
P1 (1+Jumlah)				1

Sumber: Departemen produksi PT SGI (2021)

Tabel 4.5 Penilaian tingkat kelonggaran

Faktor	Kategori	Kelonggaran (%)
Tenaga yang dikeluarkan	Dapat diabaikan	0
Sikap kerja	Duduk	0
Gerakan kerja	Normal	0
Kelelahan mata	Pandangan yang hampir terus-menerus	6,25
Keadaan temperatur kerja	Normal	0
Keadaan atmosfer	Baik	0
Keadaan lingkungan yang baik	Bersih, sehat, cerah dengan kebisingan rendah	0
Jumlah		6,25

Sumber: Departemen produksi PT SGI (2021)

4.1.6 Data target produksi

Data target produksi merupakan data jumlah produk yang harus diselesaikan oleh operator yang telah disesuaikan dengan total jumlah pesanan. Target produksi ini dijadwalkan oleh departemen produksi PT Sport Glove Indonesia. Data target produksi ini digunakan dalam perhitungan *takt time*. Pada saat pengamatan bulan Mei 2022, produk sarung tangan jenis *Hex Armour 2028x* dijadwalkan untuk lintasan MF-35 dengan target produksi harian 1280 pcs.

4.1.7 Data pengukuran waktu operator

Data pengukuran waktu operator merupakan data waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan proses operasi. Data tersebut diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung dengan metode jam henti atau *stopwatch*. Data pengukuran waktu operator dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data pengukuran waktu operator

No	Nama Operator	Nama Proses	Pengukuran ke- (detik)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Lena	O1	13,75	14,08	13,01	11,74	12,23	11,19	12,85	11,47	12,55	12,48
2	Eka	O2	10,28	9,07	10,28	9,57	8,65	8,71	9,45	10,1	8,69	8,91
3	Neli	O3	9,9	11,08	9,68	10,22	9,02	9,67	10,56	9,18	8,67	9,26
4	Bonita	O4	21,51	22,82	22,12	23,85	21,55	23,4	21,89	21,11	22,48	21,05
5	Heni	O5	8,68	8,11	7,44	9,19	8,61	8,15	8,46	7,82	8,75	8,25
6	Yulita	O6	21,14	22,62	20,83	20,37	21,79	21,23	19,95	20,58	21,87	19,69
7	Septi	O7	20,96	20,37	21,81	22,25	21,6	20,92	21,52	20,63	19,55	20,41
8	Ummu	O8	14,55	14,28	15,59	15,67	16,09	14,74	15,51	15,68	14,38	14,25
9	Ike	O9	18,83	18,49	21,77	18,92	21,25	19,74	20,34	18,91	18,68	19,21
10	Prapti	O10	41,02	42,57	42,86	40,32	43,62	41,98	42,62	41,82	40,75	41,42
11	Siti M	O11	39,51	39,16	38,84	42,05	40,11	41,30	40,27	40,60	41,15	39,72
12	Irfa	O11	38,82	40,56	38,69	39,48	39,34	38,49	40,03	40,29	39,62	39,17
13	Yani	O12	28,36	27,28	25,78	26,26	28,55	27,39	25,67	27,15	26,84	26,65
14	Susmiati	O13	10,17	11,08	10,31	10,55	9,89	10,12	10,39	11,05	9,36	9,48
15	Ani	O14	95,00	98,00	100,00	95,00	96,00	94,00	99,00	96,00	93,00	95,00
16	Bagus	O14	80,00	83,00	82,00	85,00	83,00	85,00	83,00	81,00	82,00	80,00

Tabel 4.6 Data pengukuran waktu operator (Lanjutan)

No	Nama Operator	Nama Proses	Pengukuran ke- (detik)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	Nur Wahyu	O14	93,00	94,00	93,00	96,00	92,00	95,00	93,00	96,00	98,00	96,00
18	Prasmita	O14	85,00	82,00	81,00	85,00	83,00	86,00	84,00	82,00	82,00	83,00
19	Sumiyati	O15	36,73	37,35	35,22	34,50	34,83	35,65	36,56	37,07	34,69	35,34
20	Mistin	O15	40,82	44,11	43,74	41,99	40,27	42,86	40,67	42,53	39,78	40,18
21	Wahyu	O16	39,17	38,94	40,35	39,58	41,06	40,59	38,91	41,62	39,42	40,45
22	Rika	O17	15,31	16,85	14,73	16,41	15,28	15,03	14,85	16,48	14,63	14,11
23	Santi	O18	13,40	13,42	14,14	13,25	14,37	13,78	13,02	14,19	13,51	13,25
24	Lasmiati	O19	20,12	19,56	18,81	20,87	17,23	17,55	18,47	17,56	18,65	18,05
25	Puji A	O19	17,94	18,57	18,95	16,80	17,84	19,41	18,75	16,62	17,51	17,83
26	Sepi	O20	28,07	30,12	27,56	28,33	29,18	28,04	28,28	29,25	27,35	27,16
27	Novi	O21	21,21	20,63	24,08	22,78	23,85	24,33	22,87	21,12	20,90	21,35
28	Heri	O22	27,48	28,35	28,61	27,85	29,42	28,66	29,39	29,94	28,28	29,78
29	Yuni	O23	5,32	5,56	5,45	6,10	5,84	5,95	6,18	5,48	6,21	5,63
30	Fikri	O24	13,56	14,15	13,00	13,32	14,55	13,47	14,28	13,02	14,18	13,36
31	Yunita	O25	22,56	21,82	24,51	22,37	21,68	20,98	23,90	22,75	21,83	22,28
32	Hasmi	O26	36,84	35,97	35,55	36,72	35,66	35,58	36,79	35,75	35,61	34,98
33	Puji	O27	27,13	27,49	27,10	29,52	28,63	27,26	29,12	27,49	27,58	26,70
34	Putri	O28	16,47	17,45	16,29	18,08	16,89	16,18	15,67	17,81	17,24	16,58
35	Anis	O29	114,00	112,00	116,00	111,00	108,00	115,00	112,00	109,00	113,00	111,00
36	Eni	O29	124,00	122,00	121,00	124,00	123,00	126,00	125,00	122,00	121,00	121,00
37	Karni	O29	125,00	127,00	122,00	119,00	122,00	124,00	119,00	121,00	118,00	120,00

Tabel 4.6 Data pengukuran waktu operator (Lanjutan)

No	Nama Operator	Nama Proses	Pengukuran ke- (detik)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
38	Syariatun	O29	108,00	105,00	111,00	109,00	113,00	108,00	115,00	112,00	114,00	107,00
39	Rian	O29	121,00	123,00	120,00	124,00	119,00	122,00	120,00	121,00	118,00	123,00
40	Katon	O29	130,00	127,00	125,00	127,00	129,00	126,00	128,00	131,00	127,00	129,00
41	Gesti	O30	13,86	14,44	14,26	13,57	15,24	13,39	15,16	13,65	14,39	13,21
42	Yuni S	O31	11,19	10,58	12,72	11,60	13,12	13,35	12,29	11,28	10,55	10,21
43	Dwi	O32	18,87	19,42	21,11	19,35	21,07	19,82	20,29	21,20	20,72	19,95
44	Geri	O33	64,55	64,79	65,74	66,26	63,81	64,47	63,86	65,95	65,78	64,66
45	Yuni	O33	70,71	68,64	71,23	69,58	68,84	68,13	69,36	70,28	68,52	69,48
46	Sugeng	O33	74,26	76,86	74,95	73,29	76,15	74,34	73,25	75,33	74,78	74,62

4.1.8 Data *skill matrix*

Data *skill matrix* merupakan data keterampilan operator dalam kemampuan menguasai jenis mesin. Data ini dibedakan menjadi dua jenis yaitu *singleskilled* untuk operator yang hanya menguasai satu jenis mesin dan *multiskilled* untuk operator yang dapat menguasai lebih dari satu mesin. Data *skill matrix* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data *skill matrix*

No	Nama Operator	Keterampilan	No	Nama Operator	Keterampilan
1	Lena	<i>Multiskilled</i>	24	Lasmiati	<i>Singleskilled</i>
2	Eka	<i>Multiskilled</i>	25	Puji	<i>Singleskilled</i>
3	Neli	<i>Multiskilled</i>	26	Sepi	<i>Multiskilled</i>
4	Bonita	<i>Multiskilled</i>	27	Novi	<i>Singleskilled</i>
5	Heni	<i>Singleskilled</i>	28	Heri	<i>Multiskilled</i>
6	Yulita	<i>Singleskilled</i>	29	Yuni L	<i>Multiskilled</i>
7	Septi	<i>Singleskilled</i>	30	Fikri	<i>Singleskilled</i>
8	Ummu	<i>Multiskilled</i>	31	Yunita	<i>Singleskilled</i>
9	Ike	<i>Singleskilled</i>	32	Hasmi	<i>Singleskilled</i>
10	Prapti	<i>Singleskilled</i>	33	Puji	<i>Singleskilled</i>
11	Siti M	<i>Singleskilled</i>	34	Putri	<i>Singleskilled</i>
12	Irfana	<i>Singleskilled</i>	35	Anis	<i>Singleskilled</i>
13	Yani	<i>Singleskilled</i>	36	Eni	<i>Singleskilled</i>
14	Susmiati	<i>Multiskilled</i>	37	Karni	<i>Multiskilled</i>
15	Ani	<i>Singleskilled</i>	38	Syariatun	<i>Singleskilled</i>
16	Bagus	<i>Singleskilled</i>	39	Rian	<i>Multiskilled</i>
17	Nur Wahyu	<i>Singleskilled</i>	40	Katon	<i>Singleskilled</i>
18	Prasmita	<i>Singleskilled</i>	41	Gesti	<i>Multiskilled</i>
19	Sumiyati	<i>Singleskilled</i>	42	Yuni S	<i>Singleskilled</i>
20	Mistin	<i>Singleskilled</i>	43	Dwi	<i>Singleskilled</i>
21	Wahyu	<i>Singleskilled</i>	44	Geri	<i>Singleskilled</i>
22	Rika	<i>Singleskilled</i>	45	Yuni	<i>Singleskilled</i>
23	Santi	<i>Singleskilled</i>	46	Sugeng	<i>Singleskilled</i>

Sumber: Departemen produksi PT SGI (2022)

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Uji kecukupan data

Uji kecukupan data merupakan uji statistik untuk mengetahui data yang diperoleh sudah cukup untuk diolah dan mewakili sistem yang sedang diteliti. Perhitungan uji kecukupan data diolah sesuai Persamaan 2.18 dengan tingkat kepercayaan 95% ($k=2$) dan tingkat ketelitian (s) 5%. Berikut contoh perhitungan uji kecukupan data operator Lena O1 dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan uji kecukupan

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	13,75	189,06	1,22	1,48
2	14,08	198,25	1,55	2,39
3	13,01	169,26	0,48	0,23
4	11,74	137,83	-0,80	0,63
5	12,23	149,57	-0,31	0,09
6	11,19	125,22	-1,35	1,81
7	12,85	165,12	0,32	0,10
8	11,47	131,56	-1,07	1,13
9	12,55	157,50	0,02	0,00
10	12,48	155,75	-0,05	0,00
Total	125,35	1579,12	0,00	7,86
\bar{x}	12,54			

Contoh perhitungan:

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N (\sum x^2) - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10 (1579,12) - (125,35)^2}}{125,35} \right]^2 = 8,00$$

Karena $N' < N$, dimana $8 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan lagi penambahan data.

Perhitungan uji kecukupan data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B. Rangkuman hasil uji kecukupan data dapat dilihat pada Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.9 Hasil uji kecukupan data

No	Nama Operator	N	N'	Keterangan
1	Lena	10	8,00	N' < N, Data cukup
2	Eka	10	7,20	N' < N, Data cukup
3	Neli	10	8,35	N' < N, Data cukup
4	Bonita	10	2,65	N' < N, Data cukup
5	Heni	10	5,22	N' < N, Data cukup
6	Yulita	10	2,72	N' < N, Data cukup
7	Septi	10	2,12	N' < N, Data cukup
8	Ummu	10	3,09	N' < N, Data cukup
9	Ike	10	4,89	N' < N, Data cukup
10	Prapti	10	0,88	N' < N, Data cukup
11	Siti M	10	0,92	N' < N, Data cukup
12	Irfa	10	0,44	N' < N, Data cukup
13	Yani	10	1,86	N' < N, Data cukup
14	Susmiati	10	4,55	N' < N, Data cukup
15	Ani	10	0,78	N' < N, Data cukup
16	Bagus	10	0,67	N' < N, Data cukup
17	Nur Wahyu	10	0,58	N' < N, Data cukup
18	Prasmita	10	0,56	N' < N, Data cukup
19	Sumiyati	10	1,24	N' < N, Data cukup
20	Mistin	10	2,02	N' < N, Data cukup
21	Wahyu	10	0,79	N' < N, Data cukup
22	Rika	10	5,04	N' < N, Data cukup
23	Santi	10	1,65	N' < N, Data cukup
24	Lasmiati	10	5,84	N' < N, Data cukup
25	Puji A	10	3,65	N' < N, Data cukup
26	Sepi	10	1,56	N' < N, Data cukup
27	Novi	10	5,94	N' < N, Data cukup
28	Heri	10	1,19	N' < N, Data cukup
29	Yuni	10	4,61	N' < N, Data cukup
30	Fikri	10	2,37	N' < N, Data cukup
31	Yunita	10	3,17	N' < N, Data cukup
32	Hasmi	10	0,44	N' < N, Data cukup
33	Puji	10	1,67	N' < N, Data cukup
34	Putri	10	2,99	N' < N, Data cukup
35	Anis	10	0,72	N' < N, Data cukup
36	Eni	10	0,31	N' < N, Data cukup
37	Karni	10	0,82	N' < N, Data cukup
38	Syariatun	10	1,29	N' < N, Data cukup

Tabel 4.9 Hasil uji kecukupan data (Lanjutan)

No	Nama Operator	N	N'	Keterangan
39	Rian	10	0,36	N' < N, Data cukup
40	Katon	10	0,30	N' < N, Data cukup
41	Gesti	10	3,60	N' < N, Data cukup
42	Yuni S	10	8,31	N' < N, Data cukup
43	Dwi	10	2,42	N' < N, Data cukup
44	Geri	10	0,27	N' < N, Data cukup
45	Yuni	10	0,30	N' < N, Data cukup
46	Sugeng	10	0,33	N' < N, Data cukup

4.2.2 Uji keseragaman data

Perhitungan uji keseragaman data dilakukan sesuai dengan Persamaan 2.19. dalam penelitian ini menggunakan tingkat keyakinan 95% sehingga diperoleh $k=2$. Contoh uji keseragaman data operator Lena O1 adalah sebagai berikut:

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\begin{aligned} \text{Waktu rata-rata } (\bar{x}) &= \frac{\sum Xi}{n} \\ &= \frac{13,75+14,08+13,01+11,74+12,23+11,19+12,85+11,47+12,55+12,48}{10} \\ &= 12,54 \text{ detik} \end{aligned}$$

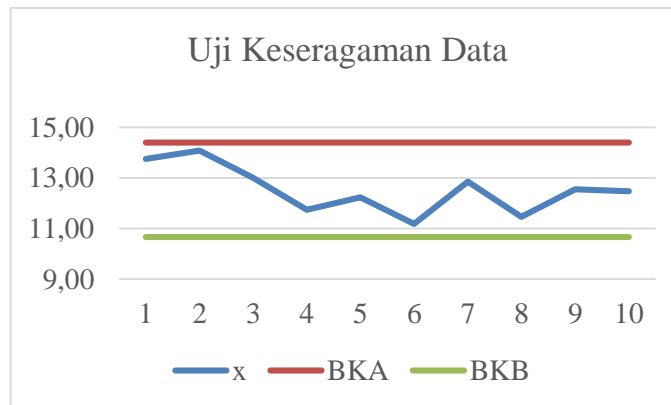
$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum (xi-\bar{x})^2}{N-1}} \\ \sigma &= \sqrt{\frac{(13,75-12,54)^2+(14,08-12,54)^2+(13,01-12,54)^2+(11,74-12,54)^2+(12,23-12,54)^2+(11,19-12,54)^2+(12,85-12,54)^2+(11,47-12,54)^2+(12,55-12,54)^2+(12,48-12,54)^2}{10-1}} \\ \sigma &= \sqrt{\frac{7,86}{9}} = 0,93 \end{aligned}$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$\text{BKA} = \bar{x} + k\sigma = 12,54 + 2(0,93) = 14,40$$

$$\text{BKB} = \bar{x} - k\sigma = 12,54 - 2(0,93) = 10,67$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Grafik uji keseragaman data operator Lena

Perhitungan uji keseragaman data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran C. Rangkuman hasil uji keseragaman data dapat dilihat pada Tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.10 Hasil uji keseragaman data

No	Nama Operator	rata-rata	σ	BKA	BKB	Keterangan
1	Lena	12,54	0,93	14,40	10,67	Data seragam
2	Eka	9,37	0,66	10,70	8,05	Data seragam
3	Neli	9,72	0,74	11,21	8,24	Data seragam
4	Bonita	22,18	0,95	24,08	20,28	Data seragam
5	Heni	8,35	0,50	9,35	7,34	Data seragam
6	Yulita	21,01	0,91	22,83	19,18	Data seragam
7	Septi	21,00	0,81	22,61	19,39	Data seragam
8	Ummu	15,07	0,70	16,47	13,68	Data seragam
9	Ike	19,61	1,14	21,90	17,33	Data seragam
10	Prapti	41,90	1,04	43,97	39,82	Data seragam
11	Siti M	40,27	1,02	42,30	38,24	Data seragam
12	Irfa	39,45	0,69	40,83	38,07	Data seragam
13	Yani	26,99	0,97	28,93	25,05	Data seragam
14	Susmiati	10,24	0,58	11,39	9,09	Data seragam
15	Ani	96,10	2,23	100,57	91,63	Data seragam
16	Bagus	82,40	1,78	85,95	78,85	Data seragam
17	Nur Wahyu	94,60	1,90	98,39	90,81	Data seragam
18	Prasmita	83,30	1,64	86,57	80,03	Data seragam
19	Sumiyati	35,79	1,05	37,89	33,70	Data seragam
20	Mistin	41,70	1,56	44,82	38,57	Data seragam
21	Wahyu	40,01	0,94	41,89	38,13	Data seragam
22	Rika	15,37	0,91	17,19	13,55	Data seragam
23	Santi	13,63	0,46	14,56	12,71	Data seragam
24	Lasmiati	18,69	1,19	21,07	16,31	Data seragam

Tabel 4.10 Hasil uji keseragaman data (Lanjutan)

No	Nama Operator	rata-rata	σ	BKA	BKB	Keterangan
25	Puji A	18,02	0,91	19,84	16,21	Data seragam
26	Sepi	28,33	0,93	30,20	26,47	Data seragam
27	Novi	22,31	1,43	25,18	19,45	Data seragam
28	Heri	28,78	0,83	30,43	27,12	Data seragam
29	Yuni	5,77	0,33	6,43	5,12	Data seragam
30	Fikri	13,69	0,56	14,80	12,58	Data seragam
31	Yunita	22,47	1,05	24,58	20,36	Data seragam
32	Hasmi	35,95	0,63	37,20	34,69	Data seragam
33	Puji	27,80	0,95	29,70	25,91	Data seragam
34	Putri	16,87	0,77	18,40	15,33	Data seragam
35	Anis	112,10	2,51	117,13	107,07	Data seragam
36	Eni	122,90	1,79	126,48	119,32	Data seragam
37	Karni	121,70	2,91	127,52	115,88	Data seragam
38	Syariatun	110,20	3,29	116,79	103,61	Data seragam
39	Rian	121,10	1,91	124,92	117,28	Data seragam
40	Katon	127,90	1,85	131,61	124,19	Data seragam
41	Gesti	14,12	0,71	15,53	12,71	Data seragam
42	Yuni S	11,69	1,12	13,94	9,44	Data seragam
43	Dwi	20,18	0,83	21,84	18,52	Data seragam
44	Geri	64,99	0,88	66,75	63,22	Data seragam
45	Yuni	69,48	1,01	71,49	67,47	Data seragam
46	Sugeng	74,78	1,13	77,05	72,51	Data seragam

4.2.3 Perhitungan waktu baku operator

Perhitungan waktu baku diawali dengan perhitungan waktu siklus sesuai Persamaan 2.14. Waktu siklus digunakan dalam perhitungan waktu normal sesuai Persamaan 2.15 dengan mempertimbangkan *rating performance* yang telah ditetapkan sebesar 1. Waktu normal digunakan dalam menghitung waktu baku sesuai Persamaan 2.16 dengan mempertimbangkan *allowance* 6,25%. Berikut contoh perhitungan waktu baku operator Lena pada O1:

a. Waktu siklus (Ws)

$$\begin{aligned}
 W_s &= \frac{\sum x}{n} \\
 &= \frac{13,75+14,08+13,01+11,74+12,23+11,19+12,85+11,47+12,55+12,48}{10} = 12,54 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

b. Waktu normal (Wn)

$$W_n = W_s \times R_f$$

$$= 12,54 \text{ detik} \times 1 = 12,54 \text{ detik}$$

c. Waktu baku (Wb)

$$W_b = W_n \times \frac{100\%}{100\% - Allowance}$$

$$= 12,54 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 13,37 \text{ detik}$$

Perhitungan waktu baku lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran D.

Rangkuman hasil perhitunga waktu baku dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil perhitungan waktu baku operator

No	Nama Operator	Nama Proses	Ws (detik)	Wn (detik)	Wb (detik)
1	Lena	O1	12,54	12,54	13,37
2	Eka	O2	9,37	9,37	10,00
3	Neli	O3	9,72	9,72	10,37
4	Bonita	O4	22,18	22,18	23,66
5	Heni	O5	8,35	8,35	8,90
6	Yulita	O6	21,01	21,01	22,41
7	Septi	O7	21,00	21,00	22,40
8	Ummu	O8	15,07	15,07	16,08
9	Ike	O9	19,61	19,61	20,92
10	Prapti	O10	41,90	41,90	44,69
11	Siti M	O11	40,27	40,27	42,96
12	Irfa	O11	39,45	39,45	42,08
13	Yani	O12	26,99	26,99	28,79
14	Susmiati	O13	10,24	10,24	10,92
15	Ani	O14	96,10	96,10	102,51
16	Bagus	O14	82,40	82,40	87,89
17	Nur Wahyu	O14	94,60	94,60	100,91
18	Prasmita	O14	83,30	83,30	88,85
19	Sumiyati	O15	35,79	35,79	38,18
20	Mistin	O15	41,70	41,70	44,47
21	Wahyu	O16	40,01	40,01	42,68
22	Rika	O17	15,37	15,37	16,39
23	Santi	O18	13,63	13,63	14,54
24	Lasmiati	O19	18,69	18,69	19,93
25	Puji A	O19	18,02	18,02	19,22
26	Sepi	O20	28,33	28,33	30,22
27	Novi	O21	22,31	22,31	23,80

Tabel 4.11 Hasil perhitungan waktu baku

No	Nama Operator	Nama Proses	Ws (detik)	Wn (detik)	Wb (detik)
28	Heri	O22	28,78	28,78	30,69
29	Yuni	O23	5,77	5,77	6,16
30	Fikri	O24	13,69	13,69	14,60
31	Yunita	O25	22,47	22,47	23,97
32	Hasmi	O26	35,95	35,95	38,34
33	Puji	O27	27,80	27,80	29,66
34	Putri	O28	16,87	16,87	17,99
35	Anis	O29	112,10	112,10	119,57
36	Eni	O29	122,90	122,90	131,09
37	Karni	O29	121,70	121,70	129,81
38	Syariatun	O29	110,20	110,20	117,55
39	Rian	O29	121,10	121,10	129,17
40	Katon	O29	127,90	127,90	136,43
41	Gesti	O30	14,12	14,12	15,06
42	Yuni S	O31	11,69	11,69	12,47
43	Dwi	O32	20,18	20,18	21,53
44	Geri	O33	64,99	64,99	69,32
45	Yuni	O33	69,48	69,48	74,11
46	Sugeng	O33	74,78	74,78	79,77

Waktu baku operator dalam perhitungan ini berbeda dengan data waktu baku operasi yang tertera pada Tabel 4.1. Letak perbedaan yaitu waktu baku operator merupakan waktu baku yang berfokus subjektif kepada operator untuk mengetahui kemampuan masing-masing operator dalam menyelesaikan aktivitas operasi yang ditugaskan kepadanya, sedangkan waktu baku operasi merupakan waktu baku yang berfokus objektif pada operasi dimana waktu baku ini distandarkan oleh perusahaan untuk memberikan batasan waktu kepada operator untuk menyelesaikan operasinya. Kedua data tersebut memiliki hubungan dimana waktu baku operator yang diberi nama waktu operator memiliki fungsi untuk dibandingkan dengan waktu baku operasi yang disebut waktu operasi. Perbandingan waktu operator dengan waktu operasi ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi dari masing-masing operator.

4.2.4 Perhitungan efisiensi operator

Perhitungan efisiensi operator menggunakan Persamaan 2.17 yang membandingkan waktu operator atau waktu baku dengan waktu standar operasi

yang ditetapkan perusahaan. Contoh perhitungan efisiensi operator Lena pada O1 sebagai berikut:

Operator Lena pada O1

Waktu operasi = 22 detik

Waktu operator = 13,37 detik

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi operator} &= \frac{\text{total waktu standar operasi (detik)}}{\text{total waktu operator (detik)}} \times 100 \\ &= \frac{22}{13,37} \times 100 = 164,54\% \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi operator selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran D.

Rangkuman perhitungan efisiensi operator dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Efisiensi operator

No	Nama Operator	Nama Proses	Waktu operator (detik)	waktu operasi (detik)	Efisiensi
1	Lena	O1	13,37	22	164,54
2	Eka	O2	10,00	12	120,05
3	Neli	O3	10,37	12	115,69
4	Bonita	O4	23,66	24	101,45
5	Heni	O5	8,90	10	112,33
6	Yulita	O6	22,41	26	116,03
7	Septi	O7	22,40	26	116,06
8	Ummu	O8	16,08	19	118,17
9	Ike	O9	20,92	23	109,93
10	Prapti	O10	44,69	45	100,69
11	Siti M	O11	42,96	36	83,81
12	Irfa	O11	42,08	36	85,55
13	Yani	O12	28,79	34	118,09
14	Susmiati	O13	10,92	22	201,42
15	Ani	O14	102,51	100	97,55
16	Bagus	O14	87,89	100	113,77
17	Nur Wahyu	O14	100,91	100	99,10
18	Prasmita	O14	88,85	100	112,55
19	Sumiyati	O15	38,18	44	115,24
20	Mistin	O15	44,47	44	98,93
21	Wahyu	O16	42,68	50	117,16
22	Rika	O17	16,39	11	67,10
23	Santi	O18	14,54	15	103,15
24	Lasmiati	O19	19,93	15	75,25
25	Puji A	O19	19,22	15	78,03

Tabel 4.12 Efisiensi operator (Lanjutan)

No	Nama Operator	Nama Proses	Waktu operator (detik)	waktu operasi (detik)	Efisiensi
26	Sepi	O20	30,22	43	142,28
27	Novi	O21	23,80	15	63,03
28	Heri	O22	30,69	25	81,45
29	Yuni	O23	6,16	9	146,18
30	Fikri	O24	14,60	13	89,03
31	Yunita	O25	23,97	27	112,66
32	Hasmi	O26	38,34	44	114,76
33	Puji	O27	29,66	35	118,02
34	Putri	O28	17,99	14	77,82
35	Anis	O29	119,57	135	112,90
36	Eni	O29	131,09	135	102,98
37	Karni	O29	129,81	135	104,00
38	Syariatun	O29	117,55	135	114,85
39	Rian	O29	129,17	135	104,51
40	Katon	O29	136,43	135	98,95
41	Gesti	O30	15,06	17	112,90
42	Yuni S	O31	12,47	15	120,31
43	Dwi	O32	21,53	25	116,14
44	Geri	O33	69,32	68	98,10
45	Yuni	O33	74,11	68	91,76
46	Sugeng	O33	79,77	68	85,25

4.2.5 Perhitungan *takt time*

Perhitungan *takt time* menggunakan Persamaan 2.5. *Available time* merupakan waktu kerja yang telah disediakan oleh perusahaan, dimana pada PT Sport Glove Indonesia pelaksanaan waktu kerja selama 8 jam per hari atau 28.800 detik. Jumlah target produksi sesuai data target produksi yang telah dijelaskan pada poin 4.1.6 sebesar 1.280 pcs. Perhitungan *takt time* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Takt\ time = \frac{Available\ time}{target\ produksi}$$

$$Takt\ time = \frac{28.800}{1.280} = 22,5\ \text{detik}$$

4.2.6 Pembentukan model matematika lintasan produksi

Pembentukan model matematik untuk menyeimbangkan lintasan dilakukan berdasarkan model matematik SALBP Tipe E yang memiliki fungsi tujuan untuk

memaksimalkan efisiensi lintasan sesuai Persamaan 3.1. Variabel yang menjadi fokus penelitian yaitu jumlah stasiun kerja dan waktu siklus. Keunggulan metode ini yaitu mempertimbangkan kendala (*constraint*) yang meliputi *assignment constraint*, *precedence constraint*, dan *cycle time constraint*. Berikut merupakan fungsi tujuan dalam penelitian ini:

$$\text{Fungsi tujuan} = \max WE = \frac{\sum ti}{m \times ct}$$

$$\text{Fungsi tujuan} = \max WE = \frac{1031}{m \times ct}$$

Pembuatan kendala (*constraint*) diawali dengan penentuan waktu siklus dan penentuan stasiun-stasiun kerja awal dan akhir yang memungkinkan dilakukan penugasan sesuai dengan operasi yang ada. Perhitungan waktu siklus menggunakan Persamaan 2.10 sedangkan perhitungan stasiun kerja awal dan akhir menggunakan Persamaan 2.11 dan 2.12. Berikut contoh perhitungan untuk Operasi 2 (O2) pada produk sarung tangan *Hex Armour 2028x*.

1. Perhitungan waktu siklus

$$Ws = \max \left\{ ti \text{ terpanjang} ; \frac{\text{total waktu proses}}{\text{jumlah proses}} \right\}$$

$$Ws = \max \left\{ 135 ; \frac{1031}{33} \right\}$$

$$Ws = \max \{ 135 ; 32,24 \}$$

$$Ws = 135$$

2. Perhitungan stasiun awal (Ei) dan stasiun akhir (Li)

$$Ei = \left\lfloor \frac{ti + \sum h \in pi.th}{Ws} \right\rfloor$$

$$E_2 = \frac{12+22}{135} = 0,252 \approx 1$$

$$Li = m + 1 - \left\lfloor \frac{ti + \sum h \in Si.th}{Ws} \right\rfloor$$

$$L_2 = 33 + 1 - \left\lfloor \frac{12+24+10+26+19+15+15+43+15+25+9+13}{135} \right\rfloor = 29,637 \approx 29$$

Perhitungan lengkap seluruh operasi dapat dilihat pada Lampiran E (LE.1). Rangkuman hasil perhitungan penentuan stasiun kerja awal (Ei) dan stasiun kerja akhir (Li) dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Rangkuman penugasan stasiun kerja awal dan akhir

No.	Kode operasi	Operasi yang mendahului	t_i	E_i	L_i
1.	O1	-	22	1	29
2.	O2	O1	12	1	29
3.	O3	-	12	1	27
4.	O4	O2	24	1	29
5.	O5	O4	10	1	29
6.	O6	O5	26	1	29
7.	O7	O3	26	1	28
8.	O8	O6	19	1	30
9.	O9	-	23	1	29
10.	O10	O9	45	1	29
11.	O11	O7	36	1	28
12.	O12	O11	34	1	28
13.	O13	-	22	1	28
14.	O14	O12, O13	100	2	28
15.	O15	O14	44	3	29
16.	O16	O15	50	3	29
17.	O17	O10, O16	11	3	30
18.	O18	O8, O17	15	4	30
19.	O19	O18	15	5	30
20.	O20	O19	43	5	30
21.	O21	O20	15	5	30
22.	O22	O21	25	5	30
23.	O23	O22	9	5	31
24.	O24	O23	13	5	31
25.	O25	O24	27	6	31
26.	O26	O25	44	6	31
27.	O27	O26	35	6	31
28.	O28	O27	14	6	32
29.	O29	O28	135	7	32
30.	O30	-	17	1	33
31.	O31	O29	15	7	33
32.	O32	O30, O31	25	8	33
33.	O33	O32	68	8	33

3. Pembentukan *constraint*

a. *Assignment constraint*

Assignment constraint merupakan kendala yang menugaskan dan mengalokasikan ekemen-elemen kerja ke dalam stasiun-stasiun yang memungkinkan untuk dilakukan penugasan elemen kerja. Pembentukan kendala ini dilakukan sesuai Persamaan 2.7 dengan ketentuan setiap elemen atau proses kerja hanya dapat ditugaskan pada 1 stasiun kerja saja. Apabila tugas (i) ditugaskan pada stasiun kerja maka variabel bernilai satu

dan apabila tidak maka bernilai 0 sesuai Persamaan 2.13. Berikut contoh model untuk tugas operasi 9 untuk produk sarung tangan *Hex Armour 2028x*, perhitungan pembentukan keseluruhan model dapat dilihat pada Lampiran E (LE.11).

Tugas operasi 9

$$\sum_{j=E_i}^{L_i} X_{ij} = 1, \forall j \in i, i = 9,10,11,12,13,14,15,16,17,19,21,22,25,26, 27,28,29 \text{ (Mesin A)}$$

$$X_{0909} + X_{0910} + X_{0911} + X_{0912} + X_{0913} + X_{0914} + X_{0915} + X_{0916} + X_{0917} + X_{0919} + X_{0921} + X_{0922} + X_{0925} + X_{0926} + X_{0927} + X_{0928} + X_{0929} = 1$$

$$\text{Dengan nilai } X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika tugas teralokasi pada stasiun kerja} \\ 0, & \text{jika tugas tidak teralokasi pada stasiun kerja} \end{cases}$$

$$X_{0909} = \text{tugas 9 pada stasiun kerja 9}$$

b. *Cycle time constraint*

Cycle time constraint adalah kendala yang digunakan untuk memastikan suatu stasiun kerja tidak akan ditugaskan sampai melewati waktu siklus yang telah ditetapkan sesuai Persamaan 2.8. Berikut contoh pemodelan *cycle time constraint* untuk stasiun kerja 9 untuk produk sarung tangan *Hex Armour 2028x*, perhitungan pembentukan keseluruhan model dapat dilihat pada Lampiran E (LE.III).

Stasiun kerja 9

$$\sum_{i=1}^n (t_i \cdot X_{ij}) \leq ct \cdot y_j, \forall j \in i, i = 9,10,11,12,13,14,15,16,17,19,21, 22,25,26,27,28,29,30,31,32 \text{ (Mesin A)}$$

$$23 \cdot X_{0909} + 45 \cdot X_{1009} + 36 \cdot X_{1109} + 34 \cdot X_{1209} + 22 \cdot X_{1309} + 100 \cdot X_{1409} + 44 \cdot X_{1509} + 50 \cdot X_{1609} + 11 \cdot X_{1709} + 15 \cdot X_{1909} + 15 \cdot X_{2109} + 25 \cdot X_{2209} + 27 \cdot X_{2509} + 44 \cdot X_{2609} + 35 \cdot X_{2709} + 14 \cdot X_{2809} + 135 \cdot X_{2909} + 17 \cdot X_{3009} + 15 \cdot X_{3109} + 25 \cdot X_{3209} \leq ct \cdot Y_{09}$$

$$\text{Dengan nilai } X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika tugas teralokasi pada stasiun kerja} \\ 0, & \text{jika tugas tidak teralokasi pada stasiun kerja} \end{cases}$$

c. *Precedence constraint*

Kendala ini bertujuan untuk tetap menjaga urutan dan keterkaitan antar tugas operasi atau elemen kerja berdasarkan *precedence diagram*. Operasi yang memiliki pendahulu akan ditugaskan setelah

operasi pendahulunya. Pembuatan model untuk kendala ini menggunakan Persamaan 2.9. Contoh model *precedence constraint* untuk operasi 9 pendahulu operasi 10 untuk produk sarung tangan *Hex Armour 2028x*, perhitungan pembentukan keseluruhan model dapat dilihat pada Lampiran E (LE.IV)

$$\sum_{j=Eh}^{Lh}(j \cdot Xhj) \leq \sum_{j=Ei}^{Li}(j \cdot Xij)$$

Operasi 9 pendahulu operasi 10

$$9.X_{0909} + 10.X_{0910} + 11.X_{0911} + 12.X_{0912} + 13.X_{0913} + 14.X_{0914} + 15.X_{0915} + 16.X_{0916} + 17.X_{0917} + 19.X_{0919} + 21.X_{0921} + 22.X_{0922} + 25.X_{0925} + 26.X_{0926} + 27.X_{0927} + 28.X_{0928} + 29.X_{0929} \leq 9.X_{1009} + 10.X_{1010} + 11.X_{1011} + 12.X_{1012} + 13.X_{1013} + 14.X_{1014} + 15.X_{1015} + 16.X_{1016} + 17.X_{1017} + 19.X_{1019} + 21.X_{1021} + 22.X_{1022} + 25.X_{1025} + 26.X_{1026} + 27.X_{1027} + 28.X_{1028} + 29.X_{1029}$$

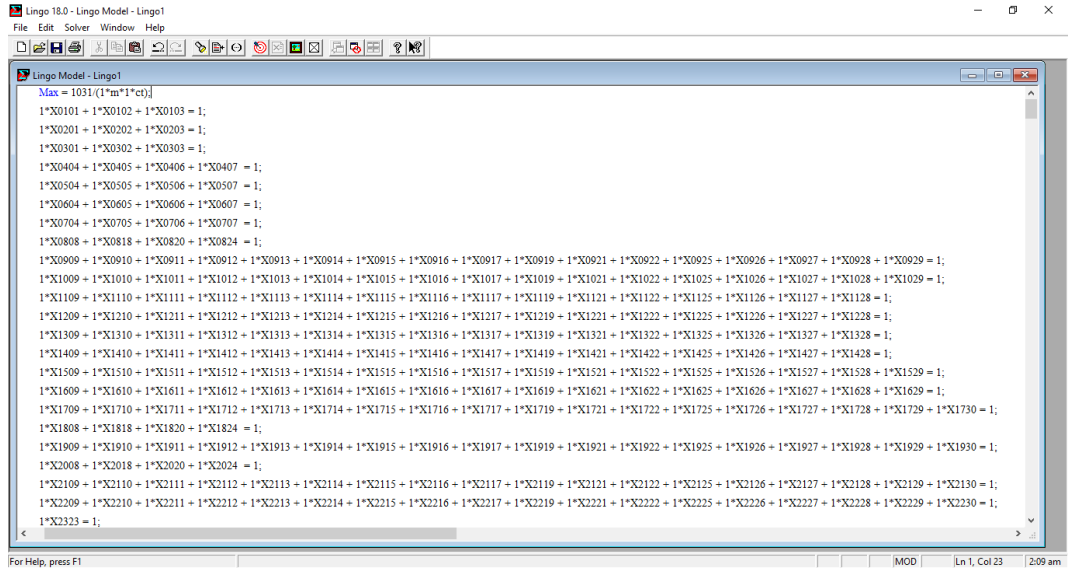
Dengan nilai $X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika tugas teralokasi pada stasiun kerja} \\ 0, & \text{jika tugas tidak teralokasi pada stasiun kerja} \end{cases}$

4.2.7 Pemecahan model matematika dengan *software linear programming*

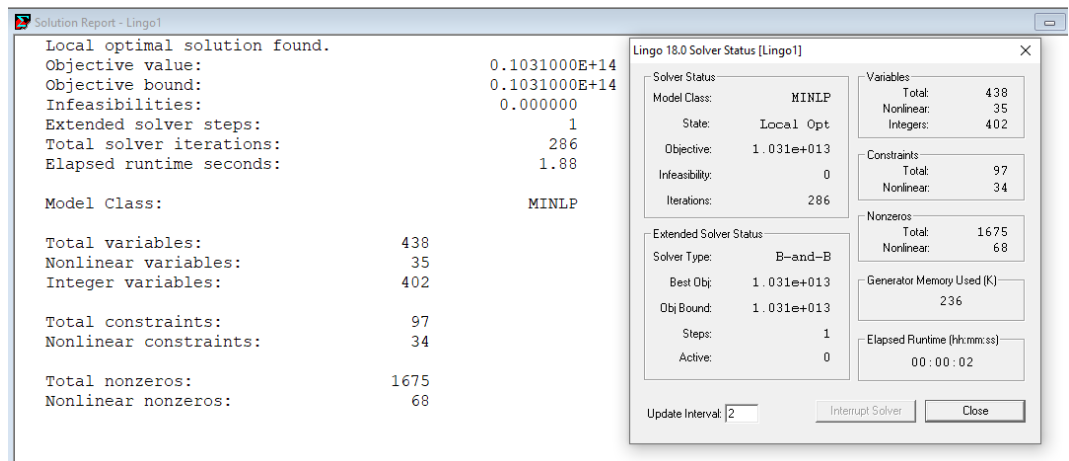
Model matematika yang telah terbentuk perlu dirubahkan menjadi fungsi biner untuk dapat diproses dalam bahasa komputer. Fungsi biner ini digunakan untuk merubah variabel keputusan dimana apabila suatu tugas dialokasikan pada suatu stasiun kerja maka bernilai 1 dan apabila tidak bernilai 0. Seluruh model matematika dirubah ke bilangan biner yang dapat dilihat pada Lampiran D. Pemecahan model matematika yang telah dirubah ke fungsi biner akan dibaca dan diolah oleh *software* Lingo untuk memperoleh solusi optimal walau dengan jumlah *constraint* yang banyak. Pencarian solusi optimal dengan *software* Lingo menggunakan laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Sistem operasi Windows 10 (64 bit)
2. Processor Intel core i3-7th Gen
3. RAM 4 GB

Berikut merupakan skrip dan data ringkasan hasil pencarian solusi yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan 4.4. Skrip lingo selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran E (LE.V).



Gambar 4.3 Skrip lingo



Gambar 4.4 Hasil ringkasan pencarian solusi lingo

Waktu komputasi yang diperlukan oleh *software* lingo mencari solusi optimal terkait keseimbangan lintasan penjahitan MF-35 yaitu selama 1,21 detik. Solusi optimal tersebut berupa usulan penugasan operasi ke stasiun kerja sesuai dengan ketentuan *constraint* yang telah dibuat. Hasil solusi optimal dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil solusi optimal

SK	Tugas (i)	Operasi	Waktu operasi (detik)	Waktu SK (detik)
1	1	O1	22	34
	2	O2	12	
2	3	O3	12	12

Tabel 4.14 Hasil solusi optimal (Lanjutan)

SK	Tugas (i)	Operasi	Waktu operasi (detik)	Waktu SK (detik)
3	4	O4	24	86
	5	O5	10	
	6	O6	26	
	7	O7	26	
4	9	O9	23	215
	11	O11	36	
	12	O12	34	
	13	O13	22	
5	14	O14	100	44
	15	O15	44	
6	10	O10	45	45
7	16	O16	50	61
	17	O17	11	
8	30	O30	17	17
9	8	O8	19	34
	18	O18	15	
10	19	O19	15	15
11	20	O20	43	43
12	29	O29	135	135
13	21	O21	15	40
	22	O22	25	
14	23	O23	9	9
15	24	O24	13	13
16	25	O25	27	71
	26	O26	44	
17	27	O27	35	35
18	28	O28	14	14
19	31	O31	15	15
20	32	O32	25	25
21	33	O33	68	68

4.2.8 Menghitung jumlah kebutuhan dan alokasi operator

Kebutuhan operator dihitung dengan membagi waktu stasiun kerja dengan nilai *takt time*. Berikut contoh perhitungan kebutuhan operator pada SK1:

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 1}}{\text{takt time}} = \frac{34}{22,5} = 1,511 \approx 2 \text{ orang}$$

Perhitungan keseluruhan kebutuhan operator dapat dilihat pada Lampiran E (LE.VI) Rangkuman perhitungan kebutuhan operator dapat dilihat pada Tabel 4.15

Tabel 4.15 Rangkuman perhitungan operator

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Waktu SK (detik)	Kebutuhan Operator (orang)
1	O1	Mesin D	22	34	2
	O2	Mesin D	12		

Tabel 4.15 Rangkuman perhitungan operator (Lanjutan)

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Waktu SK (detik)	Kebutuhan Operator (orang)
2	O3	Mesin D	12	12	1
3	O4	Mesin E	24	86	4
	O5	Mesin E	10		
	O6	Mesin E	26		
	O7	Mesin E	26		
4	O9	Mesin A	23	215	10
	O11	Mesin A	36		
	O12	Mesin A	34		
	O14	Mesin A	100		
5	O15	Mesin A	44	44	2
6	O10	Mesin A	45	45	2
7	O16	Mesin A	50	61	3
	O17	Mesin A	11		
8	O30	Mesin A	17	17	1
9	O8	Mesin B	19	34	2
	O18	Mesin B	15		
10	O19	Mesin A	15	15	1
11	O20	Mesin B	43	43	2
12	O29	Mesin A	135	135	6
13	O21	Mesin A	15	40	2
	O22	Mesin A	25		
14	O23	Mesin C	9	9	1
15	O24	Mesin B	13	13	1
16	O25	Mesin A	27	71	4
	O26	Mesin A	44		
17	O27	Mesin A	35	35	2
18	O28	Mesin A	14	14	1
19	O31	Mesin A	15	15	1
20	O32	Mesin A	25	25	2
21	O33	Mesin F	68	68	4

Alokasi operator dilakukan pada stasiun kerja usulan *software* lingo dengan prosedur sesuai dengan Gambar 3.2 dimana operator dengan tingkat efisiensi tertinggi dialokasikan pada waktu operasi terlama. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan operasi, jumlah operator yang dibutuhkan kurang dari kebutuhan operator sesuai usulan sehingga dalam penelitian ini memaksimalkan kemampuan operator untuk membantu kebutuhan yang belum teralokasi atau operasi yang belum memenuhi target tanpa menambah operator baru. Hasilnya terdapat beberapa operator dengan kemampuan *multiskilled* mengerjakan lebih dari satu operasi. Hasil alokasi operator disajikan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil alokasi operator

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Kebutuhan operator	Operator	Efisiensi (%)	Waktu operator (detik)	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit
1	O1	Mesin D	22	2	Lena	164,55	13,37	1280	1280
	O2	Mesin D	12		Eka	120,08	9,99	1280	1280
2	O3	Mesin D	12	1	Neli	115,69	10,37	1280	1280
3	O4	Mesin E	24	4	Heni	112,33	21,37	1347	1347
	O5	Mesin E	10		Bonita	101,45	9,86	1280	1280
	O6	Mesin E	26		Septi	116,06	22,40	1285	1285
	O7	Mesin E	26		Yulita	116,03	22,41	1285	1285
4	O9	Mesin A	23	10	Susmiati	201,42	11,42	1280	1280
	O11	Mesin A	36		Irfa	85,55	42,08	684	1354
					Siti M	83,81	42,96	670	
					Putri	77,82	43,69	659	
	O12	Mesin A	34		Lasmiasi	75,25	45,18	637	1296
O13	Mesin A	22	Susmiati	201,42	10,92	1298	1298		
4	O14	Mesin A	100	Syariatun	114,85	87,07	330	1636	
				Hasmi	114,76	87,14	330		
				Bagus	113,77	87,89	327		
				Anis	112,90	88,57	325		
				Yunita	112,66	88,76	324		
5	O15	Mesin A	44	2	Nur Wahyu	99,10	44,40	648	1295
					Katon	98,95	44,46	647	

Tabel 4.16 Hasil alokasi operator (Lanjutan)

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Kebutuhan operator	Operator	Efisiensi (%)	Waktu operator (detik)	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit
6	O10	Mesin A	45	2	Eni	102,98	43,70	659	1303
					Prapti	100,69	44,69	644	
7	O16	Mesin A	50	3	Prasmita	112,55	44,43	648	1281
					Ike	109,93	45,48	633	
	O17	Mesin A	11		Bonita	101,45	10,84	1492	1492
8	O30	Mesin A	17	1	Rian	104,51	16,27	1476	1476
9	O8	Mesin B	19	2	Sepi	142,28	13,35	1280	1280
	O18	Mesin B	15		Ummu	118,17	12,69	1280	1280
10	O19	Mesin A	15	1	Lena	164,55	9,12	1282	1282
11	O20	Mesin B	43	2	Santi	103,15	41,69	690	1286
					Fikri	89,03	48,30	596	
					Yuni S	120,31	112,21	256	
					Yani	118,09	114,32	251	
					Puji A	118,02	114,39	251	
					Wahyu	117,16	115,23	249	
12	O29	Mesin A	135	6	Dwi	116,14	116,24	247	1499
					Sumiyati	115,24	117,14	245	
					Yuni L	106,88	14,03	1284	
					Gesti	112,90	22,14	1300	
13	O21	Mesin A	15	2	Yuni L	106,88	14,03	1284	1284
	O22	Mesin A	25		Gesti	112,90	22,14	1300	1300
14	O23	Mesin C	9	1	Yuni L	106,88	8,42	1280	1280
15	O24	Mesin B	13	1	Sepi	142,28	9,14	1281	1281

Tabel 4.16 Hasil alokasi operator (Lanjutan)

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Kebutuhan operator	Operator	Efisiensi (%)	Waktu operator (detik)	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit
16	O25	Mesin A	27	4	Rika	67,10	40,24	715	1387
					Novi	63,03	42,84	672	
	O26	Mesin A	44		Mistin	98,93	44,47	647	1285
					Ani	97,55	45,10	638	
17	O27	Mesin A	35	2	Heri	81,45	42,97	670	1312
					Puji	78,03	44,86	642	
18	O28	Mesin A	14	1	Neli	115,69	12,10	1282	1282
19	O31	Mesin A	15	1	Eka	120,08	12,49	1281	1281
20	O32	Mesin A	25	2	Rian	104,51	23,92	200	1398
					Karni	104,00	24,04	1198	
21	O33	Mesin F	68	4	Geri	98,10	69,32	415	1382
					Yuni	91,76	74,11	388	
					Sugeng	85,25	79,77	361	
					Ummu	118,17	57,55	218	

Urutan pengalokasian pada Mesin B dimulai dari O20, O8, O18, dan O24. Operator dengan keterampilan *singleskilled* akan dialokasikan terlebih dahulu kemudian operator dengan keterampilan *multiskilled*. Apabila terdapat stasiun kerja dengan operasi yang belum terpenuhi maka dimaksimalkan alokasi dengan operator *multiskilled*, seperti operator Sepi pada Mesin B yang dialokasikan pada operasi 8 (O8) stasiun kerja 9 (SK9) dan operasi 24 (O24) stasiun kerja 15 (SK15). Ketentuan pengalokasian operator pada Mesin A, C, D, E, dan F dilakukan dengan ketentuan alokasi pada Mesin B.

Setelah berhasil mengalokasikan semua operator pada setiap SK, dilakukan pembentukan usulan alokasi operator lain dimana usulan alokasi operator pemanding pertama dilakukan dengan mengabaikan peraturan alokasi berdasarkan keterampilan dan usulan alokasi operator pemanding kedua mengabaikan peraturan alokasi operator berdasarkan tingkat efisiensi operator. Usulan alokasi operator pemanding ini bertujuan untuk mengetahui dan memvalidasi apakah usulan lintasan yang mengalokasikan operator berdasarkan ketentuan tingkat efisiensi dan keterampilan merupakan usulan alokasi operator terbaik. Berikut hasil usulan alokasi operator pemanding pertama dan kedua dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan Tabel 4.18.

Tabel 4.17 Usulan alokasi operator pembanding pertama

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Kebutuhan operator	Operator	Efisiensi (%)	waktu operator (detik)	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit
1	O1	Mesin D	22	2	Eka	120,08	18,32	1571	1571
	O2	Mesin D	12		Lena	164,54	7,29	3948	3948
2	O3	Mesin D	12	1	Neli	115,69	10,37	2776	2776
3	O4	Mesin E	24	4	Heni	112,33	21,37	1347	1347
	O5	Mesin E	10		Bonita	101,45	9,86	2921	2921
	O6	Mesin E	26		Septi	116,06	22,40	1285	1285
	O7	Mesin E	26		Yulita	116,03	22,41	1285	1285
4	O9	Mesin A	23	10	Lasmiati	75,25	30,56	440	1280
					Rika	67,10	34,28	840	
	O11	Mesin A	36		Eni	102,98	34,96	475	1280
					Prapti	100,69	35,75	805	
	O12	Mesin A	34		Mistin	98,93	34,37	454	1280
					Ani	97,55	34,85	826	
	O13	Mesin A	22		Novi	63,03	34,91	825	825
					Dwi	116,14	86,10	334	
	O14	Mesin A	100		Sumiyati	115,24	86,77	331	1325
					Syariatun	114,85	87,07	330	
Hasmi				114,76	87,14	330			
5	O15	Mesin A	44	2	Prasmita	112,55	39,10	736	1455
					Ike	109,93	40,02	719	

Tabel 4.17 Usulan alokasi operator pembanding pertama (Lanjutan)

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Kebutuhan operator	Operator	Efisiensi (%)	waktu operator (detik)	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit
6	O10	Mesin A	45	2	Gesti	112,90	39,86	722	1443
					Yunita	112,66	39,94	721	
7	O16	Mesin A	50	3	Bagus	113,77	43,95	655	1305
					Anis	112,90	44,29	650	
	O17	Mesin A	11		Lasmiasi	75,25	14,62	1050	1050
8	O30	Mesin A	17	1	Eni	102,98	16,51	738	738
9	O8	Mesin B	19	2	Santi	103,15	18,42	1563	
	O18	Mesin B	15		Fikri	89,03	16,85	1709	
10	O19	Mesin A	15	1	Mistin	98,93	15,16	870	870
11	O20	Mesin B	43	2	Sepi	142,24	30,23	489	1280
					Ummu	118,17	36,39	791	
					Susmiati	201,42	67,03	429	
					Yuni S	120,31	112,21	256	
12	O29	Mesin A	135	6	Yani	118,09	114,32	251	1436
					Puji	118,02	114,39	251	
					Wahyu	117,16	115,23	249	
13	O21	Mesin A	15	2	Nur Wahyu	99,10	15,14	815	815
	O22	Mesin A	25		Heri	81,45	30,69	938	938
14	O23	Mesin C	9	1	Yuni L	106,88	8,42	3420	
15	O24	Mesin B	13	1	Sepi	142,24	9,14	1533	

Tabel 4.17 Usulan alokasi operator pembanding pertama (Lanjutan)

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Kebutuhan operator	Operator	Efisiensi (%)	waktu operator (detik)	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit
16	O25	Mesin A	27	4	Irfa	85,55	31,56	387	1280
					Siti M	83,81	32,22	893	
	O26	Mesin A	44		Rian	104,51	42,10	684	1364
					Karni	104,00	42,31	680	
17	O27	Mesin A	35	2	Nur Wahyu	99,10	35,32	466	1280
					Katon	98,95	35,37	814	
18	O28	Mesin A	14	1	Puji A	78,03	17,94	919	919
19	O31	Mesin A	15	1	Irfa	85,55	17,53	946	946
20	O32	Mesin A	25	2	Puji A	78,03	32,04	384	1280
					Putri	77,82	32,13	896	
21	O33	Mesin F	68	4	Geri	98,10	69,32	415	1164
					Yuni	91,76	74,11	388	
					Sugeng	85,25	79,77	361	

Tabel 4.18 Usulan alokasi operator pembeding kedua

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Kebutuhan operator	Operator	Efisiensi (%)	waktu operator (detik)	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit
1	O1	Mesin D	22	2	Neli	115,6931	19,02	1514	1514
	O2	Mesin D	12		Eka	120,0512	7,00	2881	2881
2	O3	Mesin D	12	1	Lena	164,5393	7,29	3948	3948
3	O4	Mesin E	24	4	Septi	116,06	20,68	1392	1392
	O5	Mesin E	10		Bonita	101,45	9,86	2921	2921
	O6	Mesin E	26		Heni	112,33	23,15	1244	1244
	O7	Mesin E	26		Yulita	116,03	22,41	1285	1285
4	O9	Mesin A	23	10	Susmiati	201,416	11,42	1280	1280
	O11	Mesin A	36		Hasmi	114,7587	31,37	918	1836
					Syariatun	114,848	31,35	918	
	O12	Mesin A	34		Wahyu	117,1611	29,02	992	1991
O13	Mesin A	22	Puji	118,0221	28,81	999			
			Gesti	112,8958	19,49	1390	1390		
5	O14	Mesin A	100	2	Siti M	83,80721	119,32	241	1335
					Irfa	85,5535	116,89	246	
					Ani	97,55463	102,51	280	
					Mistin	98,93273	101,08	284	
					Katon	98,95426	101,06	284	
5	O15	Mesin A	44	2	Prasmita	112,545	39,10	736	1473
					Yunita	112,6602	39,06	737	

Tabel 4.18 Usulan alokasi operator pembanding kedua (Lanjutan)

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Kebutuhan operator	Operator	Efisiensi (%)	waktu operator (detik)	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit
6	O10	Mesin A	45	2	Eni	102,9801	43,70	659	1362
					Ike	109,9342	40,93	703	
7	O16	Mesin A	50	3	Nur Wahyu	99,10148	50,45	570	1149
					Prapti	100,691	49,66	579	
	O17	Mesin A	11		Lena	164,5393	6,69	2911	2911
8	O30	Mesin A	17	1	Susmiati	201,416	8,44	1680	1680
9	O8	Mesin B	19	2	Ummu	118,167	16,08	1791	1791
	O18	Mesin B	15		Sepi	142,2761	10,54	2731	2731
10	O19	Mesin A	15	1	Yuni L	106,88	14,03	1284	1284
11	O20	Mesin B	43	2	Fikri	89,03134	48,30	596	1286
					Santi	103,1504	41,69	690	
12	O29	Mesin A	135	6	Novi	63,02662	134	134	942
					Rika	67,10372	143	143	
					Lasmiati	75,25285	160	160	
					Putri	77,81928	166	166	
					Puji A	78,02963	166	166	
					Heri	81,44808	173	173	
13	O21	Mesin A	15	2	Bonita	101,4519	14,79	1094	1094
	O22	Mesin A	25		Karni	103,9955	24,04	1198	1198
14	O23	Mesin C	9	1	Yuni L	106,88	8,42	3420	3420
15	O24	Mesin B	13	1	Sepi	142,2761	9,14	1675	1675

Tabel 4.18 Usulan alokasi operator pembanding kedua (Lanjutan)

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Kebutuhan operator	Operator	Efisiensi (%)	waktu operator (detik)	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit
16	O25	Mesin A	27	4	Yani	118,0862	22,86	1259	2542
					Yuni S	120,3054	22,44	1283	
	O26	Mesin A	44		Anis	112,9014	38,97	738	1482
					Bagus	113,7743	38,67	744	
17	O27	Mesin A	35	2	Sumiyati	115,2428	30,37	948	1903
					Dwi	116,1422	30,14	955	
18	O28	Mesin A	14	1	Eka	120,0512	11,66	1372	1372
19	O31	Mesin A	15	1	Neli	115,6931	12,97	343	343
20	O32	Mesin A	25	2	Rian	104,5107	23,92	1203	1280
					Gesti	112,8958	22,14	77	
21	O33	Mesin F	68	4	Sugeng	85,24665	79,77	361	1306
					Yuni	91,75698	74,11	388	
					Geri	98,09654	69,32	415	
					Ummu	118,167	57,55	142	

Perbandingan di atas menunjukkan bahwa hasil alokasi operator awal yang mempertimbangkan efisiensi dan keterampilan operator mampu memenuhi target produksi yaitu 1280 pcs. Pada usulan alokasi pembanding pertama yang mengabaikan keterampilan menunjukkan masih terdapat operasi yang belum terpenuhi targetnya seperti O17, O19, O21, O22, O28, O30, dan O33. Selain itu, jumlah operator yang teralokasi juga tidak sesuai kebutuhan seperti SK 21 yang membutuhkan 4 orang operator namun tidak dapat terpenuhi jumlah kebutuhan operator dan terget produksinya dikarenakan hanya tersedia 3 operator pada jenis mesin tersebut. Pada usulan alokasi pembanding kedua yang mengabaikan efisiensi masih terdapat operasi yang tidak memenuhi target yaitu O16, O21, O22, O29, dan O31. Berdasarkan perbandingan tersebut maka alokasi operator yang digunakan dalam usulan lintasan yaitu hasil alokasi awal yang mempertibangan efisiensi dan keterampilan.

Setelah mengetahui alokasi operator yang digunakan, perlu menghitung kemampuan setiap operator untuk menghasilkan *output* per hari untuk mengetahui apakah operator tersebut dapat memenuhi target produksi yang telah ditetapkan. Perhitungan dilakukan dengan membagi waktu yang tersedia dalam satu hari dengan waktu operator menghasilkan satu *output*. Berikut contoh perhitungan untuk operator Heni pada SK3 O4:

$$\begin{aligned} \text{Waktu operator Heni} &= \frac{\text{waktu operasi}}{\text{efisiensi}} \times 100\% \\ &= \frac{24}{112,33} \times 100\% = 21,37 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kemampuan SK Heni} &= \frac{\text{waktu tersedia}}{\text{waktu operator}} \\ &= \frac{28800 \text{ detik}}{21,37 \text{ detik}} = 1347 \text{ pcs} \end{aligned}$$

Setelah setiap operasi dalam SK sudah dapat memenuhi target produksi yang diharapkan, tahapan selanjutnya menghitung proporsi setiap operator dari jumlah kemampuan SK per hari yang bersangkutan dan dilanjutkan dengan menghitung *output* yang harus dikerjakan setiap operator per harinya. Rangkuman perhitungan proporsi dan *output* yang harus dikerjakan tersaji pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Perhitungan proposi dan *output*

SK	Operasi	Waktu operasi (detik)	Operator	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit	Proporsi	Output/hari		
1	O1	22	Lena	1280	1280	1	1280		
	O2	12	Eka	1280	1280	1	1280		
2	O3	12	Neli	1280	1280	1	1280		
3	O4	24	Heni	1347	1347	1	1280		
	O5	10	Bonita	1280	1280	1	1280		
	O6	26	Septi	1285	1285	1	1280		
	O7	26	Yulita	1285	1285	1	1280		
4	O9	23	Susmiati	1280	1280	1	1280		
	O11	36	Irfa	684	1354	0,51	647		
			Siti M	670		0,49	633		
	O12	34	Putri	659	1296	0,51	651		
			Lasmiati	637		0,49	629		
	O13	22	Susmiati	1298	1298	1	1280		
Syariatun			330	0,20		258			
Hasmi			330	0,20		258			
O14			100	Bagus		327	1636	0,20	256
				Anis		325		0,20	254
Yunita	324	0,20	253						
5	O15	44	Nur Wahyu	648	1295	0,50	640		
			Katon	647		0,50	640		
6	O10	45	Eni	659	1303	0,51	647		
			Prapti	644		0,49	633		
7	O16	50	Prasmita	648	1281	0,51	647		
			Ike	633		0,49	633		
	O17	11	Bonita	1492	1492	1	1280		
8	O30	17	Rian	1476	1476	1	1280		
9	O8	19	Sepi	1280	1280	1	1280		
	O18	15	Ummu	1280	1280	1	1280		
10	O19	15	Lena	1282	1282	1	1280		
11	O20	43	Santi	690	1286	0,54	687		
			Fikri	596		0,46	593		
			Yuni S	256		0,17	219		
			Yani	251		0,17	214		
12	O29	135	Puji	251	1499	0,17	214		
			Wahyu	249		0,17	213		
			Dwi	247		0,16	211		
			Sumiyati	245		0,16	209		

Tabel 4.19 Perhitungan proposi dan *output* (Lanjutan)

SK	Operasi	Waktu operasi (detik)	Operator	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit	Proporsi	Output/hari
13	O21	15	Yuni L	1284	1284	1	1280
	O22	25	Gesti	1300	1300	1	1280
14	O23	9	Yuni L	1280	1280	1	1280
15	O24	13	Sepi	1281	1281	1	1280
16	O25	27	Rika	715	1387	0,52	660
			Novi	672		0,48	620
	O26	44	Mistin	647	1285	0,50	644
			Ani	638		0,50	636
17	O27	35	Heri	670	1312	0,51	654
			Puji	642		0,49	626
18	O28	14	Neli	1282	1282	1	1280
19	O31	15	Eka	1281	1281	1	1280
20	O32	25	Rian	200	1398	0,14	183
			Karni	1198		0,86	1097
			Geri	415		0,30	384
21	O33	68	Yuni	388	1382	0,28	359
			Sugeng	361		0,26	334
			Ummu	218		0,16	202

Contoh perhitungan operator Heni pada SK3 O4:

$$\begin{aligned} \text{Proporsi operator Heni} &= \frac{\text{Kemampuan SK}}{\text{Total unit}} \\ &= \frac{1347}{1347} = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Output per hari yang diharapkan} &= \text{proporsi} \times \text{target produksi} \\ &= 1 \times 1280 = 1280 \text{ pcs} \end{aligned}$$

4.2.9 Perhitungan Efisiensi, *Balance Delay*, *Idle Time*, dan *Smoothness Index*

Perhitungan efisiensi, *balance delay*, *idle time*, dan *smoothness index* lintasan usulan hasil alokasi menggunakan Persamaan 2.1 sampai dengan Persamaan 2.4. Perhitungan tersebut dapat dilakukan setelah dihasilkan *output* per hari yang diharapkan setiap operasi sesuai dengan usulan perbaikan lintasan. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan efisiensi, *balance delay*, *idle time*, dan *smoothness index* dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Data perhitungan efisiensi, *balance delay*, *idle time*, dan *smoothness index*

Nama operator	Operasi	Mesin	Waktu standar (detik)	Output/hari (pcs)	Beban kerja (detik)	Wbmax - beban kerja	(Wbmax - beban kerja) ²
Lena	O1	Mesin D	13,37	1280	17113,34	11666,97	136118097,58
	O19	Mesin A	9,12	1280	11668,19	17112,12	292824634,86
Eka	O2	Mesin D	9,99	1280	12791,47	15988,83	255642785,23
	O31	Mesin A	12,49	1280	15989,34	12790,97	163608787,00
Neli	O3	Mesin D	10,37	1280	13276,86	15503,44	240356804,31
	O28	Mesin A	12,10	1280	15489,67	13290,63	176640973,96
Heni	O4	Mesin E	21,37	1280	27348,17	1432,13	2051004,05
Bonita	O5	Mesin E	9,86	1280	12616,82	16163,49	261258335,13
	O17	Mesin A	10,84	1280	13878,50	14901,81	222063820,21
Septi	O6	Mesin E	22,40	1280	28674,73	105,57	11146,04
Yulita	O7	Mesin E	22,41	1280	28681,56	98,75	9751,20
Susmiati	O9	Mesin A	11,42	1280	14616,51	14163,79	200612991,18
	O13	Mesin A	10,92	1280	13981,01	14799,29	219019048,44
Irfa	O11	Mesin A	42,08	647	27208,97	1571,33	2469089,82
Siti M	O11	Mesin A	42,96	633	27207,41	1572,89	2473991,48
Putri	O12	Mesin A	43,69	651	28436,89	343,42	117934,85
Lasmiasi	O12	Mesin A	45,18	637	28780,31	0,00	0,00
Syariatun	O14	Mesin A	87,07	258	22481,08	6299,23	39680249,16
Hasmi	O14	Mesin A	87,14	258	22498,58	6281,72	39460051,21
Bagus	O14	Mesin A	87,89	256	22486,94	6293,37	39606451,08
Anis	O14	Mesin A	88,57	254	22522,19	6258,12	39164021,81
Yunita	O14	Mesin A	88,76	253	22500,96	6279,35	39430174,91

Tabel 4.20 Data perhitungan efisiensi, *balance delay*, *idle time*, dan *smoothness index* (Lanjutan)

Nama operator	Operasi	Mesin	Waktu standar (detik)	Output/hari (pcs)	Beban kerja (detik)	Wbmax - beban kerja	(Wbmax - beban kerja) ²
Nur Wahyu	O15	Mesin A	44,40	640	28437,26	343,05	117680,44
Katon	O15	Mesin A	44,46	640	28435,62	344,69	118810,07
Eni	O10	Mesin A	43,70	647	28288,53	491,78	241846,97
Prapti	O10	Mesin A	44,69	633	28273,10	507,20	257256,88
Prasmita	O16	Mesin A	44,43	647	28766,01	14,30	204,46
Ike	O16	Mesin A	45,48	633	28767,47	12,84	164,85
Rian	O30	Mesin A	16,27	1280	20820,83	7959,48	63353287,47
	O32	Mesin A	23,92	183	4380,38	24399,92	595356308,25
Sepi	O8	Mesin B	13,35	1280	17093,53	11686,78	136580749,33
	O24	Mesin B	9,14	1280	11695,57	17084,73	291888106,88
Ummu	O18	Mesin B	12,69	1280	16248,19	12532,12	157054037,46
	O33	Mesin F	57,55	202	11619,06	17161,25	294508372,48
Santi	O20	Mesin B	41,69	687	28629,61	150,69	22708,84
Fikri	O20	Mesin B	48,30	593	28651,07	129,24	16702,40
Yuni S	O29	Mesin A	112,21	219	24529,96	4250,34	18065411,00
Yani	O29	Mesin A	114,32	214	24502,86	4277,44	18296535,42
Puji	O29	Mesin A	114,39	214	24516,17	4264,14	18182889,61
Wahyu	O29	Mesin A	115,23	213	24499,54	4280,77	18324983,12
Dwi	O29	Mesin A	116,24	211	24515,96	4264,34	18184627,42
Sumiyati	O29	Mesin A	117,14	209	24507,24	4273,06	18259056,56
Yuni L	O21	Mesin A	14,03	1280	17964,07	10816,23	116990910,09
	O23	Mesin C	8,42	1280	10778,44	18001,86	324067049,13

Tabel 4.20 Data perhitungan efisiensi, *balance delay*, *idle time*, dan *smoothness index* (Lanjutan)

Nama operator	Operasi	Mesin	Waktu standar (detik)	Output/hari (pcs)	Beban kerja (detik)	Wbmax - beban kerja	(Wbmax - beban kerja)2
Gesti	O22	Mesin A	22,14	1280	28344,72	435,58	189733,36
Rika	O25	Mesin A	40,24	660	26549,52	2230,78	4976391,86
Novi	O25	Mesin A	42,84	620	26567,00	2213,31	4898722,34
Mistin	O26	Mesin A	44,47	644	28663,14	117,16	13726,83
Ani	O26	Mesin A	45,10	636	28663,70	116,60	13595,94
Heri	O27	Mesin A	42,97	654	28089,12	691,19	477738,47
Puji	O27	Mesin A	44,86	626	28094,84	685,47	469864,82
Karni	O32	Mesin A	24,04	1097	26368,48	2411,83	5816907,52
Geri	O33	Mesin F	69,32	384	26644,36	2135,95	4562278,07
Yuni	O33	Mesin F	74,11	359	26631,98	2148,33	4615308,42
Sugeng	O33	Mesin F	79,77	334	26671,09	2109,22	4448797,62
Total					1237457,91	345458,89	4492990907,90

a. Efisiensi lintasan

Jumlah mesin = 52 mesin

Jumlah *output* = 1280 pcs

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi lintasan} &= \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n \times W_{bmax}} \times 100\% \\ &= \frac{1237457,91}{52 \times 28780,31} \times 100\% = 82,69\% \end{aligned}$$

b. *Balance delay*

$$\begin{aligned} \text{BD} &= \frac{(n \times \text{Wbmaks}) - \sum_{i=1}^n W_i}{(n \times \text{Wbmaks})} \times 100\% \\ &= \frac{(52 \times 28780,31) - 1237457,91}{52 \times 28780,31} \times 100\% = 17,31\% \end{aligned}$$

c. *Idle time*

$$\begin{aligned} \text{IT} &= (n \times \text{Wbmaks}) - \sum_{i=1}^n W_i \\ &= (52 \times 2870,31) - 1237457,91 = 259117,97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{IT per pcs} &= \frac{259117,97}{1280} \\ &= 202,44 \text{ detik} \\ &= 3,37 \text{ menit} \end{aligned}$$

d. *Smoothness index*

$$\begin{aligned} \text{Smoothness index} &= \sqrt{\sum (\text{Wbmaks} - W_i)^2} \\ &= \sqrt{4492990907,90} \\ &= 67029,78 \end{aligned}$$

$$\text{Smoothness index per pcs} = \frac{67029,78}{1280} = 52,37$$

4.3 Analisis Hasil

Pemecahan permasalahan tidak tercapainya target produksi pada lintasan MF-35 dengan produk *Hex Armour 2028x* diselesaikan dengan cara melakukan penyeimbangan lintasan. Penyeimbangan lintasan secara keseluruhan dipilih karena alokasi operator masih belum tepat sehingga terjadi ketidakpemerataan beban kerja yang dirasakan operator. Hal tersebut yang menyebabkan masih terjadi penumpukan material (*bottleneck*) yang berakibat pada terciptanya waktu menganggur dan tidak tercapai target produksi. Penyeimbangan dilakukan dengan memaksimalkan sumber daya yang dimiliki oleh PT Sport Glove Indonesia sebagai upaya melakukan perbaikan lintasan tanpa penambahan biaya penambahan operator baru. Penyeimbangan lintasan dilakukan dengan metode analitik model matematis *Simple Assembly Line Balancing Problem* (SALBP) Tipe E dikarenakan karakteristik yang tepat seperti lintasan dengan produk homogen dan aliran produksi berjalan lurus. Pencarian solusi usulan lintasan yang seimbang menggunakan bantuan *software* Lingo. Isi skrip Lingo berisi tentang fungsi tujuan

berupa memaksimalkan efisiensi stasiun kerja dengan memberikan batasan untuk mengerucutkan hasil fungsi tujuan. Batasan tersebut berupa *assignment constraint* yang berfungsi untuk membatasi penugasan operasi ke stasiun kerja yang memungkinkan, *cycle time constraint* yang berfungsi untuk membatasi operasi yang ditugaskan ke stasiun kerja tidak melewati waktu siklus stasiun kerja yang telah ditetapkan, dan *precedent constraint* yang berfungsi untuk menjaga urutan dan keterkaitan operasi yang ditugaskan dalam stasiun kerja berdasarkan *precedence diagram*. Hasil solusi yang dihasilkan oleh *software* Lingo diperoleh usulan lintasan yang seimbang dengan meminimalkan jumlah stasiun kerja dari 33 stasiun kerja menjadi 21 stasiun kerja beserta operasi apa saja yang masuk dalam stasiun kerja tersebut dan siap untuk dialokasikan operator.

Pengalokasian operator dilakukan pada setiap operasi dalam stasiun kerja dilakukan dengan mengalokasikan operator yang memiliki efisiensi operator tertinggi pada operasi yang memiliki waktu proses terlama. Pengalokasian didahulukan operator dengan keterampilan *singleskilled* kemudian dilanjutkan operator *multiskilled*. Setelah berhasil melakukan alokasi operator dengan mempertimbangkan tingkat efisiensi dan keterampilan operator, dilakukan validasi dengan membentuk usulan alokasi operator lain dimana usulan alokasi operator pemanding pertama dilakukan dengan mengabaikan peraturan alokasi berdasarkan keterampilan dan usulan alokasi operator pembanding kedua mengabaikan peraturan alokasi operator berdasarkan tingkat efisiensi operator. Berdasarkan hasil perbandingan diketahui usulan alokasi operator dengan mempertimbangkan tingkat efisiensi dan keterampilan lebih baik dibandingkan kedua usulan alokasi operator pembanding karena seluruh operator yang teralokasi dapat memenuhi target produksi harian sebesar 1280 pcs. Usulan pengalokasian operator terbaik pada usulan lintasan optimal menghasilkan beban kerja yang lebih merata. Dengan adanya beban kerja yang lebih merata akan mencegah terjadinya *bottleneck* sehingga produksi akan lebih lancar. Setelah berhasil menentukan usulan alokasi operator terbaik, dihitung *output* harian yang dapat dihasilkan oleh operator pada masing-masing operasi. Hasil perhitungan *output* menunjukkan bahwa seluruh operator yang teralokasi dapat memenuhi target produksi harian yaitu sebanyak 1280 pcs sehingga hasil usulan lintasan dan alokasi operator dapat dijadikan bahan

pertimbangan perusahaan dalam melakukan penyeimbangan lintasan pada lintasan MF-35 dengan produk *Hex Armour 2028x*. Berikut merupakan rangkuman perbaikan dalam keseimbangan lintasan ini yang dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Rangkuman perbaikan keseimbangan lintasan

Perbaikan	Sebelum	Sesudah	Keterangan
Jumlah stasiun kerja	33 SK	21 SK	Operasi dengan mesin yang sama dan memiliki keterkaitan digabung. SK1 (O1,O2), SK3 (O4,O5,O6,O7), SK4 (O9,O11,O12,O13,O14), SK7 (O16,O17), SK9 (O8,O18), SK13 (O21,O22), SK16 (O25,O26)
Jumlah kebutuhan operator	46 operator	54 operator	Mengoptimalkan operator dengan mengalokasikan operator <i>multiskilled</i> Lena (O1,19), Eka (O2,O31), Neli (O3, O28), Bonita (O5, O17), Susmiati (O9, O13), Rian (O30,O32), Sepi (O8,O24), Ummu (O18,O33), Yuli L (O21, O23)
Jumlah kebutuhan mesin	A : 31 B : 4 C : 1 D : 3 E : 4 F : 3 Total : 46 mesin	A : 37 B : 5 C : 1 D : 3 E : 4 F : 4 Total : 54 mesin	Karena Rian (O39, O32) menggunakan mesin sama yaitu mesin A dan Sepi (O8,O24) sama mesin B maka bisa menggunakan mesin yang sama sehingga total kebutuhan mesin 52 mesin
Alokasi beban kerja (detik)	11082 – 49076 detik	22481-28780 detik	Beban kerja pada perbaikan memiliki jarak perbedaan yang lebih sedikit yang menunjukkan beban kerja lebih merata
Total <i>output</i>	984 pcs	1280 pcs	<i>Output</i> sesudah perbaikan sudah memenuhi target produksi

Dengan adanya perbaikan berupa pengurangan stasiun kerja dimana menggabungkan beberapa operasi didasarkan pada keterkaitan operasi-operasi tersebut seperti menggunakan mesin yang sama dan urutan yang saling berkaitan sehingga dengan dimasukkan ke dalam stasiun kerja yang sama diharapkan dapat memudahkan operasi dalam hal jarak perpindahan material dalam proses. Jumlah kebutuhan operator sesudah dilakukan keseimbangan lintasan menunjukkan jumlah operator yang seharusnya disediakan oleh perusahaan, namun karena beban kerja yang belum merata maka dibatasilah penambahan operator dan memutuskan untuk mengoptimalkan operator karena beberapa operator memiliki keterampilan lebih untuk dapat mengoperasikan mesin-mesin di PT Sport Glove Indonesia. Dengan bertambahnya kebutuhan operator tentu berpengaruh terhadap kebutuhan mesin,

PT Sport Glove Indonesia tidak kesusahan dalam pembentukan lintasan dengan 54 mesin karena setiap lintasan pada PT SGI memang dirancang untuk 54 operator sehingga nantinya usulan ini akan lebih mudah diimplementasikan tanpa mengubah bentuk lintasan. Selain itu, dalam hal penambahan unit mesin seharusnya PT SGI tidak mengalami kendala dikarenakan setiap cabang perusahaan termasuk PT SGI cabang godean memiliki *warehouse* mesin dan peralatan cadangan yang memang disiapkan apabila membutuhkan pergantian mesin mendadak. Perbaikan keseimbangan lintasan membuat beban kerja pada lintasan MF-35 lebih merata dan tidak lagi terjadi kesenjangan beban kerja. Dengan segala perbaikan di atas dapat dihitung hasil keseimbangan lintasan perakitan MF-35 yang dapat dilihat pada Tabel 4.22

Tabel 4.22 Hasil keseimbangan lintasan perakitan

Lintasan	Performansi	Aktual	Usulan
	keseimbangan lintasan		
Lintasan MF-35 <i>Hex Armour 2028x</i>	Efisiensi lintasan (%)	53,32	82,69
	Balance delay (%)	46,67	17,31
	Total <i>Idle time</i> (menit)	18,00	3,37
	<i>Smoothness Index</i> per pcs	171,17	52,37

Hasil dari penelitian ini berupa usulan lintasan produksi MF-35 yang memiliki tingkat efisiensi lintasan yang lebih tinggi 29,37% dimana semula sebesar 53,32% naik menjadi 82,69%. Metode keseimbangan lintasan metode analitik dengan model matematis *Simple Assembly Line Balancing Problem* (SALBP) Tipe E menghasilkan lintasan yang lebih lancar dengan beban kerja yang lebih merata sehingga mencegah *bottleneck* dan berakibat pada menurunnya *idle time*. Waktu menganggur atau *idle time* yang semula sebesar 18,00 menit turun menjadi 3,37 menit dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas produksi agar mencapai target yang telah ditetapkan. Nilai *smoothness index* yang menunjukkan kelancaran dari suatu lintasan produksi juga menunjukkan perbaikan dimana nilainya menurun dari kondisi aktual 171,17 menjadi 52,37. Nilai *smoothness index* yang lebih mendekati nilai 0 (keseimbangan sempurna) menunjukkan bahwa lintasan tersebut memiliki proses yang lebih lancar. Perbaikan-perbaikan di atas menunjukkan bahwa penelitian menghasilkan usulan lintasan yang lebih seimbang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa usulan yang memecahkan permasalahan keseimbangan lintasan tercapai dengan mengoptimalkan jumlah stasiun dan menugaskan operasi didalamnya serta mengalokasikan operator berdasarkan tingkat efisiensi dan keterampilan operator. Usulan lintasan keseimbangan berhasil meningkatkan efisiensi lintasan MF-35 yang semula 53,32% menjadi 82,69%. Selain itu, diperoleh perbaikan seperti *balance delay* menurun dari 46,67% menjadi 17,31%, total *idle time* menurun dari 18,00 menit menjadi 3,37 menit, dan nilai *smoothness index* menurun dari 171,17 menjadi 52,37. Hasil tersebut menunjukkan telah terjadi perbaikan keseimbangan lintasan yang tentu akan meningkatkan *output* produksi hingga mencapai target produksi.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan operator dalam keseimbangan lintasan diperoleh hasil jumlah kebutuhan operator yang lebih banyak dibandingkan dengan jumlah yang ada sehingga dapat mempertimbangkan penambahan operator sebagai cara lain untuk meningkatkan hasil produksi.
2. Penelitian ini belum mempertimbangkan biaya produksi dimana belum mempertimbangkan gaji sesuai beban kerja yang ditugaskan kepada operator sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan biaya produksi.
3. Hasil usulan lintasan pada penelitian ini terbatas dalam validasi teori sehingga untuk penelitian selanjutnya apabila memungkinkan dapat juga melakukan validasi eksternal secara simulasi atau implementasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrika, J. R. (2018). Analisis Keseimbangan Lini Perakitan *Mixed Model* dengan pendekatan Matematik untuk Meningkatkan Efisiensi Lintasan Perakitan. (Tugas Akhir), Universitas Islam Indonesia.
- A'yunin, N. (2021). Peningkatan Efisiensi Lintasan Penjahitan dengan Mempertimbangkan Keterampilan Operator. (Tugas Akhir), Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
- Babu, V. R. (2009). *Industrial Engineering in Apparel Production*. India: Woodhead Publishing.
- Barato, T. (2002). Perencanaan dan Pengendalian Produksi (Edisi Pertama ed.). Indonesia: Ghalia.
- Becker, C. (2006). A Survey on Problem and Methods in Generalized Assembly Line Balancing. *European Journal of Operation Research*.
- Buffa, E. S. (1988). Manajemen Produksi dan Operasi (Edisi Keenam ed.). Jakarta.
- Merengo, C. (1999). *Balancing and sequencing manual mixed-model assembly lines. International Journal of Production Research*, 37.
- Distianasari, R. (2019). Peningkatan Efisiensi Lini Penjahitan Sarung Tangan Melalui Penyeimbangan Lintasan dan Pemerataan Beban Kerja Operator. (Tugas Akhir), Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
- Gandama, M. (2015). Penerapan Metode Penyeimbangan Lini (Line Balancing) pada Lini Produksi di PT Wahyu Kartumasindo Internasional. Tugas Akhir), Universitas Presiden.
- Gasperz, V. (2004). *Production Planning & Inventory Control* . Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Ginting, R. (2007). Sistem Produksi. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Gioyardi, N & Santoso, S (2020). Penerapan *Skill Matrix* dan *Line Balancing Mathematical Programming* dalam meningkatkan Efisiensi Lintasan. Yogyakarta: Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada.
- Groover, M. P. (2001). *Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*. London: Prentice Hall-International, Inc.
- Gokcen, H., & Erel. E. (1998). *Binary Integer Formulation for Mixed-model Assembly Line Balancing Problem*.
- Henry, E. (2011).). Analisa Peningkatan Kapasitas Produksi Pada *Line Assembling* Transmisi PT. X Dengan Metode *Line Balancing*.
- Jirasirilerd, G., dkk. (2020). *Simple Assembly Line Balancing Problem Type 2 By Variable Neighborhood Strategy Adaptive Search : A Case Study Garment Industry*.
- Kumar, N. (2013). Assembly Line Balancing. *A Review of Developments and Trends in Approach to Industrial Application*, 29-50.
- Kurniawan, B. (2011). *Lingo-Optimization Modeling Software*. Surakarta: *Industrial Engineering Departemen, Faculty of Engineering Sebelas Maret University*.
- Nasution, A. H. (2003). Perencanaan dan Pengendalian Produksi (Edisi Pertama ed.). Surabaya: Guna Widya.

- Rabbani, M. (2013). *Mixed-model assembly line balancing in assemble-to-order environment with considering express parallel line: problem definition and solution procedure. International Journal of Computer Integrated Manufacturing.*
- Rigg, J. L. (1976). *Production System, Planning, Analysis and Control* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Sugiarto., d. (2007). *Ekonomi Mikro (sebuah kajian komprehensif)*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Sutalaksana, I. A. (1979). *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Bandung.
- Sutarman. (2009). *Teknologi Pengantar Informsasi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Wignjososoebroto, S. (2006). *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*. Surabaya: Prima Printing.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

(Pengamatan Awal)

No	Nama Operator	Mesin	Nama Proses	Waktu standar (detik)	Output/hari (pcs)	Beban kerja (detik)	Wbmax - beban kerja	(Wbmax - beban kerja)2
1	Lena	Mesin D	O1	13,37	1352	18077,14	31427,33	987676945,22
2	Eka	Mesin D	O2	10,00	1320	13194,37	36310,10	1318423458,84
3	Neli	Mesin D	O3	10,37	1304	13525,44	35979,03	1294490858,79
4	Bonita	Mesin E	O4	23,66	1280	30280,36	19224,11	369566277,13
5	Heni	Mesin E	O5	8,90	1360	12107,26	37397,21	1398550966,74
6	Yulita	Mesin E	O6	22,41	1288	28860,82	20643,65	426160378,91
7	Septi	Mesin E	O7	22,40	1296	29033,16	20471,30	419074309,30
8	Ummu	Mesin B	O8	16,08	1312	21095,56	28408,91	807066099,21
9	Ike	Mesin A	O9	20,92	1280	26779,65	22724,82	516417504,63
10	Prapti	Mesin A	O10	44,69	992	44333,67	5170,80	26737161,61
11	Siti M	Mesin A	O11	42,96	560	24055,21	25449,26	647664766,68
12	Irfa	Mesin A	O11	42,08	688	28950,31	20554,16	422473624,85
13	Yani	Mesin A	O12	28,79	1280	36854,44	12650,03	160023174,67
14	Susmiati	Mesin A	O13	10,92	1600	17476,27	32028,20	1025805766,06
15	Ani	Mesin A	O14	102,51	304	31162,03	18342,44	336445202,98
16	Bagus	Mesin A	O14	87,89	336	29532,16	19972,31	398893140,11
17	Nur Wahyu	Mesin A	O14	100,91	304	30675,63	18828,84	354525316,17
18	Prasmita	Mesin A	O14	88,85	328	29143,89	20360,58	414553055,05
19	Sumiyati	Mesin A	O15	38,18	656	25046,25	24458,21	598204251,64
20	Mistin	Mesin A	O15	44,47	632	28107,99	21396,48	457809356,39
21	Wahyu	Mesin A	O16	42,68	1160	49504,47	0,00	0,00
22	Rika	Mesin A	O17	16,39	992	16261,39	33243,08	1105102119,67
23	Santi	Mesin B	O18	14,54	1280	18613,59	30890,88	954246467,17
24	Lasmiasi	Mesin A	O19	19,93	624	12438,07	37066,40	1373918167,11
25	Puji A	Mesin A	O19	19,22	656	12610,59	36893,88	1361158027,27

No	Nama Operator	Mesin	Nama Proses	Waktu standar (detik)	Output/hari (pcs)	Beban kerja (detik)	Wbmax - beban kerja	(Wbmax - beban kerja)2
26	Sepi	Mesin B	O20	30,22	1280	38685,35	10819,11	117053242,17
27	Novi	Mesin A	O21	23,80	1080	25703,42	23801,05	566489758,96
28	Heri	Mesin A	O22	30,69	1248	38306,61	11197,86	125392026,77
29	Yuni	Mesin C	O23	6,16	1800	11082,24	38422,23	1476267706,94
30	Fikri	Mesin B	O24	14,60	1232	17989,17	31515,30	993214016,43
31	Yunita	Mesin A	O25	23,97	1304	31251,49	18252,98	333171249,68
32	Hasmi	Mesin A	O26	38,34	1280	49076,91	427,56	182809,83
33	Puji	Mesin A	O27	29,66	1304	38670,73	10833,74	117369939,72
34	Putri	Mesin A	O28	17,99	1240	22308,10	27196,37	739642722,49
35	Anis	Mesin A	O29	119,57	224	26784,43	22720,04	516200338,78
36	Eni	Mesin A	O29	131,09	208	27267,41	22237,06	494486659,55
37	Karni	Mesin A	O29	129,81	208	27001,17	22503,30	506398330,86
38	Syariatun	Mesin A	O29	117,55	232	27270,83	22233,64	494334866,23
39	Rian	Mesin A	O29	129,17	208	26868,05	22636,42	512407329,33
40	Katon	Mesin A	O29	136,43	200	27285,33	22219,14	493690004,59
41	Gesti	Mesin A	O30	15,06	1360	20479,06	29025,41	842474309,57
42	Yuni S	Mesin A	O31	12,47	1336	16657,60	32846,87	1078916544,71
43	Dwi	Mesin A	O32	21,53	1304	28069,03	21435,43	459477859,35
44	Geri	Mesin F	O33	69,32	384	26618,68	22885,79	523759573,11
45	Yuni	Mesin F	O33	74,11	368	27272,04	22232,43	494280985,21
46	Sugeng	Mesin F	O33	79,77	400	31907,41	17597,06	309656379,87
Total						1214274,80	1062930,79	28369853050,33

a. Efisiensi lintasan

Jumlah mesin = 46 mesin

Jumlah output = 984 pcs

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n Wi}{n \times Wbmaks} \times 100\%$$

$$EF = \frac{1214274,80}{46 \times 49504,47} \times 100\% = 53,32\%$$

b. *Balance delay*

$$BD = \frac{(n \times Wbmaks) - \sum_{i=1}^n Wi}{(n \times Wbmaks)} \times 100\%$$

$$= \frac{(46 \times 49504,47) - 1214274,80}{46 \times 49504,47} \times 100\% = 46,68\%$$

c. *Idle time*

$$IT = (n \times Wbmaks) - \sum_{i=1}^n Wi$$

$$= (46 \times 49504,47) - 1214274,80 = 1062930,79$$

$$IT \text{ per pcs} = \frac{1062930,79}{984}$$

$$= 1080,21 \text{ detik}$$

$$= 18,00 \text{ menit}$$

d. *Smoothness index*

$$Smoothness \ index = \sqrt{\sum (Wbmaks - Wi)^2}$$

$$= \sqrt{28369853050,33}$$

$$= 168433,53$$

$$Smoothness \ index \ per \ pcs = \frac{168433,53}{984} = 171,17$$

LAMPIRAN B

(Uji Kecukupan Data)

1. Uji kecukupan data operator Lena

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	13,75	189,06	1,22	1,48
2	14,08	198,25	1,55	2,39
3	13,01	169,26	0,48	0,23
4	11,74	137,83	-0,80	0,63
5	12,23	149,57	-0,31	0,09
6	11,19	125,22	-1,35	1,81
7	12,85	165,12	0,32	0,10
8	11,47	131,56	-1,07	1,13
9	12,55	157,50	0,02	0,00
10	12,48	155,75	-0,05	0,00
Total	125,35	1579,12	0,00	7,86
\bar{x}	12,54			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(1579,12) - (125,35)^2}}{125,35} \right]^2 = 8,00$$

Karena $N' < N$, dimana $8 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

2. Uji kecukupan data operator Eka

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	10,28	105,68	0,91	0,83
2	9,07	82,26	-0,30	0,09
3	10,28	105,68	0,91	0,83
4	9,57	91,58	0,20	0,04
5	8,65	74,82	-0,72	0,52
6	8,71	75,86	-0,66	0,44
7	9,45	89,30	0,08	0,01
8	10,1	102,01	0,73	0,53
9	8,69	75,52	-0,68	0,46
10	8,91	79,39	-0,46	0,21
Total	93,71	882,11	0,00	3,95
\bar{x}	9,37			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(882,11) - (93,71)^2}}{93,71} \right]^2 = 7,20$$

Karena $N' < N$, dimana $7,20 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

3. Uji kecukupan data operator Neli

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	9,9	98,01	0,18	0,03
2	11,08	122,77	1,36	1,84
3	9,68	93,70	-0,04	0,00
4	10,22	104,45	0,50	0,25
5	9,02	81,36	-0,70	0,50
6	9,67	93,51	-0,05	0,00
7	10,56	111,51	0,84	0,70
8	9,18	84,27	-0,54	0,30
9	8,67	75,17	-1,05	1,11
10	9,26	85,75	-0,46	0,22
Total	97,24	950,50	0,00	4,94
\bar{x}	9,72			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(950,50) - (97,24)^2}}{97,24} \right]^2 = 8,35$$

Karena $N' < N$, dimana $8,35 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

4. Uji kecukupan data operator Bonita

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	21,51	462,68	-0,67	0,45
2	22,82	520,75	0,64	0,41
3	22,12	489,29	-0,06	0,00
4	23,85	568,82	1,67	2,80
5	21,55	464,40	-0,63	0,39
6	23,4	547,56	1,22	1,49
7	21,89	479,17	-0,29	0,08
8	21,11	445,63	-1,07	1,14
9	22,48	505,35	0,30	0,09
10	21,05	443,10	-1,13	1,27
Total	221,78	4926,77	0,00	8,13
\bar{x}	22,18			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(4926,77) - (221,78)^2}}{221,78} \right]^2 = 2,65$$

Karena $N' < N$, dimana $2,65 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

5. Uji kecukupan data operator Heni

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	8,68	75,34	0,33	0,11
2	8,11	65,77	-0,24	0,06
3	7,44	55,35	-0,91	0,82
4	9,19	84,46	0,84	0,71
5	8,61	74,13	0,26	0,07
6	8,15	66,42	-0,20	0,04
7	8,46	71,57	0,11	0,01
8	7,82	61,15	-0,53	0,28
9	8,75	76,56	0,40	0,16
10	8,25	68,06	-0,10	0,01
Total	83,46	698,83	0,00	2,27
\bar{x}	8,35			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(698,83) - (83,46)^2}}{83,46} \right]^2 = 5,22$$

Karena $N' < N$, dimana $5,22 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

6. Uji kecukupan data operator Yulita

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	21,14	446,90	0,13	0,02
2	22,62	511,66	1,61	2,60
3	20,83	433,89	-0,18	0,03
4	20,37	414,94	-0,64	0,41
5	21,79	474,80	0,78	0,61
6	21,23	450,71	0,22	0,05
7	19,95	398,00	-1,06	1,12
8	20,58	423,54	-0,43	0,18
9	21,87	478,30	0,86	0,74
10	19,69	387,70	-1,32	1,73
Total	210,07	4420,44	0,00	7,50
\bar{x}	21,01			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(4420,44) - (210,07)^2}}{210,07} \right]^2 = 2,72$$

Karena $N' < N$, dimana $2,72 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

7. Uji kecukupan data operator Septi

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	20,96	439,32	-0,04	0,00
2	20,37	414,94	-0,63	0,40
3	21,81	475,68	0,81	0,65
4	22,25	495,06	1,25	1,56
5	21,6	466,56	0,60	0,36
6	20,92	437,65	-0,08	0,01
7	21,52	463,11	0,52	0,27
8	20,63	425,60	-0,37	0,14
9	19,55	382,20	-1,45	2,11
10	20,41	416,57	-0,59	0,35
Total	210,02	4416,68	0,00	5,84
\bar{x}	21,00			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(4416,68) - (210,02)^2}}{210,02} \right]^2 = 2,12$$

Karena $N' < N$, dimana $2,12 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

8. Uji kecukupan data operator Ummu

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	14,55	211,70	-0,52	0,27
2	14,28	203,92	-0,79	0,63
3	15,59	243,05	0,52	0,27
4	15,67	245,55	0,60	0,36
5	16,09	258,89	1,02	1,03
6	14,74	217,27	-0,33	0,11
7	15,51	240,56	0,44	0,19
8	15,68	245,86	0,61	0,37
9	14,38	206,78	-0,69	0,48
10	14,25	203,06	-0,82	0,68
Total	150,74	2276,64	0,00	4,39
\bar{x}	15,07			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(2276,64) - (150,74)^2}}{150,74} \right]^2 = 3,09$$

Karena $N' < N$, dimana $3,09 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

9. Uji kecukupan data operator Ike

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	18,83	354,57	-0,78	0,61
2	18,49	341,88	-1,12	1,26
3	21,77	473,93	2,16	4,65
4	18,92	357,97	-0,69	0,48
5	21,25	451,56	1,64	2,68
6	19,74	389,67	0,13	0,02
7	20,34	413,72	0,73	0,53
8	18,91	357,59	-0,70	0,50
9	18,68	348,94	-0,93	0,87
10	19,21	369,02	-0,40	0,16
Total	196,14	3858,85	0,00	11,76
\bar{x}	19,61			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(3858,85) - (196,14)^2}}{196,14} \right]^2 = 4,89$$

Karena $N' < N$, dimana $4,89 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

10. Uji kecukupan data operator Prapti

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	41,02	1682,64	-0,88	0,77
2	42,57	1812,20	0,67	0,45
3	42,86	1836,98	0,96	0,93
4	40,32	1625,70	-1,58	2,49
5	43,62	1902,70	1,72	2,97
6	41,98	1762,32	0,08	0,01
7	42,62	1816,46	0,72	0,52
8	41,82	1748,91	-0,08	0,01
9	40,75	1660,56	-1,15	1,32
10	41,42	1715,62	-0,48	0,23
Total	418,98	17564,11	0,00	9,68
\bar{x}	41,90			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(17564,11) - (418,98)^2}}{418,98} \right]^2 = 0,88$$

Karena $N' < N$, dimana $0,88 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

11. Uji kecukupan data operator Siti M

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	39,51	1561,04	-0,76	0,58
2	39,16	1533,51	-1,11	1,23
3	38,84	1508,55	-1,43	2,05
4	42,05	1768,20	1,78	3,16
5	40,11	1608,81	-0,16	0,03
6	41,30	1705,69	1,03	1,06
7	40,27	1621,67	0,00	0,00
8	40,60	1648,36	0,33	0,11
9	41,15	1693,32	0,88	0,77
10	39,72	1577,68	-0,55	0,30
Total	402,71	16226,83	0,00	9,30
\bar{x}	40,27			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(16226,83) - (402,71)^2}}{402,71} \right]^2 = 0,92$$

Karena $N' < N$, dimana $0,92 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

12. Uji kecukupan data operator Irfa

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	38,82	1506,99	-0,63	0,40
2	40,56	1645,11	1,11	1,23
3	38,69	1496,92	-0,76	0,58
4	39,48	1558,67	0,03	0,00
5	39,34	1547,64	-0,11	0,01
6	38,49	1481,48	-0,96	0,92
7	40,03	1602,40	0,58	0,34
8	40,29	1623,28	0,84	0,71
9	39,62	1569,74	0,17	0,03
10	39,17	1534,29	-0,28	0,08
Total	394,49	15566,53	0,00	4,29
\bar{x}	39,45			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(15566,53) - (394,49)^2}}{394,49} \right]^2 = 0,44$$

Karena $N' < N$, dimana $0,44 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

13. Uji kecukupan data operator Yani

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	28,36	804,29	1,37	1,87
2	27,28	744,20	0,29	0,08
3	25,78	664,61	-1,21	1,47
4	26,26	689,59	-0,73	0,54
5	28,55	815,10	1,56	2,42
6	27,39	750,21	0,40	0,16
7	25,67	658,95	-1,32	1,75
8	27,15	737,12	0,16	0,02
9	26,84	720,39	-0,15	0,02
10	26,65	710,22	-0,34	0,12
Total	269,93	7294,68	0,00	8,46
\bar{x}	26,99			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(7294,68) - (269,93)^2}}{269,93} \right]^2 = 1,86$$

Karena $N' < N$, dimana $1,86 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

14. Uji kecukupan data operator Susmiati

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	10,17	103,43	-0,07	0,00
2	11,08	122,77	0,84	0,71
3	10,31	106,30	0,07	0,00
4	10,55	111,30	0,31	0,10
5	9,89	97,81	-0,35	0,12
6	10,12	102,41	-0,12	0,01
7	10,39	107,95	0,15	0,02
8	11,05	122,10	0,81	0,66
9	9,36	87,61	-0,88	0,77
10	9,48	89,87	-0,76	0,58
Total	102,40	4420,44	0,00	7,50
\bar{x}	10,24			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(4420,44) - (102,40)^2}}{102,40} \right]^2 = 4,55$$

Karena $N' < N$, dimana $4,55 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

15. Uji kecukupan data operator Ani

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	95,00	9025,00	-1,10	1,21
2	98,00	9604,00	1,90	3,61
3	100,00	10000,00	3,90	15,21
4	95,00	9025,00	-1,10	1,21
5	96,00	9216,00	-0,10	0,01
6	94,00	8836,00	-2,10	4,41
7	99,00	9801,00	2,90	8,41
8	96,00	9216,00	-0,10	0,01
9	93,00	8649,00	-3,10	9,61
10	95,00	9025,00	-1,10	1,21
Total	961,00	92397,00	0,00	44,90
\bar{x}	96,10			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(92397,00) - (961,00)^2}}{961,00} \right]^2 = 0,78$$

Karena $N' < N$, dimana $0,78 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

16. Uji kecukupan data operator Bagus

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	80,00	6400,00	-2,40	5,76
2	83,00	6889,00	0,60	0,36
3	82,00	6724,00	-0,40	0,16
4	85,00	7225,00	2,60	6,76
5	83,00	6889,00	0,60	0,36
6	85,00	7225,00	2,60	6,76
7	83,00	6889,00	0,60	0,36
8	81,00	6561,00	-1,40	1,96
9	82,00	6724,00	-0,40	0,16
10	80,00	6400,00	-2,40	5,76
Total	824,00	67926,00	0,00	28,40
\bar{x}	82,40			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(67926,00) - (824,00)^2}}{824,00} \right]^2 = 0,67$$

Karena $N' < N$, dimana $0,67 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

17. Uji kecukupan data operator Nur Wahyu

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	93,00	8649,00	-1,60	2,56
2	94,00	8836,00	-0,60	0,36
3	93,00	8649,00	-1,60	2,56
4	96,00	9216,00	1,40	1,96
5	92,00	8464,00	-2,60	6,76
6	95,00	9025,00	0,40	0,16
7	93,00	8649,00	-1,60	2,56
8	96,00	9216,00	1,40	1,96
9	98,00	9604,00	3,40	11,56
10	96,00	9216,00	1,40	1,96
Total	946,00	89524,00	0,00	32,40
\bar{x}	94,60			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(89524,00) - (946,00)^2}}{946,00} \right]^2 = 0,58$$

Karena $N' < N$, dimana $0,58 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

18. Uji kecukupan data operator Prasmita

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	85,00	7225,00	1,70	2,89
2	82,00	6724,00	-1,30	1,69
3	81,00	6561,00	-2,30	5,29
4	85,00	7225,00	1,70	2,89
5	83,00	6889,00	-0,30	0,09
6	86,00	7396,00	2,70	7,29
7	84,00	7056,00	0,70	0,49
8	82,00	6724,00	-1,30	1,69
9	82,00	6724,00	-1,30	1,69
10	83,00	6889,00	-0,30	0,09
Total	833,00	69413,00	0,00	24,10
\bar{x}	83,30			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(69413,00) - (833,00)^2}}{833,00} \right]^2 = 0,56$$

Karena $N' < N$, dimana $0,56 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

19. Uji kecukupan data operator Sumiyati

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	36,73	1349,09	0,94	0,88
2	37,35	1395,02	1,56	2,42
3	35,22	1240,45	-0,57	0,33
4	34,50	1190,25	-1,29	1,67
5	34,83	1213,13	-0,96	0,93
6	35,65	1270,92	-0,14	0,02
7	36,56	1336,63	0,77	0,59
8	37,07	1374,18	1,28	1,63
9	34,69	1203,40	-1,10	1,22
10	35,34	1248,92	-0,45	0,21
Total	357,94	12822,00	0,00	9,89
\bar{x}	35,79			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(12822,00) - (357,94)^2}}{357,94} \right]^2 = 1,24$$

Karena $N' < N$, dimana $1,24 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

20. Uji kecukupan data operator Mistin

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	40,82	1666,27	-0,88	0,77
2	44,11	1945,69	2,42	5,83
3	43,74	1913,19	2,05	4,18
4	41,99	1763,16	0,30	0,09
5	40,27	1621,67	-1,43	2,03
6	42,86	1836,98	1,17	1,36
7	40,67	1654,05	-1,03	1,05
8	42,53	1808,80	0,84	0,70
9	39,78	1582,45	-1,92	3,67
10	40,18	1614,43	-1,52	2,30
Total	416,95	17406,70	0,00	21,97
\bar{x}	41,70			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(17406,70) - (416,95)^2}}{416,95} \right]^2 = 2,02$$

Karena $N' < N$, dimana $2,02 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

21. Uji kecukupan data operator Wahyu

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	39,17	1534,29	-0,84	0,70
2	38,94	1516,32	-1,07	1,14
3	40,35	1628,12	0,34	0,12
4	39,58	1566,58	-0,43	0,18
5	41,06	1685,92	1,05	1,10
6	40,59	1647,55	0,58	0,34
7	38,91	1513,99	-1,10	1,21
8	41,62	1732,22	1,61	2,60
9	39,42	1553,94	-0,59	0,35
10	40,45	1636,20	0,44	0,19
Total	400,09	16015,13	0,00	7,93
\bar{x}	40,01			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(16015,13) - (400,09)^2}}{400,09} \right]^2 = 0,79$$

Karena $N' < N$, dimana $0,79 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

22. Uji kecukupan data operator Rika

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	15,31	234,40	-0,06	0,00
2	16,85	283,92	1,48	2,20
3	14,73	216,97	-0,64	0,41
4	16,41	269,29	1,04	1,09
5	15,28	233,48	-0,09	0,01
6	15,03	225,90	-0,34	0,11
7	14,85	220,52	-0,52	0,27
8	16,48	271,59	1,11	1,24
9	14,63	214,04	-0,74	0,54
10	14,11	199,09	-1,26	1,58
Total	153,68	2369,20	0,00	7,45
\bar{x}	15,37			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(2369,20) - (153,68)^2}}{153,68} \right]^2 = 5,04$$

Karena $N' < N$, dimana $5,04 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

23. Uji kecukupan data operator Santi

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	13,40	179,56	-0,23	0,05
2	13,42	180,10	-0,21	0,05
3	14,14	199,94	0,51	0,26
4	13,25	175,56	-0,38	0,15
5	14,37	206,50	0,74	0,54
6	13,78	189,89	0,15	0,02
7	13,02	169,52	-0,61	0,38
8	14,19	201,36	0,56	0,31
9	13,51	182,52	-0,12	0,02
10	13,25	175,56	-0,38	0,15
Total	136,33	1860,50	0,00	1,92
\bar{x}	13,63			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(1860,50) - (136,33)^2}}{136,33} \right]^2 = 1,65$$

Karena $N' < N$, dimana $1,65 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

24. Uji kecukupan data operator Lasmiasi

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	20,12	404,81	1,43	2,05
2	19,56	382,59	0,87	0,76
3	18,81	353,82	0,12	0,02
4	20,87	435,56	2,18	4,77
5	17,23	296,87	-1,46	2,12
6	17,55	308,00	-1,14	1,29
7	18,47	341,14	-0,22	0,05
8	17,56	308,35	-1,13	1,27
9	18,65	347,82	-0,04	0,00
10	18,05	325,80	-0,64	0,41
Total	186,87	3504,78	0,00	12,74
\bar{x}	18,69			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(3504,78) - (186,87)^2}}{186,87} \right]^2 = 5,84$$

Karena $N' < N$, dimana $5,84 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

25. Uji kecukupan data operator Puji A

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	17,94	321,84	-0,08	0,01
2	18,57	344,84	0,55	0,30
3	18,95	359,10	0,93	0,86
4	16,80	282,24	-1,22	1,49
5	17,84	318,27	-0,18	0,03
6	19,41	376,75	1,39	1,93
7	18,75	351,56	0,73	0,53
8	16,62	276,22	-1,40	1,97
9	17,51	306,60	-0,51	0,26
10	17,83	317,91	-0,19	0,04
Total	180,22	3255,34	0,00	7,42
xbar	18,02			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(3255,34) - (180,22)^2}}{180,22} \right]^2 = 3,65$$

Karena $N' < N$, dimana $3,65 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

26. Uji kecukupan data operator Sepi

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	28,07	787,92	-0,26	0,07
2	30,12	907,21	1,79	3,19
3	27,56	759,55	-0,77	0,60
4	28,33	802,59	0,00	0,00
5	29,18	851,47	0,85	0,72
6	28,04	786,24	-0,29	0,09
7	28,28	799,76	-0,05	0,00
8	29,25	855,56	0,92	0,84
9	27,35	748,02	-0,98	0,97
10	27,16	737,67	-1,17	1,38
Total	283,34	8036,00	0,00	7,85
\bar{x}	28,33			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(8036,00) - (283,34)^2}}{283,34} \right]^2 = 1,56$$

Karena $N' < N$, dimana $1,56 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

27. Uji kecukupan data operator Novi

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	21,21	449,86	-1,10	1,21
2	20,63	425,60	-1,68	2,83
3	24,08	579,85	1,77	3,13
4	22,78	518,93	0,47	0,22
5	23,85	568,82	1,54	2,37
6	24,33	591,95	2,02	4,07
7	22,87	523,04	0,56	0,31
8	21,12	446,05	-1,19	1,42
9	20,90	436,81	-1,41	1,99
10	21,35	455,82	-0,96	0,93
Total	223,12	4996,73	0,00	18,48
\bar{x}	22,31			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(4996,73) - (223,12)^2}}{223,12} \right]^2 = 5,94$$

Karena $N' < N$, dimana $5,94 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

28. Uji kecukupan data operator Heri

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	27,48	755,15	-1,30	1,68
2	28,35	803,72	-0,43	0,18
3	28,61	818,53	-0,17	0,03
4	27,85	775,62	-0,93	0,86
5	29,42	865,54	0,64	0,41
6	28,66	821,40	-0,12	0,01
7	29,39	863,77	0,61	0,38
8	29,94	896,40	1,16	1,35
9	28,28	799,76	-0,50	0,25
10	29,78	886,85	1,00	1,01
Total	287,76	8286,74	0,00	6,16
\bar{x}	28,78			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(8286,74) - (287,76)^2}}{287,76} \right]^2 = 1,19$$

Karena $N' < N$, dimana $1,19 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

29. Uji kecukupan data operator Yuni L

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	5,32	28,30	-0,45	0,20
2	5,56	30,91	-0,21	0,04
3	5,45	29,70	-0,32	0,10
4	6,10	37,21	0,33	0,11
5	5,84	34,11	0,07	0,00
6	5,95	35,40	0,18	0,03
7	6,18	38,19	0,41	0,17
8	5,48	30,03	-0,29	0,09
9	6,21	38,56	0,44	0,19
10	5,63	31,70	-0,14	0,02
Total	57,72	334,12	0,00	0,96
\bar{x}	5,77			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(334,12) - (57,72)^2}}{57,72} \right]^2 = 4,61$$

Karena $N' < N$, dimana $4,61 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

30. Uji kecukupan data operator Fikri

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	13,56	183,87	-0,13	0,02
2	14,15	200,22	0,46	0,21
3	13,00	169,00	-0,69	0,47
4	13,32	177,42	-0,37	0,14
5	14,55	211,70	0,86	0,74
6	13,47	181,44	-0,22	0,05
7	14,28	203,92	0,59	0,35
8	13,02	169,52	-0,67	0,45
9	14,18	201,07	0,49	0,24
10	13,36	178,49	-0,33	0,11
Total	136,89	1876,66	0,00	2,78
\bar{x}	13,69			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(1876,66) - (136,89)^2}}{136,89} \right]^2 = 2,37$$

Karena $N' < N$, dimana $2,37 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

31. Uji kecukupan data operator Yunita

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	22,56	508,95	0,09	0,01
2	21,82	476,11	-0,65	0,42
3	24,51	600,74	2,04	4,17
4	22,37	500,42	-0,10	0,01
5	21,68	470,02	-0,79	0,62
6	20,98	440,16	-1,49	2,21
7	23,90	571,21	1,43	2,05
8	22,75	517,56	0,28	0,08
9	21,83	476,55	-0,64	0,41
10	22,28	496,40	-0,19	0,04
Total	224,68	5058,13	0,00	10,02
\bar{x}	22,47			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(5058,13) - (224,68)^2}}{224,68} \right]^2 = 3,17$$

Karena $N' < N$, dimana $3,17 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

32. Uji kecukupan data operator Hasmi

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	36,84	1357,19	0,89	0,80
2	35,97	1293,84	0,02	0,00
3	35,55	1263,80	-0,40	0,16
4	36,72	1348,36	0,77	0,60
5	35,66	1271,64	-0,29	0,08
6	35,58	1265,94	-0,37	0,13
7	36,79	1353,50	0,84	0,71
8	35,75	1278,06	-0,20	0,04
9	35,61	1268,07	-0,34	0,11
10	34,98	1223,60	-0,97	0,93
Total	359,45	12924,00	0,00	3,57
\bar{x}	35,95			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(12924,00) - (359,45)^2}}{359,45} \right]^2 = 0,44$$

Karena $N' < N$, dimana $0,44 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

33. Uji kecukupan data operator Puji

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	27,13	736,04	-0,67	0,45
2	27,49	755,70	-0,31	0,10
3	27,10	734,41	-0,70	0,49
4	29,52	871,43	1,72	2,95
5	28,63	819,68	0,83	0,69
6	27,26	743,11	-0,54	0,29
7	29,12	847,97	1,32	1,74
8	27,49	755,70	-0,31	0,10
9	27,58	760,66	-0,22	0,05
10	26,70	712,89	-1,10	1,21
Total	278,02	7737,58	0,00	8,07
xbar	27,80			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(7737,58) - (278,02)^2}}{278,02} \right]^2 = 1,67$$

Karena $N' < N$, dimana $1,67 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

34. Uji kecukupan data operator Putri

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	16,47	271,26	-0,40	0,16
2	17,45	304,50	0,58	0,34
3	16,29	265,36	-0,58	0,33
4	18,08	326,89	1,21	1,47
5	16,89	285,27	0,02	0,00
6	16,18	261,79	-0,69	0,47
7	15,67	245,55	-1,20	1,43
8	17,81	317,20	0,94	0,89
9	17,24	297,22	0,37	0,14
10	16,58	274,90	-0,29	0,08
Total	168,66	2849,94	0,00	5,32
\bar{x}	16,87			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(2849,94) - (168,66)^2}}{168,66} \right]^2 = 2,99$$

Karena $N' < N$, dimana $2,99 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

35. Uji kecukupan data operator Anis

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	114,00	12996,00	1,90	3,61
2	112,00	12544,00	-0,10	0,01
3	116,00	13456,00	3,90	15,21
4	111,00	12321,00	-1,10	1,21
5	108,00	11664,00	-4,10	16,81
6	115,00	13225,00	2,90	8,41
7	112,00	12544,00	-0,10	0,01
8	109,00	11881,00	-3,10	9,61
9	113,00	12769,00	0,90	0,81
10	111,00	12321,00	-1,10	1,21
Total	1121,00	125721,00	0,00	56,90
\bar{x}	112,10			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(125721,00) - (1121,00)^2}}{1121,00} \right]^2 = 0,72$$

Karena $N' < N$, dimana $0,72 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

36. Uji kecukupan data operator Eni

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	124,00	15376,00	1,10	1,21
2	122,00	14884,00	-0,90	0,81
3	121,00	14641,00	-1,90	3,61
4	124,00	15376,00	1,10	1,21
5	123,00	15129,00	0,10	0,01
6	126,00	15876,00	3,10	9,61
7	125,00	15625,00	2,10	4,41
8	122,00	14884,00	-0,90	0,81
9	121,00	14641,00	-1,90	3,61
10	121,00	14641,00	-1,90	3,61
Total	1229,00	151073,00	0,00	28,90
\bar{x}	122,90			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(151073,00) - (1229,00)^2}}{1229,00} \right]^2 = 0,31$$

Karena $N' < N$, dimana $0,31 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

37. Uji kecukupan data operator Karni

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	125,00	15625,00	3,30	10,89
2	127,00	16129,00	5,30	28,09
3	122,00	14884,00	0,30	0,09
4	119,00	14161,00	-2,70	7,29
5	122,00	14884,00	0,30	0,09
6	124,00	15376,00	2,30	5,29
7	119,00	14161,00	-2,70	7,29
8	121,00	14641,00	-0,70	0,49
9	118,00	13924,00	-3,70	13,69
10	120,00	14400,00	-1,70	2,89
Total	1217,00	148185,00	0,00	76,10
\bar{x}	121,70			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(148185,00) - (1217,00)^2}}{1217,00} \right]^2 = 0,82$$

Karena $N' < N$, dimana $0,82 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

38. Uji kecukupan data operator Syariatun

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	108,00	11664,00	-2,20	4,84
2	105,00	11025,00	-5,20	27,04
3	111,00	12321,00	0,80	0,64
4	109,00	11881,00	-1,20	1,44
5	113,00	12769,00	2,80	7,84
6	108,00	11664,00	-2,20	4,84
7	115,00	13225,00	4,80	23,04
8	112,00	12544,00	1,80	3,24
9	114,00	12996,00	3,80	14,44
10	107,00	11449,00	-3,20	10,24
Total	1102,00	121538,00	0,00	97,60
\bar{x}	110,20			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(121538,00) - (1102,00)^2}}{1102,00} \right]^2 = 1,29$$

Karena $N' < N$, dimana $1,29 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

39. Uji kecukupan data operator Rian

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	121,00	14641,00	-0,10	0,01
2	123,00	15129,00	1,90	3,61
3	120,00	14400,00	-1,10	1,21
4	124,00	15376,00	2,90	8,41
5	119,00	14161,00	-2,10	4,41
6	122,00	14884,00	0,90	0,81
7	120,00	14400,00	-1,10	1,21
8	121,00	14641,00	-0,10	0,01
9	118,00	13924,00	-3,10	9,61
10	123,00	15129,00	1,90	3,61
Total	1211,00	146685,00	0,00	32,90
\bar{x}	121,10			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(146685,00) - (1211,00)^2}}{1211,00} \right]^2 = 0,36$$

Karena $N' < N$, dimana $0,36 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

40. Uji kecukupan data operator Katon

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	130,00	16900,00	2,10	4,41
2	127,00	16129,00	-0,90	0,81
3	125,00	15625,00	-2,90	8,41
4	127,00	16129,00	-0,90	0,81
5	129,00	16641,00	1,10	1,21
6	126,00	15876,00	-1,90	3,61
7	128,00	16384,00	0,10	0,01
8	131,00	17161,00	3,10	9,61
9	127,00	16129,00	-0,90	0,81
10	129,00	16641,00	1,10	1,21
Total	1279,00	163615,00	0,00	30,90
\bar{x}	127,90			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(163615,00) - (1279,00)^2}}{1279,00} \right]^2 = 0,30$$

Karena $N' < N$, dimana $0,30 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

41. Uji kecukupan data operator Gesti

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	13,86	192,10	-0,26	0,07
2	14,44	208,51	0,32	0,10
3	14,26	203,35	0,14	0,02
4	13,57	184,14	-0,55	0,30
5	15,24	232,26	1,12	1,26
6	13,39	179,29	-0,73	0,53
7	15,16	229,83	1,04	1,09
8	13,65	186,32	-0,47	0,22
9	14,39	207,07	0,27	0,07
10	13,21	174,50	-0,91	0,82
Total	141,17	1997,38	0,00	4,48
\bar{x}	14,12			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(1997,38) - (141,17)^2}}{141,17} \right]^2 = 3,60$$

Karena $N' < N$, dimana $3,60 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

42. Uji kecukupan data operator Yuni s

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	11,19	125,22	-0,50	0,25
2	10,58	111,94	-1,11	1,23
3	12,72	161,80	1,03	1,06
4	11,60	134,56	-0,09	0,01
5	13,12	172,13	1,43	2,05
6	13,35	178,22	1,66	2,76
7	12,29	151,04	0,60	0,36
8	11,28	127,24	-0,41	0,17
9	10,55	111,30	-1,14	1,30
10	10,21	104,24	-1,48	2,19
Total	116,89	1377,70	0,00	11,37
\bar{x}	11,69			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(1377,70) - (116,89)^2}}{116,89} \right]^2 = 8,31$$

Karena $N' < N$, dimana $8,31 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

43. Uji kecukupan data operator Dwi

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	18,87	356,08	-1,31	1,72
2	19,42	377,14	-0,76	0,58
3	21,11	445,63	0,93	0,86
4	19,35	374,42	-0,83	0,69
5	21,07	443,94	0,89	0,79
6	19,82	392,83	-0,36	0,13
7	20,29	411,68	0,11	0,01
8	21,20	449,44	1,02	1,04
9	20,72	429,32	0,54	0,29
10	19,95	398,00	-0,23	0,05
Total	201,80	4078,49	0,00	6,17
\bar{x}	20,18			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(4078,49) - (201,80)^2}}{201,80} \right]^2 = 2,42$$

Karena $N' < N$, dimana $2,42 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

44. Uji kecukupan data operator Geri

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	64,55	4166,70	-0,44	0,19
2	64,79	4197,74	-0,20	0,04
3	65,74	4321,75	0,75	0,57
4	66,26	4390,39	1,27	1,62
5	63,81	4071,72	-1,18	1,39
6	64,47	4156,38	-0,52	0,27
7	63,86	4078,10	-1,13	1,27
8	65,95	4349,40	0,96	0,93
9	65,78	4327,01	0,79	0,63
10	64,66	4180,92	-0,33	0,11
Total	649,87	42240,10	0,00	7,00
\bar{x}	64,99			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(42240,10) - (649,87)^2}}{649,87} \right]^2 = 0,27$$

Karena $N' < N$, dimana $0,27 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

45. Uji kecukupan data operator Yuni

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	70,71	4999,90	1,23	1,52
2	68,64	4711,45	-0,84	0,70
3	71,23	5073,71	1,75	3,07
4	69,58	4841,38	0,10	0,01
5	68,84	4738,95	-0,64	0,41
6	68,13	4641,70	-1,35	1,81
7	69,36	4810,81	-0,12	0,01
8	70,28	4939,28	0,80	0,64
9	68,52	4694,99	-0,96	0,92
10	69,48	4827,47	0,00	0,00
Total	694,77	48279,63	0,00	9,10
\bar{x}	69,48			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(48279,63) - (694,77)^2}}{694,77} \right]^2 = 0,30$$

Karena $N' < N$, dimana $0,30 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

46. Uji kecukupan data operator Sugeng

No	x	x ²	x- \bar{x}	(x- \bar{x}) ²
1	74,26	5514,55	-0,52	0,27
2	76,86	5907,46	2,08	4,31
3	74,95	5617,50	0,17	0,03
4	73,29	5371,42	-1,49	2,23
5	76,15	5798,82	1,37	1,87
6	74,34	5526,44	-0,44	0,20
7	73,25	5365,56	-1,53	2,35
8	75,33	5674,61	0,55	0,30
9	74,78	5592,05	0,00	0,00
10	74,62	5568,14	-0,16	0,03
Total	747,83	55936,56	0,00	11,59
\bar{x}	74,78			

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(55936,56) - (747,83)^2}}{747,83} \right]^2 = 0,33$$

Karena $N' < N$, dimana $0,33 < 10$ maka data cukup sehingga tidak diperlukan penambahan data.

LAMPIRAN C

(Uji Keseragaman Data)

1. Uji keseragaman data operator Lena

a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

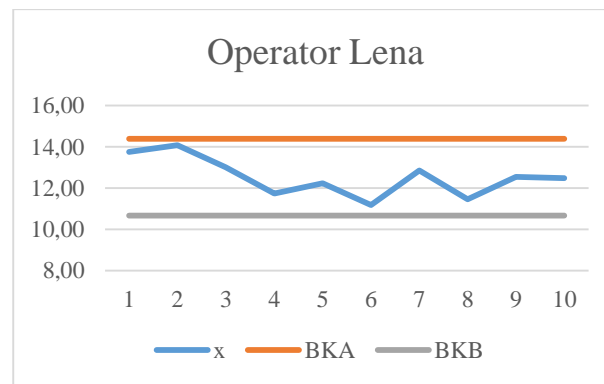
$$\sigma = \sqrt{\frac{7,86}{9}} = 0,93$$

b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$\text{BKA} = \bar{x} + k\sigma = 12,54 + 2(0,93) = 14,40$$

$$\text{BKB} = \bar{x} - k\sigma = 12,54 - 2(0,93) = 10,67$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.1.



Gambar LC.1 Grafik uji keseragaman data Lena

2. Uji keseragaman data operator Eka

a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

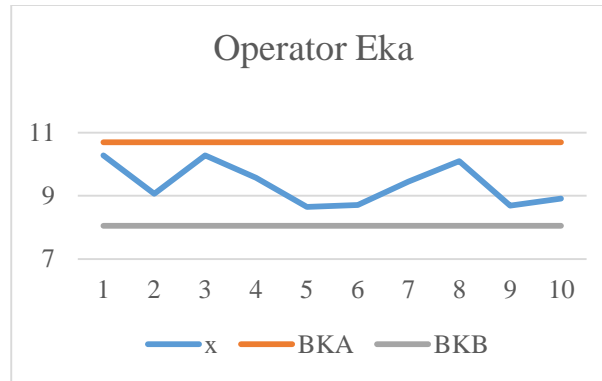
$$\sigma = \sqrt{\frac{3,95}{9}} = 0,66$$

b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$\text{BKA} = \bar{x} + k\sigma = 9,37 + 2(0,66) = 10,70$$

$$\text{BKB} = \bar{x} - k\sigma = 9,37 - 2(0,66) = 8,05$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.2.



Gambar LC.2 Grafik uji keseragaman data Eka

3. Uji keseragaman data operator Neli

a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

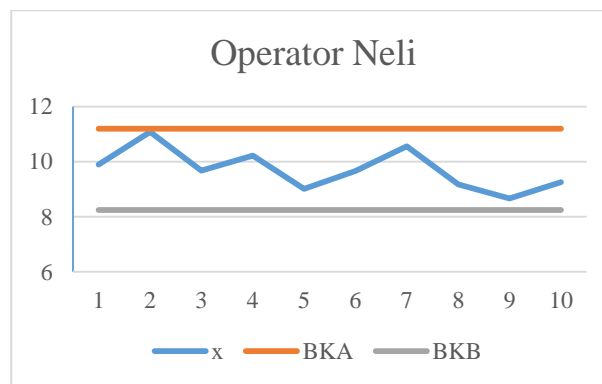
$$\sigma = \sqrt{\frac{4,94}{9}} = 0,74$$

b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 9,72 + 2(0,74) = 11,21$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 9,72 - 2(0,74) = 8,24$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.3.



Gambar LC.3 Grafik uji keseragaman data Neli

4. Uji keseragaman data operator Bonita

a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

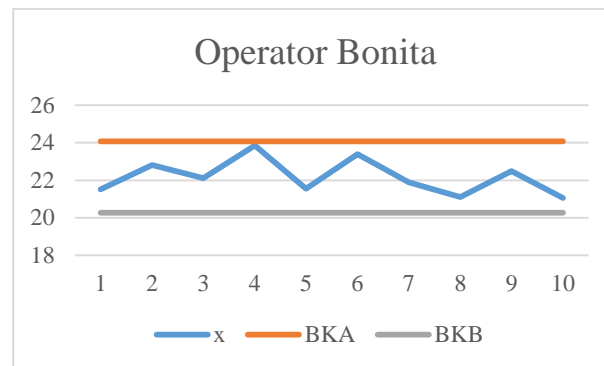
$$\sigma = \sqrt{\frac{8,13}{9}} = 0,95$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 22,18 + 2(0,95) = 24,08$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 22,18 - 2(0,95) = 20,28$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.4.



Gambar LC.4 Grafik uji keseragaman data Bonita

5. Uji keseragaman data operator Heni

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

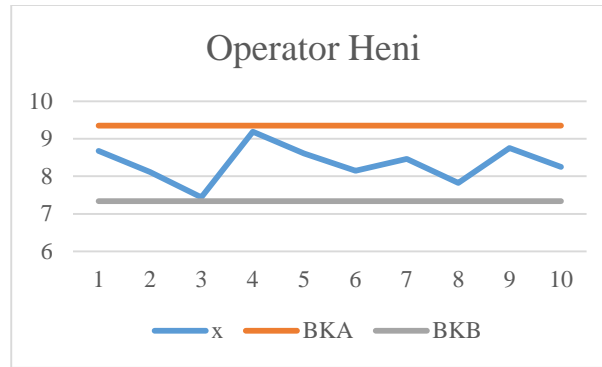
$$\sigma = \sqrt{\frac{2,27}{9}} = 0,50$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 8,35 + 2(0,50) = 9,35$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 8,35 - 2(0,50) = 7,34$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.5.



Gambar LC.5 Grafik uji keseragaman data Heni

6. Uji keseragaman data operator Yulita

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

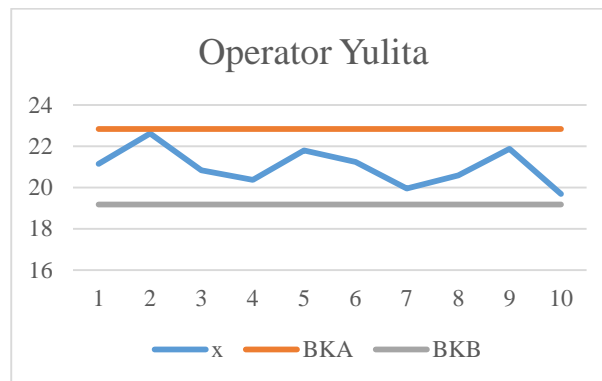
$$\sigma = \sqrt{\frac{7,50}{9}} = 0,91$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 21,01 + 2(0,91) = 22,83$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 21,01 - 2(0,91) = 19,18$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.6.



Gambar LC.6 Grafik uji keseragaman data Yulita

7. Uji keseragaman data operator Septi

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

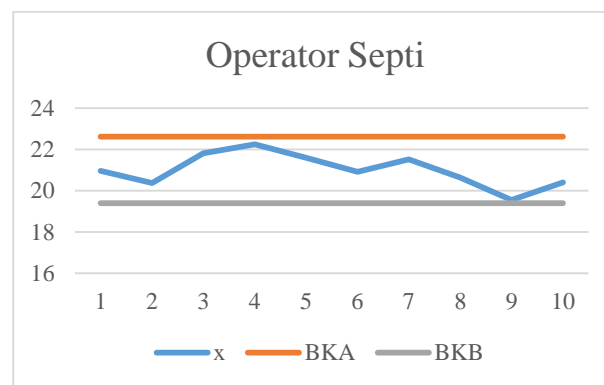
$$\sigma = \sqrt{\frac{5,84}{9}} = 0,81$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$\text{BKA} = \bar{x} + k\sigma = 21,00 + 2(0,81) = 22,61$$

$$\text{BKB} = \bar{x} - k\sigma = 21,00 - 2(0,81) = 19,39$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.7.



Gambar LC.7 Grafik uji keseragaman data Septi

8. Uji keseragaman data operator Ummu

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

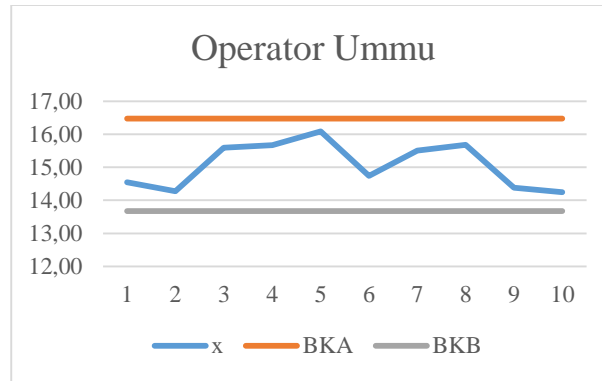
$$\sigma = \sqrt{\frac{4,39}{9}} = 0,7$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$\text{BKA} = \bar{x} + k\sigma = 15,07 + 2(0,7) = 16,47$$

$$\text{BKB} = \bar{x} - k\sigma = 15,07 - 2(0,7) = 13,68$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.8.



Gambar LC.8 Grafik uji keseragaman data Ummu

9. Uji keseragaman data operator Ike

a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

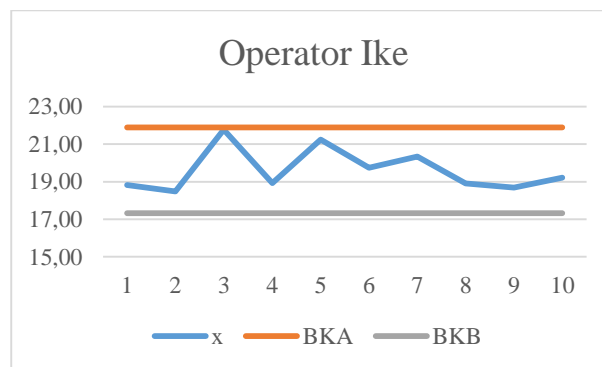
$$\sigma = \sqrt{\frac{11,76}{9}} = 1,14$$

b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 19,61 + 2(1,14) = 21,90$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 19,61 - 2(1,14) = 17,33$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.9.



Gambar LC.9 Grafik uji keseragaman data Ike

10. Uji keseragaman data operator Prapti

a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

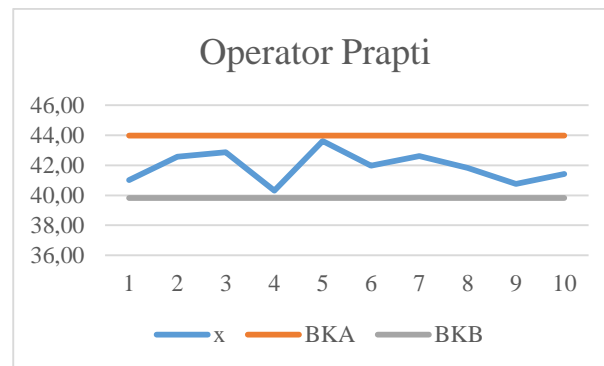
$$\sigma = \sqrt{\frac{9,68}{9}} = 1,04$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 41,90 + 2(1,04) = 43,97$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 41,90 - 2(1,04) = 38,82$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.10.



Gambar LC.10 Grafik uji keseragaman data Prapti

11. Uji keseragaman data operator Siti M

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

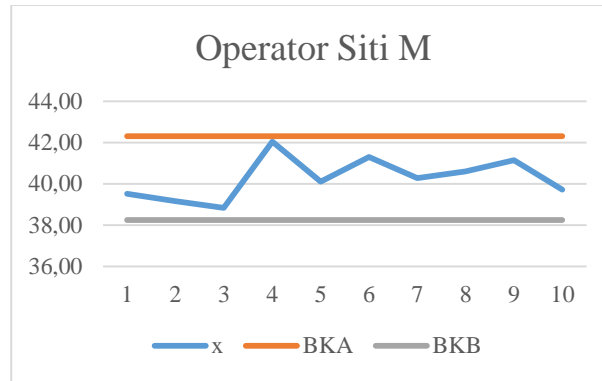
$$\sigma = \sqrt{\frac{9,30}{9}} = 1,02$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 40,27 + 2(1,02) = 42,30$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 40,27 - 2(1,02) = 38,24$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.11.



Gambar LC.11 Grafik uji keseragaman data Siti M

12. Uji keseragaman data operator Irfa

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

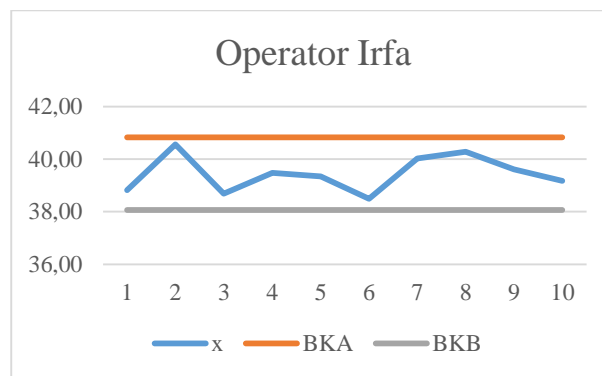
$$\sigma = \sqrt{\frac{4,29}{9}} = 0,69$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 39,45 + 2(0,69) = 40,83$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 39,45 - 2(0,69) = 38,07$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.12.



Gambar LC.12 Grafik uji keseragaman data Irfa

13. Uji keseragaman data operator Yani

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

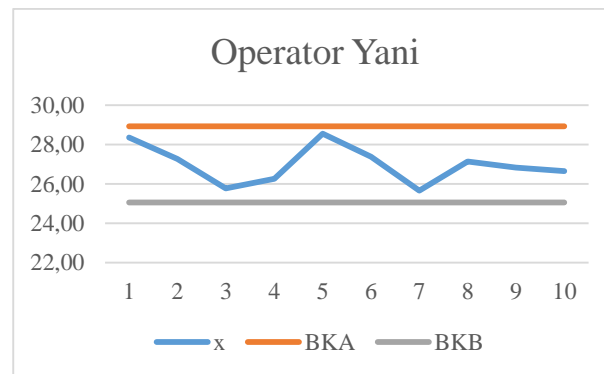
$$\sigma = \sqrt{\frac{8,46}{9}} = 0,97$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 26,99 + 2(0,97) = 28,93$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 26,99 - 2(0,97) = 25,05$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.13.



Gambar LC.13 Grafik uji keseragaman data Yani

14. Uji keseragaman data operator Susmiati

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

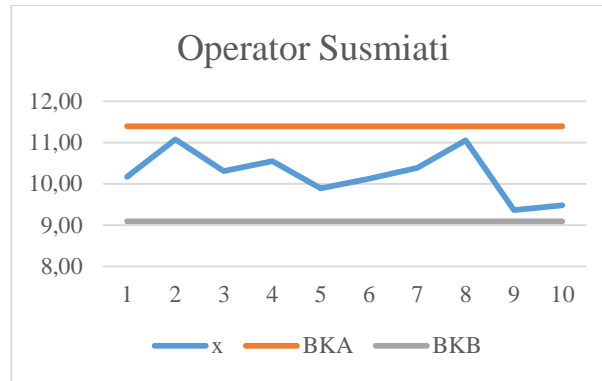
$$\sigma = \sqrt{\frac{7,50}{9}} = 0,58$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 10,24 + 2(0,58) = 11,39$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 10,24 - 2(0,58) = 9,09$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.14.



Gambar LC.14 Grafik uji keseragaman data Susmiati

15. Uji keseragaman data operator Ani

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

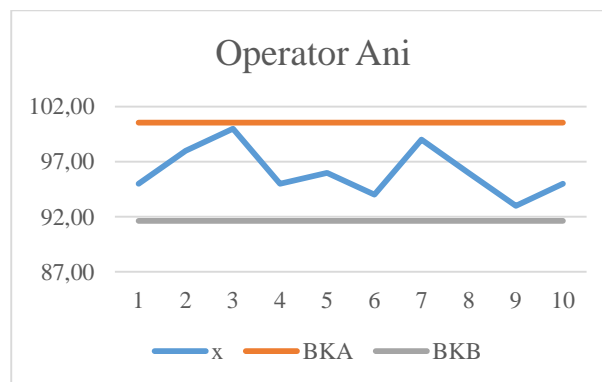
$$\sigma = \sqrt{\frac{44,90}{9}} = 2,23$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 96,10 + 2(2,23) = 100,57$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 96,10 - 2(2,23) = 91,63$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.15.



Gambar LC.15 Grafik uji keseragaman data Ani

16. Uji keseragaman data operator Bagus

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

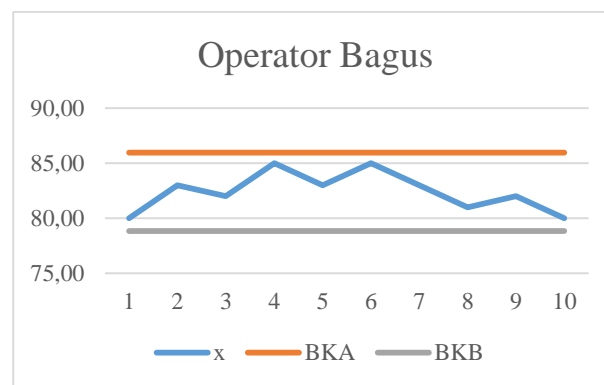
$$\sigma = \sqrt{\frac{28,40}{9}} = 1,78$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 82,40 + 2(1,78) = 85,95$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 82,40 - 2(1,78) = 78,85$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.16.



Gambar LC.16 Grafik uji keseragaman data Bagus

17. Uji keseragaman data operator Nur Wahyu

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

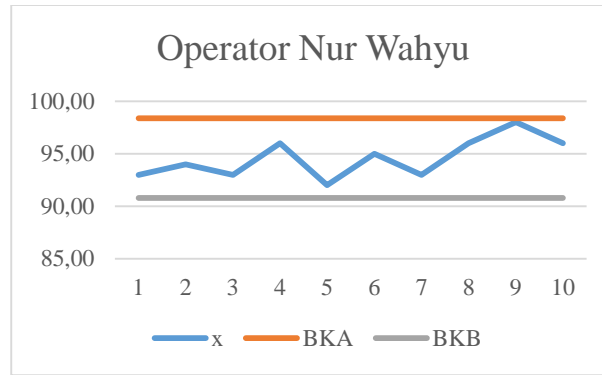
$$\sigma = \sqrt{\frac{32,40}{9}} = 1,90$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 94,60 + 2(1,90) = 98,39$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 94,60 - 2(1,90) = 90,81$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.17.



Gambar LC.17 Grafik uji keseragaman data Nur Wahyu

18. Uji keseragaman data operator Prasmita

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

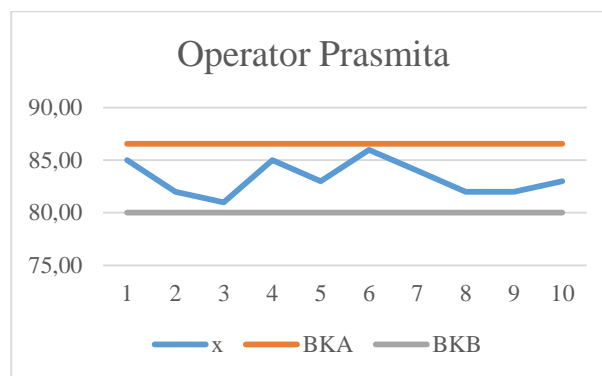
$$\sigma = \sqrt{\frac{24,10}{9}} = 1,64$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 83,30 + 2(1,64) = 86,57$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 83,30 - 2(1,64) = 80,03$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.18.



Gambar LC.18 Grafik uji keseragaman data Prasmita

19. Uji keseragaman data operator Sumiyati

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

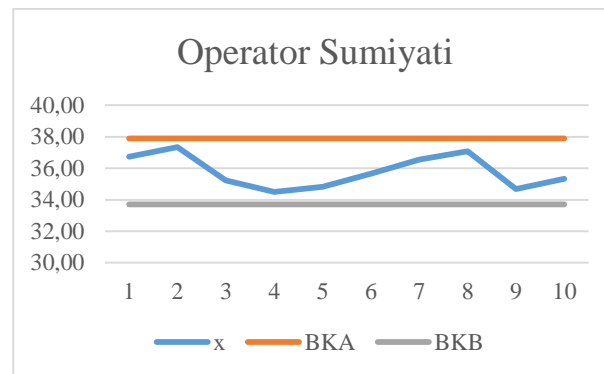
$$\sigma = \sqrt{\frac{9,89}{9}} = 1,05$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 35,79 + 2(1,05) = 37,89$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 35,79 - 2(1,05) = 33,70$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.19.



Gambar LC.19 Grafik uji keseragaman data Sumiyati

20. Uji keseragaman data operator Mistin

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

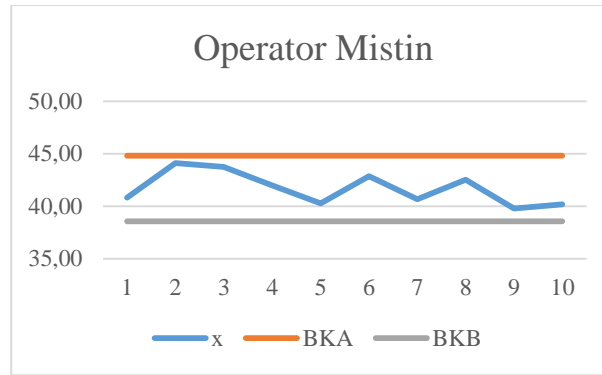
$$\sigma = \sqrt{\frac{21,97}{9}} = 1,56$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 41,70 + 2(1,56) = 44,82$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 41,70 - 2(1,56) = 38,57$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.20.



Gambar LC.20 Grafik uji keseragaman data Mistin

21. Uji keseragaman data operator Wahyu

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

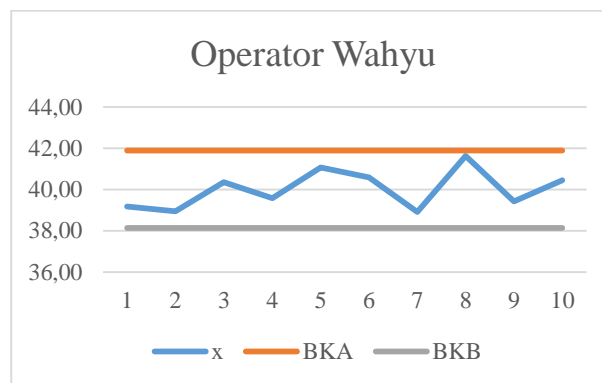
$$\sigma = \sqrt{\frac{7,93}{9}} = 0,94$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 40,01 + 2(0,94) = 41,89$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 40,01 - 2(0,94) = 38,13$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.21.



Gambar LC.21 Grafik uji keseragaman data Wahyu

22. Uji keseragaman data operator Rika

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

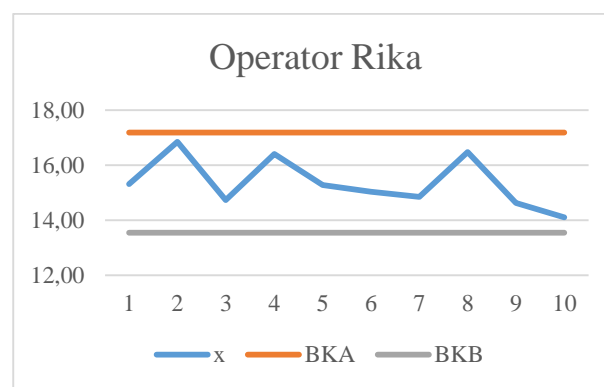
$$\sigma = \sqrt{\frac{7,45}{9}} = 0,91$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$\text{BKA} = \bar{x} + k\sigma = 15,37 + 2(0,91) = 17,19$$

$$\text{BKB} = \bar{x} - k\sigma = 15,37 - 2(0,91) = 13,55$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.22.



Gambar LC.22 Grafik uji keseragaman data Rika

23. Uji keseragaman data operator Santi

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

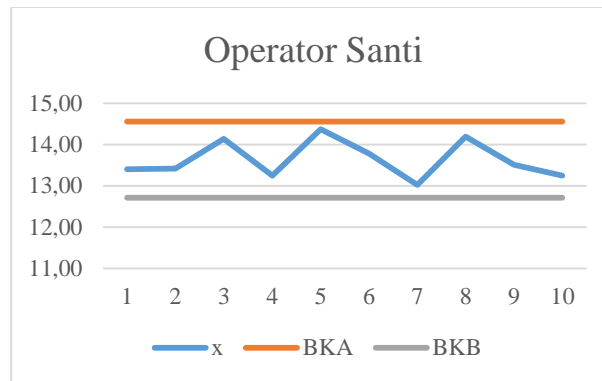
$$\sigma = \sqrt{\frac{1,92}{9}} = 0,46$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$\text{BKA} = \bar{x} + k\sigma = 13,63 + 2(0,46) = 14,56$$

$$\text{BKB} = \bar{x} - k\sigma = 13,63 - 2(0,46) = 12,71$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.23.



Gambar LC.23 Grafik uji keseragaman data Santi

24. Uji keseragaman data operator Lasmiati

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

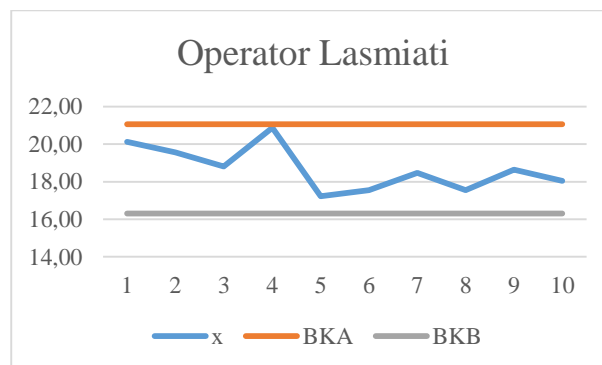
$$\sigma = \sqrt{\frac{12,74}{9}} = 1,19$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 18,69 + 2(1,19) = 21,07$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 18,69 - 2(1,19) = 16,31$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.21.



Gambar LC.24 Grafik uji keseragaman data Lasmiati

25. Uji keseragaman data operator Puji A

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

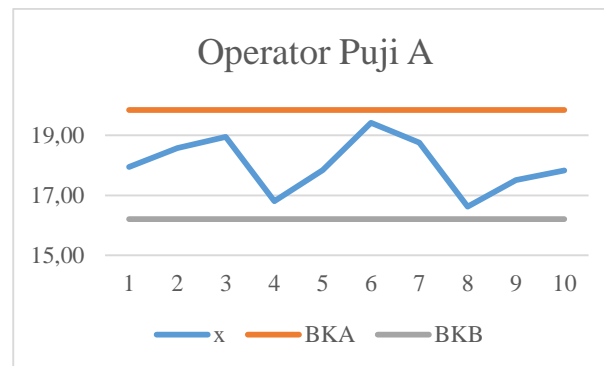
$$\sigma = \sqrt{\frac{7,94}{9}} = 0,91$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 18,02 + 2(0,91) = 19,84$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 18,02 - 2(0,91) = 16,21$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.25.



Gambar LC.25 Grafik uji keseragaman data Mistin

26. Uji keseragaman data operator Sepi

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

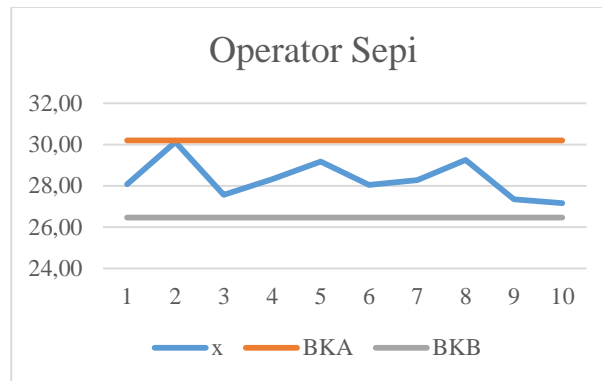
$$\sigma = \sqrt{\frac{7,85}{9}} = 0,93$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 28,33 + 2(0,93) = 30,20$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 28,33 - 2(0,93) = 26,47$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.26.



Gambar LC.26 Grafik uji keseragaman data Sepi

27. Uji keseragaman data operator Novi

a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

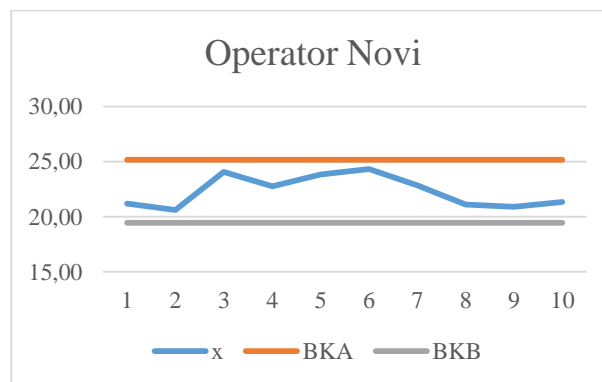
$$\sigma = \sqrt{\frac{18,48}{9}} = 1,43$$

b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 22,31 + 2(1,43) = 25,18$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 22,31 - 2(1,43) = 19,45$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.27.



Gambar LC.27 Grafik uji keseragaman data Novi

28. Uji keseragaman data operator Heri

a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

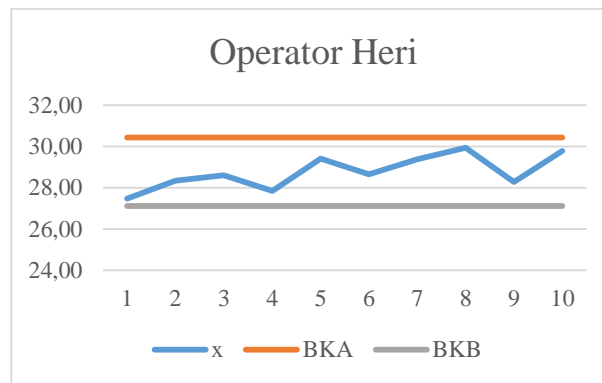
$$\sigma = \sqrt{\frac{6,16}{9}} = 0,83$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 28,73 + 2(0,83) = 30,43$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 28,73 - 2(0,83) = 27,12$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.28.



Gambar LC.28 Grafik uji keseragaman data Heri

29. Uji keseragaman data operator Yuni L

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

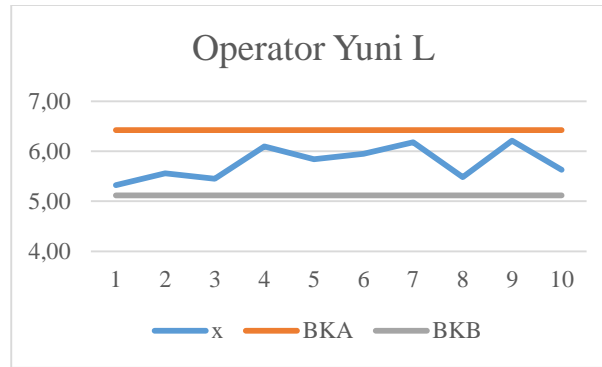
$$\sigma = \sqrt{\frac{0,96}{9}} = 0,33$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 5,77 + 2(0,33) = 6,43$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 5,77 - 2(0,33) = 5,12$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.29.



Gambar LC.29 Grafik uji keseragaman data Yuni L

30. Uji keseragaman data operator Fikri

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

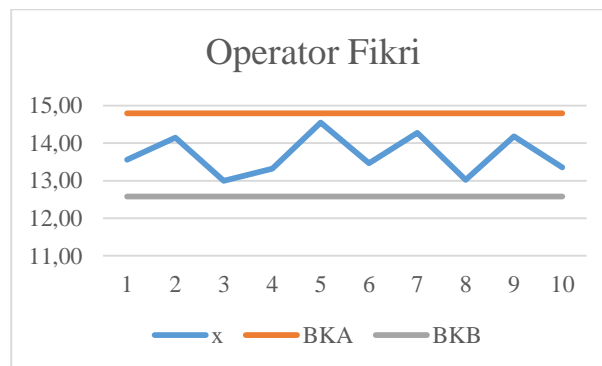
$$\sigma = \sqrt{\frac{2,78}{9}} = 0,56$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 13,69 + 2(0,56) = 14,80$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 13,69 - 2(0,56) = 12,58$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.30.



Gambar LC.30 Grafik uji keseragaman data Fikri

31. Uji keseragaman data operator Yunita

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

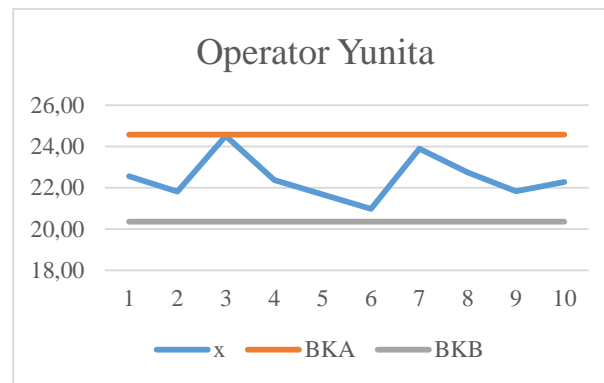
$$\sigma = \sqrt{\frac{10,02}{9}} = 1,05$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 22,47 + 2(1,05) = 24,58$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 22,47 - 2(1,05) = 20,36$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.31.



Gambar LC.31 Grafik uji keseragaman data Yunita

32. Uji keseragaman data operator Hasmi

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

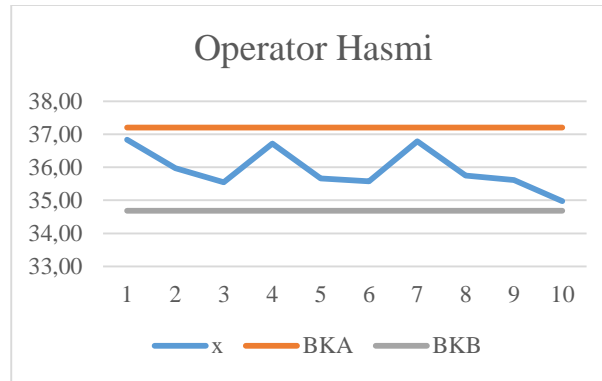
$$\sigma = \sqrt{\frac{3,57}{9}} = 0,63$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 35,95 + 2(0,63) = 37,20$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 35,95 - 2(0,63) = 34,69$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.32.



Gambar LC.32 Grafik uji keseragaman data Fikri

33. Uji keseragaman data operator Puji

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

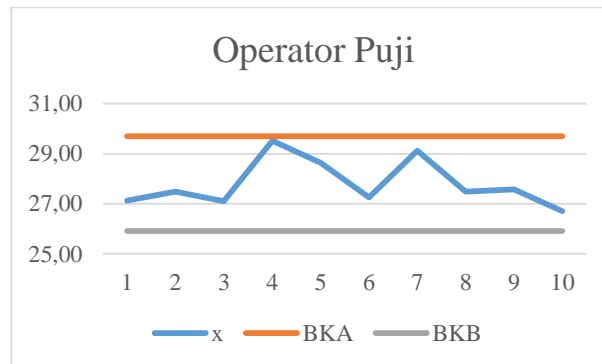
$$\sigma = \sqrt{\frac{8,07}{9}} = 0,95$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 27,80 + 2(0,95) = 29,70$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 27,80 - 2(0,95) = 25,91$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.33.



Gambar LC.33 Grafik uji keseragaman data Puji

34. Uji keseragaman data operator Putri

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

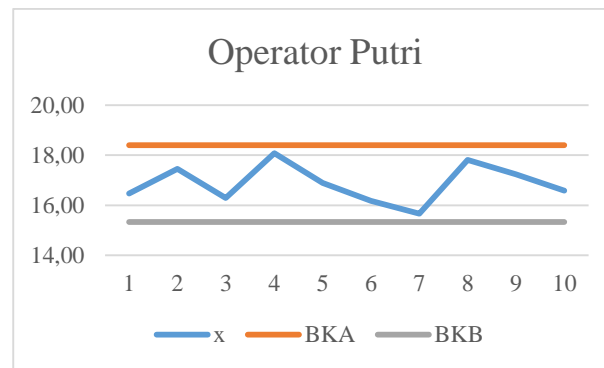
$$\sigma = \sqrt{\frac{5,32}{9}} = 0,77$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 16,87 + 2(0,77) = 18,40$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 16,87 - 2(0,77) = 15,33$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.34.



Gambar LC.34 Grafik uji keseragaman data Putri

35. Uji keseragaman data operator Anis

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

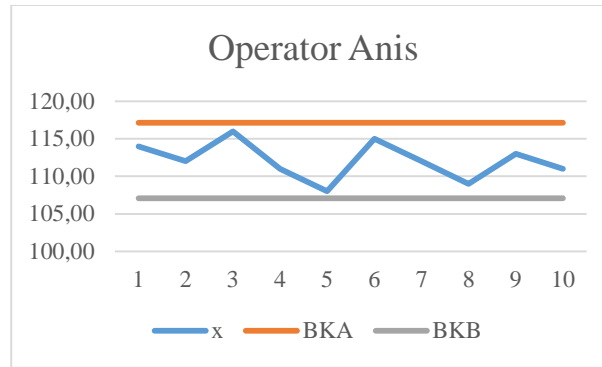
$$\sigma = \sqrt{\frac{56,90}{9}} = 2,51$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 112,10 + 2(2,51) = 117,13$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 112,10 - 2(2,51) = 107,07$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.35.



Gambar LC.35 Grafik uji keseragaman data Anis

36. Uji keseragaman data operator Eni

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

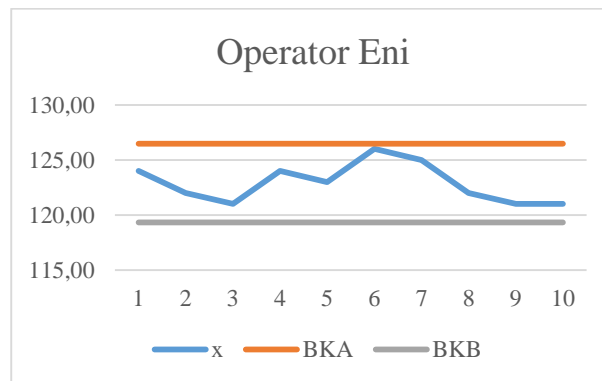
$$\sigma = \sqrt{\frac{28,90}{9}} = 1,79$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 122,90 + 2(1,79) = 126,48$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 122,90 - 2(1,79) = 119,32$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.36.



Gambar LC.36 Grafik uji keseragaman data Eni

37. Uji keseragaman data operator Karni

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

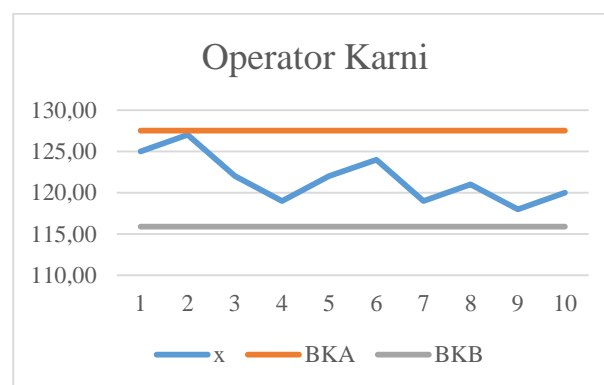
$$\sigma = \sqrt{\frac{76,10}{9}} = 2,91$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 121,70 + 2(2,91) = 127,52$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 121,70 - 2(2,91) = 115,88$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.37.



Gambar LC.37 Grafik uji keseragaman data Karni

38. Uji keseragaman data operator Syariatun

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

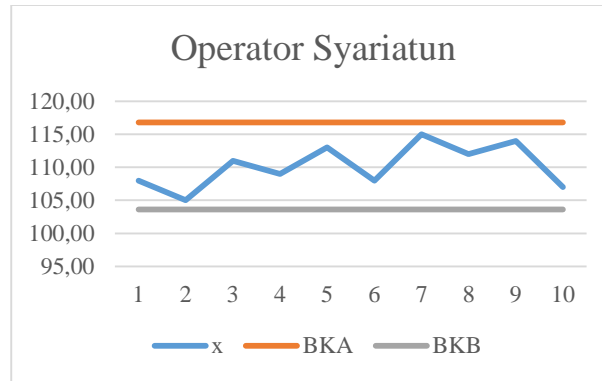
$$\sigma = \sqrt{\frac{97,60}{9}} = 3,29$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 110,20 + 2(3,29) = 116,79$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 110,20 - 2(3,29) = 103,61$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.38.



Gambar LC.38 Grafik uji keseragaman data Syariatun

39. Uji keseragaman data operator Rian

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

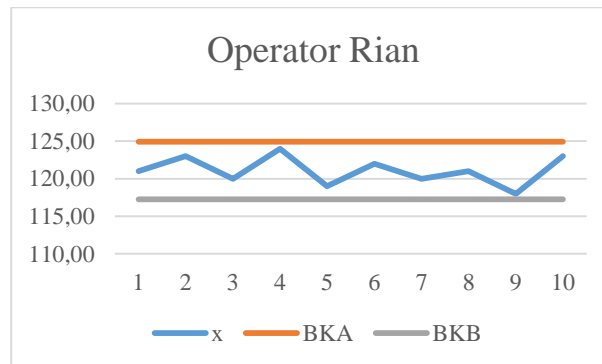
$$\sigma = \sqrt{\frac{32,90}{9}} = 1,91$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 121,10 + 2(1,91) = 124,92$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 121,10 - 2(1,91) = 117,28$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.39.



Gambar LC.39 Grafik uji keseragaman data Rian

40. Uji keseragaman data operator Katon

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

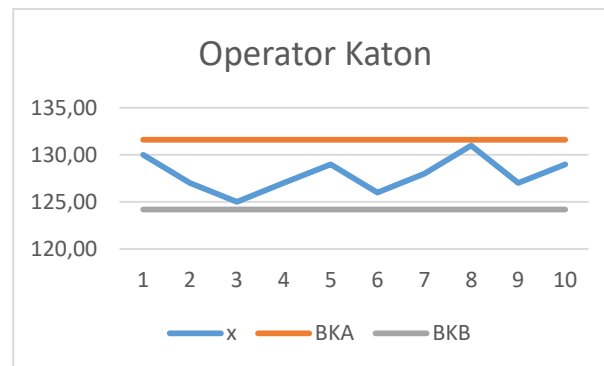
$$\sigma = \sqrt{\frac{30,90}{9}} = 1,85$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 127,90 + 2(1,85) = 131,61$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 127,90 - 2(1,85) = 124,19$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.40.



Gambar LC.40 Grafik uji keseragaman data Katon

41. Uji keseragaman data operator Gesti

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

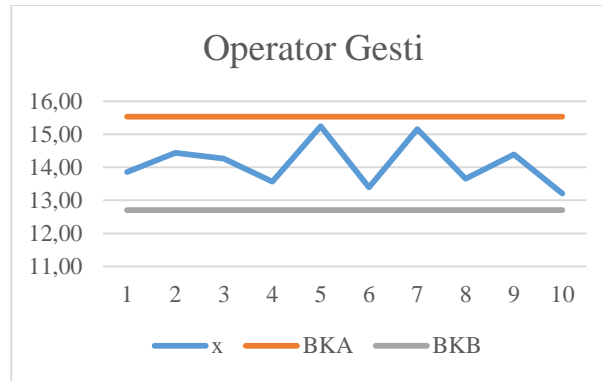
$$\sigma = \sqrt{\frac{4,48}{9}} = 0,71$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 14,12 + 2(0,71) = 15,53$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 14,12 - 2(0,71) = 12,71$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.41.



Gambar LC.41 Grafik uji keseragaman data Gestu

42. Uji keseragaman data operator Yuni S

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

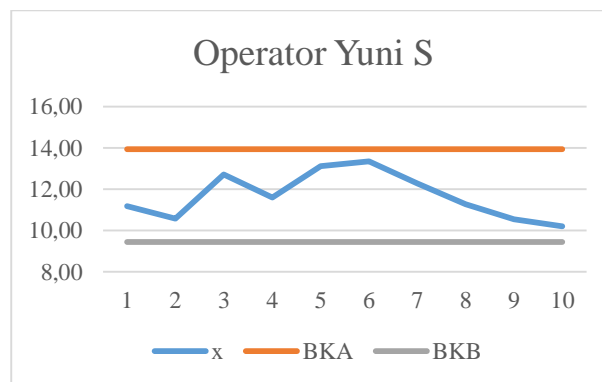
$$\sigma = \sqrt{\frac{11,37}{9}} = 1,12$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 11,69 + 2(1,12) = 13,94$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 11,69 - 2(1,12) = 9,44$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.42.



Gambar LC.42 Grafik uji keseragaman data Yuni S

43. Uji keseragaman data operator Dwi

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N-1}}$$

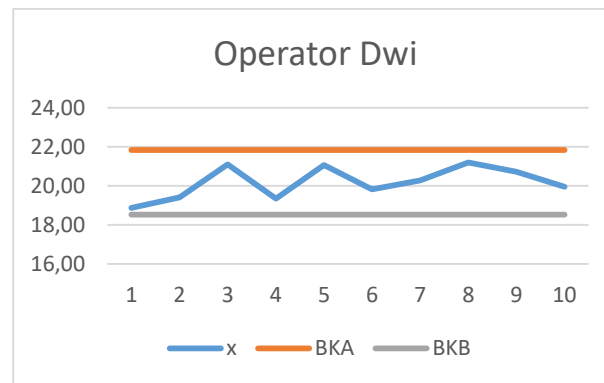
$$\sigma = \sqrt{\frac{6,17}{9}} = 0,83$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 20,18 + 2(0,83) = 21,84$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 20,18 - 2(0,83) = 18,52$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.43.



Gambar LC.43 Grafik uji keseragaman data Dwi

44. Uji keseragaman data operator Geri

- a. Nilai standar deviasi (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

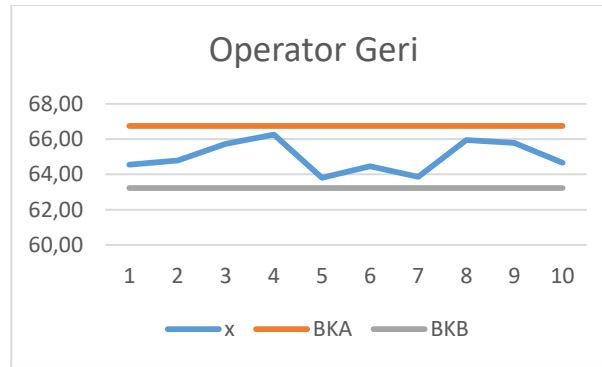
$$\sigma = \sqrt{\frac{7}{9}} = 0,88$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 64,99 + 2(0,88) = 66,75$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 64,99 - 2(0,88) = 63,22$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.44.



Gambar LC.44 Grafik uji keseragaman data Geri

45. Uji keseragaman data operator Yuni

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

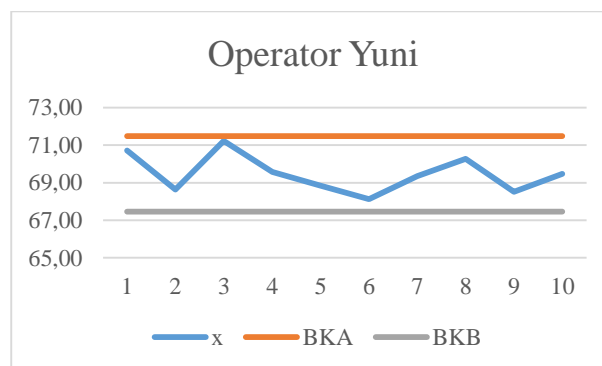
$$\sigma = \sqrt{\frac{9,10}{9}} = 1,01$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$BKA = \bar{x} + k\sigma = 69,48 + 2(1,01) = 71,49$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma = 69,48 - 2(1,01) = 67,47$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.45.



Gambar LC.45 Grafik uji keseragaman data Yuni

46. Uji keseragaman data operator Sugeng

- a. Nilai standar deviasi (
- σ
-)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

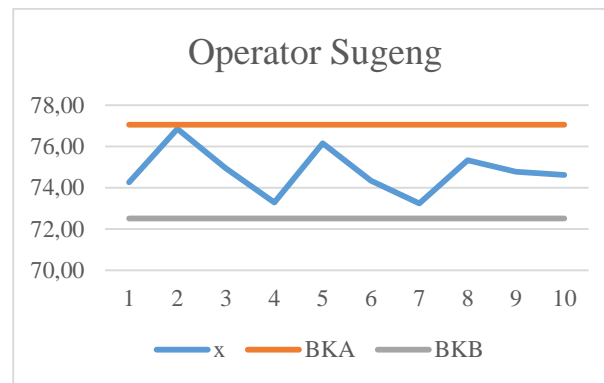
$$\sigma = \sqrt{\frac{11,59}{9}} = 1,13$$

- b. Nilai batas kendala atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB)

$$\text{BKA} = \bar{x} + k\sigma = 74,78 + 2(1,13) = 77,05$$

$$\text{BKB} = \bar{x} - k\sigma = 74,78 - 2(1,13) = 72,51$$

Sehingga dapat digambarkan grafik uji keseragaman data seperti pada Gambar LC.46.



Gambar LC.46 Grafik uji keseragaman data Sugeng

LAMPIRAN D

(Perhitungan Waktu Baku dan Efisiensi Operator)

LD.I Perhitungan waktu baku operator:**Rumus** perhitungan waktu baku:

- a. Waktu siklus (
- W_s
-)

$$W_s = \frac{\sum x}{n}$$

- b. Waktu normal (
- W_n
-)

$$W_n = W_s \times Rf$$

- c. Waktu baku (
- W_b
-)

$$W_b = W_n \times \frac{100\%}{100\% - Allowance}$$

1. Lena

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{13,75+14,08+13,01+11,74+12,23+11,19+12,85+11,47+12,55+12,48}{10} = 12,54 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 12,54 \text{ detik} \times 1 = 12,54 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 12,54 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 13,37 \text{ detik}$$

2. Lena

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{10,28+9,07+10,28+9,57+8,65+8,71+9,45+10,1+8,69+8,91}{10} = 9,37 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 9,37 \text{ detik} \times 1 = 9,37 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 9,37 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 10,00 \text{ detik}$$

3. Neli

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{9,9+11,08+9,68+10,22+9,02+9,67+10,56+9,18+8,67+9,26}{10} = 9,72 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 9,72 \text{ detik} \times 1 = 9,72 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 9,72 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 10,37 \text{ detik}$$

4. Bonita

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{21,51+22,82+22,12+23,85+21,55+23,4+21,89+21,11+22,48+21,05}{10} = 22,18 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 22,18 \text{ detik} \times 1 = 22,18 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 22,18 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 23,66 \text{ detik}$$

5. Heni

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{8,68+8,11+7,44+9,19+8,61+8,15+8,46+7,82+8,75+8,25}{10} = 8,35 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 8,35 \text{ detik} \times 1 = 8,35 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 8,35 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 8,90 \text{ detik}$$

6. Yulita

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{21,14+22,62+20,83+20,37+21,79+21,23+19,95+20,58+21,87+19,69}{10} = 21,01 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 21,01 \text{ detik} \times 1 = 21,01 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 21,01 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 22,41 \text{ detik}$$

7. Septi

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{20,96+20,37+21,81+22,25+21,6+20,92+21,52+20,63+19,55+20,41}{10} = 21,00 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 21,00 \text{ detik} \times 1 = 21,00 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 21,00 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 22,40 \text{ detik}$$

8. Ummu

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{14,55+14,28+15,59+15,67+16,09+14,74+15,51+15,68+14,38+14,25}{10} = 15,07 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 15,07 \text{ detik} \times 1 = 15,07 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 15,07 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 16,08 \text{ detik}$$

9. Ike

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{18,83+18,49+21,77+18,92+21,25+19,74+20,34+18,91+18,68+19,21}{10} = 19,61 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 19,61 \text{ detik} \times 1 = 19,61 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 19,61 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 20,92 \text{ detik}$$

10. Prapti

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{41,02+42,57+42,86+40,32+43,62+41,98+42,62+41,82+40,75+41,42}{10} = 41,90 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 41,90 \text{ detik} \times 1 = 41,90 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 41,90 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 44,69 \text{ detik}$$

11. Siti M

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{39,51+39,16+38,84+42,05+40,11+41,30+40,27+40,60+41,15+39,72}{10} = 40,27 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 40,27 \text{ detik} \times 1 = 40,27 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 40,27 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 42,96 \text{ detik}$$

12. Irfa

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{38,82+40,56+38,69+39,48+39,34+38,49+40,03+40,29+39,62+39,17}{10} = 39,45 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 39,45 \text{ detik} \times 1 = 39,45 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 39,45 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 42,08 \text{ detik}$$

13. Yuni

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{28,36+27,28+25,78+26,26+28,55+27,39+25,67+27,15+26,84+26,65}{10} = 26,99 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 26,99 \text{ detik} \times 1 = 26,99 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 26,99 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 28,79 \text{ detik}$$

14. Susmiati

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{10,17+11,08+10,31+10,55+9,89+10,12+10,39+11,05+9,36+9,48}{10} = 10,24 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 10,24 \text{ detik} \times 1 = 10,24 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 10,24 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 10,92 \text{ detik}$$

15. Ani

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{95,00+98,00+100,00+95,00+96,00+94,00+99,00+96,00+93,00+95,00}{10} = 96,10 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 96,10 \text{ detik} \times 1 = 96,10 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 96,10 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 102,51 \text{ detik}$$

16. Bagus

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{80,00+83,00+82,00+85,00+83,00+85,00+83,00+81,00+82,00+80,00}{10} = 82,40 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 82,40 \text{ detik} \times 1 = 82,40 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 82,40 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 87,89 \text{ detik}$$

17. Nur Wahyu

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{93,00+94,00+93,00+96,00+92,00+95,00+93,00+96,00+98,00+96,00}{10} = 94,60 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 94,60 \text{ detik} \times 1 = 94,60 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 94,60 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 100,91 \text{ detik}$$

18. Prasmita

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{85,00+82,00+81,00+85,00+83,00+86,00+84,00+82,00+82,00+83,00}{10} = 83,30 \text{ detik}$$

b. $W_n = 83,30 \text{ detik} \times 1 = 83,30 \text{ detik}$

c. $W_b = 83,30 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 88,85 \text{ detik}$

19. Sumiyati

a. $W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{36,73+37,35+35,22+34,50+34,83+35,65+36,56+37,07+34,69+35,34}{10} = 35,79 \text{ detik}$

b. $W_n = 35,79 \text{ detik} \times 1 = 35,79 \text{ detik}$

c. $W_b = 35,79 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 38,18 \text{ detik}$

20. Mistin

a. $W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{40,82+44,11+43,74+41,99+40,27+42,86+40,67+42,53+39,78+40,18}{10} = 41,70 \text{ detik}$

b. $W_n = 41,70 \text{ detik} \times 1 = 41,70 \text{ detik}$

c. $W_b = 41,70 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 44,47 \text{ detik}$

21. Wahyu

a. $W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{39,17+38,94+40,35+39,58+41,06+40,59+38,91+41,62+39,42}{10} = 40,01 \text{ detik}$

b. $W_n = 40,01 \text{ detik} \times 1 = 40,01 \text{ detik}$

c. $W_b = 40,01 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 42,68 \text{ detik}$

22. Rika

a. $W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{15,31+16,85+14,73+16,41+15,28+15,03+14,85+16,48+14,63}{10} = 15,37 \text{ detik}$

b. $W_n = 15,37 \text{ detik} \times 1 = 15,37 \text{ detik}$

c. $W_b = 15,37 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 15,37 \text{ detik}$

23. Santi

a. $W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{13,40+13,42+14,14+13,25+14,37+13,78+13,02+14,19+13,51}{10} = 13,63 \text{ detik}$

b. $W_n = 13,63 \text{ detik} \times 1 = 13,63 \text{ detik}$

c. $W_b = 13,63 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 13,63 \text{ detik}$

24. Lasmiasi

a. $W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{20,12+19,56+18,81+20,87+17,23+17,55+18,47+17,56+18,65+18,05}{10} = 18,69 \text{ detik}$

b. $W_n = 18,69 \text{ detik} \times 1 = 18,69 \text{ detik}$

c. $W_b = 18,69 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 19,93 \text{ detik}$

25. Puji

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{15,24+16,57+14,95+15,8+17,04+16,41+16,75+15,62+16,21+15,83}{10} = 17,11 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 16,04 \text{ detik} \times 1 = 16,04 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 16,04 \times \frac{100\%}{100\%-6,25\%} = 44,47 \text{ detik}$$

26. Sepi

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{28,07+30,12+27,56+28,33+29,18+28,04+28,28+29,25+27,35+27,16}{10} = 28,33 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 28,33 \text{ detik} \times 1 = 28,33 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 28,33 \times \frac{100\%}{100\%-6,25\%} = 30,22 \text{ detik}$$

27. Novi

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{21,21+20,63+24,08+22,78+23,85+24,33+22,87+21,12+20,9+21,35}{10} = 22,31 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 22,31 \text{ detik} \times 1 = 22,31 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 22,31 \times \frac{100\%}{100\%-6,25\%} = 23,80 \text{ detik}$$

28. Heri

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{27,48+28,35+28,61+27,85+29,42+28,66+29,39+29,94+28,28+29,78}{10} = 28,78 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 28,78 \text{ detik} \times 1 = 28,78 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 28,78 \times \frac{100\%}{100\%-6,25\%} = 30,69 \text{ detik}$$

29. Yuni

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{5,32+5,56+5,45+6,1+5,84+5,95+6,18+5,48+6,21+5,63}{10} = 5,77 \text{ detik}$$

$$a. W_n = 5,77 \text{ detik} \times 1 = 5,77 \text{ detik}$$

$$b. W_b = 5,77 \times \frac{100\%}{100\%-6,25\%} = 6,16 \text{ detik}$$

30. Fikri

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{13,56+14,15+13+13,32+14,55+13,47+14,28+13,02+14,18+13,36}{10} = 13,69 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 13,69 \text{ detik} \times 1 = 13,69 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 13,69 \times \frac{100\%}{100\%-6,25\%} = 14,60 \text{ detik}$$

31. Yunita

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{22,56+21,82+24,51+22,37+21,68+20,98+23,9+22,75+21,83+22,28}{10} = 22,47 \text{ detik}$$

b. $W_n = 22,47 \text{ detik} \times 1 = 22,47 \text{ detik}$

c. $W_b = 22,47 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 23,97 \text{ detik}$

32. Hasmi

a. $W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{36,84+35,97+35,55+36,72+35,66+35,58+36,79+35,75+35,61+34,98}{10} = 35,95 \text{ detik}$

b. $W_n = 35,95 \text{ detik} \times 1 = 35,95 \text{ detik}$

c. $W_b = 35,95 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 38,34 \text{ detik}$

33. Puji

a. $W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{39,73+41,09+43,34+41,62+42,03+43,25+41,32+42,49+42,58+43,07}{10} = 42,05 \text{ detik}$

b. $W_n = 42,05 \text{ detik} \times 1 = 42,05 \text{ detik}$

c. $W_b = 42,05 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 44,86 \text{ detik}$

34. Putri

a. $W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{16,47+17,45+16,29+18,08+16,89+16,18+15,67+17,81+17,24+16,58}{10} = 16,87 \text{ detik}$

b. $W_n = 16,87 \text{ detik} \times 1 = 16,87 \text{ detik}$

c. $W_b = 16,87 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 17,99 \text{ detik}$

35. Anis

a. $W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{114+112+116+111+108+115+112+109+113+111}{10} = 112,10 \text{ detik}$

b. $W_n = 112,10 \text{ detik} \times 1 = 112,10 \text{ detik}$

c. $W_b = 112,10 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 119,57 \text{ detik}$

36. Eni

a. $W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{124+122+121+124+123+126+125+122+121+121}{10} = 122,90 \text{ detik}$

b. $W_n = 122,90 \text{ detik} \times 1 = 122,90 \text{ detik}$

c. $W_b = 122,90 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 131,09 \text{ detik}$

37. Karni

a. $W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{125+127+122+119+122+124+119+121+118+120}{10} = 121,70 \text{ detik}$

b. $W_n = 121,70 \text{ detik} \times 1 = 121,70 \text{ detik}$

c. $W_b = 121,70 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 129,81 \text{ detik}$

38. Syariatun

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{108+105+111+109+113+108+115+112+114+107}{10} = 110,20 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 110,20 \text{ detik} \times 1 = 110,20 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 110,20 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 117,55 \text{ detik}$$

39. Rian

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{121+123+120+124+119+122+120+121+118+123}{10} = 121,10 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 121,10 \text{ detik} \times 1 = 121,10 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 121,10 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 129,17 \text{ detik}$$

40. Katon

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{130+127+125+127+129+126+128+131+127+129}{10} = 127,90 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 127,90 \text{ detik} \times 1 = 127,90 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 127,90 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 136,43 \text{ detik}$$

41. Gesti

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{13,86+14,44+14,26+13,57+15,24+13,39+15,16+13,65+14,39+13,21}{10} = 14,12 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 14,12 \text{ detik} \times 1 = 14,12 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 14,12 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 15,06 \text{ detik}$$

42. Yuni S

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{11,19+10,58+12,72+11,6+13,12+13,35+12,29+11,28+10,55+10,21}{10} = 11,69 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 122,90 \text{ detik} \times 1 = 122,90 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 122,90 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 12,47 \text{ detik}$$

43. Dwi

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{18,87+19,42+21,11+19,35+21,07+19,82+20,29+21,2+20,72+19,95}{10} = 20,18 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 20,18 \text{ detik} \times 1 = 20,18 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 20,18 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 21,53 \text{ detik}$$

44. Geri

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{64,55+64,79+65,74+66,26+63,81+64,47+63,86+65,95+65,78+64,66}{10} = 64,99 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 64,99 \text{ detik} \times 1 = 64,99 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 64,99 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 69,32 \text{ detik}$$

45. Yuni

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{70,71+68,64+71,23+69,58+68,84+68,13+69,36+70,28+68,52+69,48}{10} = 69,48 \text{ detik}$$

$$b. W_n = 69,48 \text{ detik} \times 1 = 69,48 \text{ detik}$$

$$c. W_b = 69,48 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 74,11 \text{ detik}$$

46. Sugeng

$$a. W_s = \frac{\sum x}{n} = \frac{74,26+76,86+74,95+73,29+76,15+74,34+73,25+75,33+74,78+74,62}{10} = 74,78 \text{ detik}$$

$$a. W_n = 74,78 \text{ detik} \times 1 = 74,78 \text{ detik}$$

$$b. W_b = 74,78 \times \frac{100\%}{100\% - 6,25\%} = 79,77 \text{ detik}$$

LD.11 Perhitungan efisiensi operator

$$\text{Rumus efisiensi operator} = \frac{\text{total waktu standar operasi (detik)}}{\text{total waktu operator (detik)}} \times 100$$

$$1. \text{ Lena} = \frac{22}{13,37} \times 100 = 164,54\%$$

$$2. \text{ Eka} = \frac{12}{10} \times 100 = 120,05\%$$

$$3. \text{ Neli} = \frac{12}{10,37} \times 100 = 115,69\%$$

$$4. \text{ Bonita} = \frac{24}{23,66} \times 100 = 101,45\%$$

$$5. \text{ Heni} = \frac{10}{8,90} \times 100 = 112,33\%$$

$$6. \text{ Yulita} = \frac{26}{22,41} \times 100 = 116,03\%$$

$$7. \text{ Septi} = \frac{26}{22,40} \times 100 = 116,06\%$$

$$8. \text{ Umu} = \frac{19}{16,08} \times 100 = 118,17\%$$

$$9. \text{ Ike} = \frac{23}{20,92} \times 100 = 109,93\%$$

$$10. \text{ Prapti} = \frac{45}{44,69} \times 100 = 100,69\%$$

$$11. \text{ Siti M} = \frac{36}{42,96} \times 100 = 83,81\%$$

12. Irfa = $\frac{36}{42,08} \times 100 = 85,55\%$
13. Yani = $\frac{34}{28,79} \times 100 = 118,09\%$
14. Susmiati = $\frac{22}{10,92} \times 100 = 201,42\%$
15. Ani = $\frac{100}{102,51} \times 100 = 97,55\%$
16. Bagus = $\frac{100}{87,89} \times 100 = 113,77\%$
17. Nur Wahyu = $\frac{100}{100,91} \times 100 = 99,10\%$
18. Prasmita = $\frac{100}{88,85} \times 100 = 112,55\%$
19. Sumiyati = $\frac{44}{38,18} \times 100 = 115,24\%$
20. Mistin = $\frac{44}{44,47} \times 100 = 98,93\%$
21. Wahyu = $\frac{50}{42,68} \times 100 = 117,16\%$
22. Rika = $\frac{11}{16,39} \times 100 = 67,10\%$
23. Santi = $\frac{15}{14,54} \times 100 = 103,15\%$
24. Lasmiati = $\frac{15}{19,93} \times 100 = 75,25\%$
25. Puji = $\frac{15}{17,11} \times 100 = 87,66\%$
26. Sepi = $\frac{43}{30,22} \times 100 = 142,28\%$
27. Novi = $\frac{15}{23,80} \times 100 = 63,03\%$
28. Heri = $\frac{25}{30,69} \times 100 = 81,45\%$
29. Yuni = $\frac{9}{6,16} \times 100 = 146,18\%$
30. Fikri = $\frac{13}{14,60} \times 100 = 89,03\%$
31. Yunita = $\frac{27}{23,97} \times 100 = 112,66\%$
32. Hasmi = $\frac{44}{38,34} \times 100 = 114,76\%$
33. Puji = $\frac{35}{14,60} \times 100 = 89,03\%$
34. Putri = $\frac{14}{17,99} \times 100 = 77,82\%$

35. Anis = $\frac{135}{119,57} \times 100 = 112,90\%$
36. Eni = $\frac{135}{131,09} \times 100 = 102,98\%$
37. Karni = $\frac{135}{129,81} \times 100 = 104\%$
38. Syariatun = $\frac{135}{117,55} \times 100 = 114,85\%$
39. Rian = $\frac{135}{129,17} \times 100 = 104,51\%$
40. Katon = $\frac{135}{136,43} \times 100 = 98,95\%$
41. Gestu = $\frac{17}{15,06} \times 100 = 112,90\%$
42. Yuni S = $\frac{15}{12,47} \times 100 = 120,31\%$
43. Dwi = $\frac{25}{21,53} \times 100 = 116,14\%$
44. Geri = $\frac{68}{69,32} \times 100 = 98,10\%$
45. Yuni = $\frac{68}{74,11} \times 100 = 91,76\%$
46. Sugeng = $\frac{68}{79,77} \times 100 = 85,25\%$

LAMPIRAN E

(Penyeimbangan Lintasan)

LE.I Penugasan stasiun kerja awal dan akhir

$$E_i = \left[\frac{ti + \sum h \in pi \cdot th}{Ws} \right]$$

- $E_1 = \frac{22+0}{135} = 0,163 \approx 1$
- $E_2 = \frac{12+22}{135} = 0,252 \approx 1$
- $E_3 = \frac{12+0}{135} = 0,089 \approx 1$
- $E_4 = \frac{24+12+22}{135} = 0,430 \approx 1$
- $E_5 = \frac{10+24+12+22}{135} = 0,504 \approx 1$
- $E_6 = \frac{26+10+24+12+22}{135} = 0,696 \approx 1$
- $E_7 = \frac{26+12}{135} = 0,281 \approx 1$
- $E_8 = \frac{19+26+10+24+12+22}{135} = 0,837 \approx 1$
- $E_9 = \frac{23+0}{135} = 0,170 \approx 1$
- $E_{10} = \frac{45+23}{135} = 0,504 \approx 1$
- $E_{11} = \frac{36+26+12}{135} = 0,548 \approx 1$
- $E_{12} = \frac{34+36+26+12}{135} = 0,800 \approx 1$
- $E_{13} = \frac{22+0}{135} = 0,163 \approx 1$
- $E_{14} = \frac{100+34+36+26+12+22}{135} = 1,703 \approx 2$
- $E_{15} = \frac{44+100+34+36+26+12+22}{135} = 2,030 \approx 3$
- $E_{16} = \frac{50+44+100+34+36+26+12+22}{135} = 2,400 \approx 3$
- $E_{17} = \frac{11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23}{135} = 2,985 \approx 3$
- $E_{18} = \frac{15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22}{135} = 3,933 \approx 4$
- $E_{19} = \frac{15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22}{135} = 4,044 \approx 5$
- $E_{20} = \frac{43+15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22}{135} = 4,363 \approx 5$
- $E_{21} = \frac{15+43+15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22}{135} = 4,474 \approx 5$

- $E_{22} = \frac{25+15+43+15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22}{135} = 4,659 \approx 5$
- $E_{23} = \frac{9+25+15+43+15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22}{135} = 4,726 \approx 5$
- $E_{24} = \frac{13+9+25+15+43+15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22}{135} = 4,822 \approx 5$
- $E_{25} = \frac{27+13+9+25+15+43+15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22}{135} = 5,022 \approx 6$
- $E_{26} = \frac{44+27+13+9+25+15+43+15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22}{135} = 5,348 \approx 6$
- $E_{27} = \frac{35+44+27+13+9+25+15+43+15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22}{135} = 5,607 \approx 6$
- $E_{28} = \frac{14+35+44+27+13+9+25+15+43+15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22}{135} = 5,711 \approx 6$
- $E_{29} = \frac{135+14+35+44+27+13+9+25+15+43+15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22}{135} = 6,711 \approx 7$
- $E_{30} = \frac{17+0}{135} = 0,126 \approx 1$
- $E_{31} = \frac{15+135+14+35+44+27+13+9+25+15+43+15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22}{135} = 6,822 \approx 7$
- $E_{32} = \frac{25+15+135+14+35+44+27+13+9+25+15+43+15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22+17}{135} = 7,133 \approx 8$
- $E_{33} = \frac{68+25+15+135+14+35+44+27+13+9+25+15+43+15+15+11+50+44+100+34+36+26+12+22+45+23+19+26+10+24+12+22+17}{135} = 7,637 \approx 8$

$$Li = m + 1 - \left[\frac{ti + \sum h \in Si.th}{Ws} \right]$$

- $L_1 = 33 + 1 - \left[\frac{22+12+24+10+26+19+15+15+43+15+25+9+13+27+44+35+14+135+15+25+68}{135} \right] = 29,474 \approx 29$
- $L_2 = 33 + 1 - \left[\frac{12+24+10+26+19+15+15+43+15+25+9+13+27+44+35+14+135+15+25+68}{135} \right] = 29,637 \approx 29$
- $L_3 = 33 + 1 - \left[\frac{12+26+36+34+100+44+50+11+15+15+43+15+25+9+13+27+44+35+14+135+15+25+68}{135} \right] = 27,993 \approx 27$
- $L_4 = 33 + 1 - \left[\frac{24+10+26+19+15+15+43+15+25+9+13+27+44+35+14+135+15+25+68}{135} \right] = 29,726 \approx 29$
- $L_5 = 33 + 1 - \left[\frac{10+26+19+15+15+43+15+25+9+13+27+44+35+14+135+15+25+68}{135} \right] = 29,904 \approx 29$

- $L_6 = 33 + 1 - \left[\frac{26+19+15+15+43+15+25+9+13+27+44}{135} \right] = 29,978 \approx 29$
- $L_7 = 33 + 1 - \left[\frac{26+36+34+100+44+50+11+15+15+43+15+25+9+13}{27+44+35+14+135+15+25+68} \right] = 28,081 \approx 28$
- $L_8 = 33 + 1 - \left[\frac{19+15+15+43+15+25+9+13+27+44+35}{14+135+15+25+68} \right] = 30,170 \approx 30$
- $L_9 = 33 + 1 - \left[\frac{23+45+11+15+15+43+15+25+9+13+27}{44+35+14+135+15+25+68} \right] = 29,726 \approx 29$
- $L_{10} = 33 + 1 - \left[\frac{45+11+15+15+43+15+25+9+13+27+44}{35+14+135+15+25+68} \right] = 29,896 \approx 29$
- $L_{11} = 33 + 1 - \left[\frac{36+34+100+44+50+11+15+15+43+15+25+9+13}{27+44+35+14+135+15+25+68} \right] = 28,274 \approx 28$
- $L_{12} = 33 + 1 - \left[\frac{34+100+44+50+11+15+15+43+15+25+9+13}{27+44+35+14+135+15+25+68} \right] = 28,541 \approx 28$
- $L_{13} = 33 + 1 - \left[\frac{22+100+44+50+11+15+15+43+15+25+9+13}{27+44+35+14+135+15+25+68} \right] = 28,630 \approx 28$
- $L_{14} = 33 + 1 - \left[\frac{100+44+50+11+15+15+43+15+25+9+13+27}{44+35+14+135+15+25+68} \right] = 28,793 \approx 28$
- $L_{15} = 33 + 1 - \left[\frac{44+50+11+15+15+43+15+25+9+13+27+44}{35+14+135+15+25+68} \right] = 29,533 \approx 29$
- $L_{16} = 33 + 1 - \left[\frac{50+11+15+15+43+15+25+9+13+27+44+35}{14+135+15+25+68} \right] = 29,859 \approx 29$
- $L_{17} = 33 + 1 - \left[\frac{11+15+15+43+15+25+9+13+27+44+35+14}{135+15+25+68} \right] = 30,300 \approx 30$
- $L_{18} = 33 + 1 - \left[\frac{15+15+43+15+25+9+13+27+44+35+14+135}{15+25+68} \right] = 30,311 \approx 30$
- $L_{19} = 33 + 1 - \left[\frac{15+43+15+25+9+13+27+44+35+14+135+15}{25+68} \right] = 30,422 \approx 30$
- $L_{20} = 33 + 1 - \left[\frac{43+15+25+9+13+27+44+35+14+135+15+25+68}{135} \right] = 30,533 \approx 30$
- $L_{21} = 33 + 1 - \left[\frac{15+25+9+13+27+44+35+14+135+15+25+68}{135} \right] = 30,852 \approx 30$
- $L_{22} = 33 + 1 - \left[\frac{25+9+13+27+44+35+14+135+15+25+68}{135} \right] = 30,963 \approx 30$

- $L_{23} = 33 + 1 - \left\lfloor \frac{9+13+27+44+35+14+135+15+25+68}{135} \right\rfloor = 31,148 \approx 31$
- $L_{24} = 33 + 1 - \left\lfloor \frac{13+27+44+35+14+135+15+25+68}{135} \right\rfloor = 31,215 \approx 31$
- $L_{25} = 33 + 1 - \left\lfloor \frac{27+44+35+14+135+15+25+68}{135} \right\rfloor = 31,311 \approx 31$
- $L_{26} = 33 + 1 - \left\lfloor \frac{44+35+14+135+15+25+68}{135} \right\rfloor = 31,511 \approx 31$
- $L_{27} = 33 + 1 - \left\lfloor \frac{35+14+135+15+25+68}{135} \right\rfloor = 31,837 \approx 31$
- $L_{28} = 33 + 1 - \left\lfloor \frac{14+135+15+25+68}{135} \right\rfloor = 32,096 \approx 32$
- $L_{29} = 33 + 1 - \left\lfloor \frac{135+15+25+68}{135} \right\rfloor = 32,200 \approx 32$
- $L_{30} = 33 + 1 - \left\lfloor \frac{17+25+68}{135} \right\rfloor = 33,185 \approx 33$
- $L_{31} = 33 + 1 - \left\lfloor \frac{15+25+68}{135} \right\rfloor = 33,200 \approx 33$
- $L_{32} = 33 + 1 - \left\lfloor \frac{25+68}{135} \right\rfloor = 33,311 \approx 33$
- $L_{33} = 33 + 1 - \left\lfloor \frac{68}{135} \right\rfloor = 33,496 \approx 33$

LE.II Assignment constraint

- $X_{0101} + X_{0102} + X_{0103} = 1$
- $X_{0201} + X_{0202} + X_{0203} = 1$
- $X_{0301} + X_{0302} + X_{0303} = 1$
- $X_{0404} + X_{0405} + X_{0406} + X_{0407} = 1$
- $X_{0504} + X_{0505} + X_{0506} + X_{0507} = 1$
- $X_{0604} + X_{0605} + X_{0606} + X_{0607} = 1$
- $X_{0704} + X_{0705} + X_{0706} + X_{0707} = 1$
- $X_{0808} + X_{0818} + X_{0820} + X_{0824} = 1$
- $X_{0909} + X_{0910} + X_{0911} + X_{0912} + X_{0913} + X_{0914} + X_{0915} + X_{0916} + X_{0917} + X_{0919} + X_{0921} + X_{0922} + X_{0925} + X_{0926} + X_{0927} + X_{0928} + X_{0929} = 1$
- $X_{1009} + X_{1010} + X_{1011} + X_{1012} + X_{1013} + X_{1014} + X_{1015} + X_{1016} + X_{1017} + X_{1019} + X_{1021} + X_{1022} + X_{1025} + X_{1026} + X_{1027} + X_{1028} + X_{1029} = 1$
- $X_{1109} + X_{1110} + X_{1111} + X_{1112} + X_{1113} + X_{1114} + X_{1115} + X_{1116} + X_{1117} + X_{1119} + X_{1121} + X_{1122} + X_{1125} + X_{1126} + X_{1127} + X_{1128} = 1$

- $X_{1209} + X_{1210} + X_{1211} + X_{1212} + X_{1213} + X_{1214} + X_{1215} + X_{1216} + X_{1217} + X_{1219} + X_{1221} + X_{1222} + X_{1225} + X_{1226} + X_{1227} + X_{1228} = 1$
- $X_{1309} + X_{1310} + X_{1311} + X_{1312} + X_{1313} + X_{1314} + X_{1315} + X_{1316} + X_{1317} + X_{1319} + X_{1321} + X_{1322} + X_{1325} + X_{1326} + X_{1327} + X_{1328} = 1$
- $X_{1409} + X_{1410} + X_{1411} + X_{1412} + X_{1413} + X_{1414} + X_{1415} + X_{1416} + X_{1417} + X_{1419} + X_{1421} + X_{1422} + X_{1425} + X_{1426} + X_{1427} + X_{1428} = 1$
- $X_{1509} + X_{1510} + X_{1511} + X_{1512} + X_{1513} + X_{1514} + X_{1515} + X_{1516} + X_{1517} + X_{1519} + X_{1521} + X_{1522} + X_{1525} + X_{1526} + X_{1527} + X_{1528} + X_{1529} = 1$
- $X_{1609} + X_{1610} + X_{1611} + X_{1612} + X_{1613} + X_{1614} + X_{1615} + X_{1616} + X_{1617} + X_{1619} + X_{1621} + X_{1622} + X_{1625} + X_{1626} + X_{1627} + X_{1628} + X_{1629} = 1$
- $X_{1709} + X_{1710} + X_{1711} + X_{1712} + X_{1713} + X_{1714} + X_{1715} + X_{1716} + X_{1717} + X_{1719} + X_{1721} + X_{1722} + X_{1725} + X_{1726} + X_{1727} + X_{1728} + X_{1729} + X_{1730} = 1$
- $X_{1808} + X_{1818} + X_{1820} + X_{1824} = 1$
- $X_{1909} + X_{1910} + X_{1911} + X_{1912} + X_{1913} + X_{1914} + X_{1915} + X_{1916} + X_{1917} + X_{1919} + X_{1921} + X_{1922} + X_{1925} + X_{1926} + X_{1927} + X_{1928} + X_{1929} + X_{1930} = 1$
- $X_{2008} + X_{2018} + X_{2020} + X_{2024} = 1$
- $X_{2109} + X_{2110} + X_{2111} + X_{2112} + X_{2113} + X_{2114} + X_{2115} + X_{2116} + X_{2117} + X_{2119} + X_{2121} + X_{2122} + X_{2125} + X_{2126} + X_{2127} + X_{2128} + X_{2129} + X_{2130} = 1$
- $X_{2209} + X_{2210} + X_{2211} + X_{2212} + X_{2213} + X_{2214} + X_{2215} + X_{2216} + X_{2217} + X_{2219} + X_{2221} + X_{2222} + X_{2225} + X_{2226} + X_{2227} + X_{2228} + X_{2229} + X_{2230} = 1$
- $X_{2323} = 1$
- $X_{2408} + X_{2418} + X_{2420} + X_{2424} = 1$
- $X_{2509} + X_{2510} + X_{2511} + X_{2512} + X_{2513} + X_{2514} + X_{2515} + X_{2516} + X_{2517} + X_{2519} + X_{2521} + X_{2522} + X_{2525} + X_{2526} + X_{2527} + X_{2528} + X_{2529} + X_{2530} + X_{2531} = 1$
- $X_{2609} + X_{2610} + X_{2611} + X_{2612} + X_{2613} + X_{2614} + X_{2615} + X_{2616} + X_{2617} + X_{2619} + X_{2621} + X_{2622} + X_{2625} + X_{2626} + X_{2627} + X_{2628} + X_{2629} + X_{2630} + X_{2631} = 1$
- $X_{2709} + X_{2710} + X_{2711} + X_{2712} + X_{2713} + X_{2714} + X_{2715} + X_{2716} + X_{2717} + X_{2719} + X_{2721} + X_{2722} + X_{2725} + X_{2726} + X_{2727} + X_{2728} + X_{2729} + X_{2730} + X_{2731} = 1$
- $X_{2809} + X_{2810} + X_{2811} + X_{2812} + X_{2813} + X_{2814} + X_{2815} + X_{2816} + X_{2817} + X_{2819} + X_{2821} + X_{2822} + X_{2825} + X_{2826} + X_{2827} + X_{2828} + X_{2829} + X_{2830} + X_{2831} + X_{2832} = 1$

- $X_{2909} + X_{2910} + X_{2911} + X_{2912} + X_{2913} + X_{2914} + X_{2915} + X_{2916} + X_{2917} + X_{2919} + X_{2921} + X_{2922} + X_{2925} + X_{2926} + X_{2927} + X_{2928} + X_{2929} + X_{2930} + X_{2931} + X_{2932} = 1$
- $X_{3009} + X_{3010} + X_{3011} + X_{3012} + X_{3013} + X_{3014} + X_{3015} + X_{3016} + X_{3017} + X_{3019} + X_{3021} + X_{3022} + X_{3025} + X_{3026} + X_{3027} + X_{3028} + X_{3029} + X_{3030} + X_{3031} + X_{3032} = 1$
- $X_{3109} + X_{3110} + X_{3111} + X_{3112} + X_{3113} + X_{3114} + X_{3115} + X_{3116} + X_{3117} + X_{3119} + X_{3121} + X_{3122} + X_{3125} + X_{3126} + X_{3127} + X_{3128} + X_{3129} + X_{3130} + X_{3131} + X_{3132} = 1$
- $X_{3209} + X_{3210} + X_{3211} + X_{3212} + X_{3213} + X_{3214} + X_{3215} + X_{3216} + X_{3217} + X_{3219} + X_{3221} + X_{3222} + X_{3225} + X_{3226} + X_{3227} + X_{3228} + X_{3229} + X_{3230} + X_{3231} + X_{3232} = 1$
- $X_{3333} = 1$

LE.III Cycle time constraint

- $22.X_{0101} + 12.X_{0201} + 12.X_{0301} \leq ct.Y_{01}$
- $22.X_{0102} + 12.X_{0202} + 12.X_{0302} \leq ct.Y_{02}$
- $22.X_{0103} + 12.X_{0203} + 12.X_{0303} \leq ct.Y_{03}$
- $24.X_{0404} + 10.X_{0504} + 26.X_{0604} + 26.X_{0704} \leq ct.Y_{04}$
- $24.X_{0405} + 10.X_{0505} + 26.X_{0605} + 26.X_{0705} \leq ct.Y_{05}$
- $24.X_{0406} + 10.X_{0506} + 26.X_{0606} + 26.X_{0706} \leq ct.Y_{06}$
- $24.X_{0407} + 10.X_{0507} + 26.X_{0607} + 26.X_{0707} \leq ct.Y_{07}$
- $19.X_{0808} + 15.X_{1808} + 43.X_{2008} + 13.X_{2408} \leq ct.Y_{08}$
- $23.X_{0909} + 45.X_{1009} + 36.X_{1109} + 34.X_{1209} + 22.X_{1309} + 100.X_{1409} + 44.X_{1509} + 50.X_{1609} + 11.X_{1709} + 15.X_{1909} + 15.X_{2109} + 25.X_{2209} + 27.X_{2509} + 44.X_{2609} + 35.X_{2709} + 14.X_{2809} + 135.X_{2909} + 17.X_{3009} + 15.X_{3109} + 25.X_{3209} \leq ct.Y_{09}$
- $23.X_{0910} + 45.X_{1010} + 36.X_{1110} + 34.X_{1210} + 22.X_{1310} + 100.X_{1410} + 44.X_{1510} + 50.X_{1610} + 11.X_{1710} + 15.X_{1910} + 15.X_{2110} + 25.X_{2210} + 27.X_{2510} + 44.X_{2610} + 35.X_{2710} + 14.X_{2810} + 135.X_{2910} + 17.X_{3010} + 15.X_{3110} + 25.X_{3210} \leq ct.Y_{10}$
- $23.X_{0911} + 45.X_{1011} + 36.X_{1111} + 34.X_{1211} + 22.X_{1311} + 100.X_{1411} + 44.X_{1511} + 50.X_{1611} + 11.X_{1711} + 15.X_{1911} + 15.X_{2111} + 25.X_{2211} + 27.X_{2511} + 44.X_{2611} + 35.X_{2711} + 14.X_{2811} + 135.X_{2911} + 17.X_{3011} + 15.X_{3111} + 25.X_{3211} \leq ct.Y_{11}$

- $23.X_{0912} + 45.X_{1012} + 36.X_{1112} + 34.X_{1212} + 22.X_{1312} + 100.X_{1412} + 44.X_{1512} + 50.X_{1612} + 11.X_{1712} + 15.X_{1912} + 15.X_{2112} + 25.X_{2212} + 27.X_{2512} + 44.X_{2612} + 35.X_{2712} + 14.X_{2812} + 135.X_{2912} + 17.X_{3012} + 15.X_{3112} + 25.X_{3212} \leq \text{ct}.Y_{12}$
- $23.X_{0913} + 45.X_{1013} + 36.X_{1113} + 34.X_{1213} + 22.X_{1313} + 100.X_{1413} + 44.X_{1513} + 50.X_{1613} + 11.X_{1713} + 15.X_{1913} + 15.X_{2113} + 25.X_{2213} + 27.X_{2513} + 44.X_{2613} + 35.X_{2713} + 14.X_{2813} + 135.X_{2913} + 17.X_{3013} + 15.X_{3113} + 25.X_{3213} \leq \text{ct}.Y_{13}$
- $23.X_{0914} + 45.X_{1014} + 36.X_{1114} + 34.X_{1214} + 22.X_{1314} + 100.X_{1414} + 44.X_{1514} + 50.X_{1614} + 11.X_{1714} + 15.X_{1914} + 15.X_{2114} + 25.X_{2214} + 27.X_{2514} + 44.X_{2614} + 35.X_{2714} + 14.X_{2814} + 135.X_{2914} + 17.X_{3014} + 15.X_{3114} + 25.X_{3214} \leq \text{ct}.Y_{14}$
- $23.X_{0915} + 45.X_{1015} + 36.X_{1115} + 34.X_{1215} + 22.X_{1315} + 100.X_{1415} + 44.X_{1515} + 50.X_{1615} + 11.X_{1715} + 15.X_{1915} + 15.X_{2115} + 25.X_{2215} + 27.X_{2515} + 44.X_{2615} + 35.X_{2715} + 14.X_{2815} + 135.X_{2915} + 17.X_{3015} + 15.X_{3115} + 25.X_{3215} \leq \text{ct}.Y_{15}$
- $23.X_{0916} + 45.X_{1016} + 36.X_{1116} + 34.X_{1216} + 22.X_{1316} + 100.X_{1416} + 44.X_{1516} + 50.X_{1616} + 11.X_{1716} + 15.X_{1916} + 15.X_{2116} + 25.X_{2216} + 27.X_{2516} + 44.X_{2616} + 35.X_{2716} + 14.X_{2816} + 135.X_{2916} + 17.X_{3016} + 15.X_{3116} + 25.X_{3216} \leq \text{ct}.Y_{16}$
- $23.X_{0917} + 45.X_{1017} + 36.X_{1117} + 34.X_{1217} + 22.X_{1317} + 100.X_{1417} + 44.X_{1517} + 50.X_{1617} + 11.X_{1717} + 15.X_{1917} + 15.X_{2117} + 25.X_{2217} + 27.X_{2517} + 44.X_{2617} + 35.X_{2717} + 14.X_{2817} + 135.X_{2917} + 17.X_{3017} + 15.X_{3117} + 25.X_{3217} \leq \text{ct}.Y_{17}$
- $19.X_{0818} + 15.X_{1818} + 43.X_{2018} + 13.X_{2418} \leq \text{ct}.Y_{18}$
- $23.X_{0919} + 45.X_{1019} + 36.X_{1119} + 34.X_{1219} + 22.X_{1319} + 100.X_{1419} + 44.X_{1519} + 50.X_{1619} + 11.X_{1719} + 15.X_{1919} + 15.X_{2119} + 25.X_{2219} + 27.X_{2519} + 44.X_{2619} + 35.X_{2719} + 14.X_{2819} + 135.X_{2919} + 17.X_{3019} + 15.X_{3119} + 25.X_{3219} \leq \text{ct}.Y_{19}$
- $19.X_{0820} + 15.X_{1820} + 43.X_{2020} + 13.X_{2420} \leq \text{ct}.Y_{20}$
- $23.X_{0921} + 45.X_{1021} + 36.X_{1121} + 34.X_{1221} + 22.X_{1321} + 100.X_{1421} + 44.X_{1521} + 50.X_{1621} + 11.X_{1721} + 15.X_{1921} + 15.X_{2121} + 25.X_{2221} + 27.X_{2521} + 44.X_{2621} + 35.X_{2721} + 14.X_{2821} + 135.X_{2921} + 17.X_{3021} + 15.X_{3121} + 25.X_{3221} \leq \text{ct}.Y_{21}$
- $23.X_{0922} + 45.X_{1022} + 36.X_{1122} + 34.X_{1222} + 22.X_{1322} + 100.X_{1422} + 44.X_{1522} + 50.X_{1622} + 11.X_{1722} + 15.X_{1922} + 15.X_{2122} + 25.X_{2222} + 27.X_{2522} + 44.X_{2622} + 35.X_{2722} + 14.X_{2822} + 135.X_{2922} + 17.X_{3022} + 15.X_{3122} + 25.X_{3222} \leq \text{ct}.Y_{22}$
- $9.X_{2323} \leq \text{ct}.Y_{23}$
- $19.X_{0824} + 15.X_{1824} + 43.X_{2024} + 13.X_{2424} \leq \text{ct}.Y_{24}$

- $23.X_{0925} + 45.X_{1025} + 36.X_{1125} + 34.X_{1225} + 22.X_{1325} + 100.X_{1425} + 44.X_{1525} + 50.X_{1625} + 11.X_{1725} + 15.X_{1925} + 15.X_{2125} + 25.X_{2225} + 27.X_{2525} + 44.X_{2625} + 35.X_{2725} + 14.X_{2825} + 135.X_{2925} + 17.X_{3025} + 15.X_{3125} + 25.X_{3225} \leq \text{ct}.Y_{25}$
- $23.X_{0926} + 45.X_{1026} + 36.X_{1126} + 34.X_{1226} + 22.X_{1326} + 100.X_{1426} + 44.X_{1526} + 50.X_{1626} + 11.X_{1726} + 15.X_{1926} + 15.X_{2126} + 25.X_{2226} + 27.X_{2526} + 44.X_{2626} + 35.X_{2726} + 14.X_{2826} + 135.X_{2926} + 17.X_{3026} + 15.X_{3126} + 25.X_{3226} \leq \text{ct}.Y_{26}$
- $23.X_{0927} + 45.X_{1027} + 36.X_{1127} + 34.X_{1227} + 22.X_{1327} + 100.X_{1427} + 44.X_{1527} + 50.X_{1627} + 11.X_{1727} + 15.X_{1927} + 15.X_{2127} + 25.X_{2227} + 27.X_{2527} + 44.X_{2627} + 35.X_{2727} + 14.X_{2827} + 135.X_{2927} + 17.X_{3027} + 15.X_{3127} + 25.X_{3227} \leq \text{ct}.Y_{27}$
- $23.X_{0928} + 45.X_{1028} + 36.X_{1128} + 34.X_{1228} + 22.X_{1328} + 100.X_{1428} + 44.X_{1528} + 50.X_{1628} + 11.X_{1728} + 15.X_{1928} + 15.X_{2128} + 25.X_{2228} + 27.X_{2528} + 44.X_{2628} + 35.X_{2728} + 14.X_{2828} + 135.X_{2928} + 17.X_{3028} + 15.X_{3128} + 25.X_{3228} \leq \text{ct}.Y_{28}$
- $23.X_{0929} + 45.X_{1029} + 44.X_{1529} + 50.X_{1629} + 11.X_{1729} + 15.X_{1929} + 15.X_{2129} + 25.X_{2229} + 27.X_{2529} + 44.X_{2629} + 35.X_{2729} + 14.X_{2829} + 135.X_{2929} + 17.X_{3029} + 15.X_{3129} + 25.X_{3229} \leq \text{ct}.Y_{29}$
- $11.X_{1730} + 15.X_{1930} + 15.X_{2130} + 25.X_{2230} + 27.X_{2530} + 44.X_{2630} + 35.X_{2730} + 14.X_{2830} + 135.X_{2930} + 17.X_{3030} + 15.X_{3130} + 25.X_{3230} \leq \text{ct}.Y_{30}$
- $27.X_{2531} + 44.X_{2631} + 35.X_{2731} + 14.X_{2831} + 135.X_{2931} + 17.X_{3031} + 15.X_{3131} + 25.X_{3231} \leq \text{ct}.Y_{31}$
- $14.X_{2832} + 135.X_{2932} + 17.X_{3032} + 15.X_{3132} + 25.X_{3232} \leq \text{ct}.Y_{32}$
- $68.X_{3333} \leq \text{ct}.Y_{33}$

LE.IV Precedence constraint

- $1.X_{0101} + 2.X_{0102} + 3.X_{0103} \leq 1.X_{0201} + 2.X_{0202} + 3.X_{0203}$
- $9.X_{0909} + 10.X_{0910} + 11.X_{0911} + 12.X_{0912} + 13.X_{0913} + 14.X_{0914} + 15.X_{0915} + 16.X_{0916} + 17.X_{0917} + 19.X_{0919} + 21.X_{0921} + 22.X_{0922} + 25.X_{0925} + 26.X_{0926} + 27.X_{0927} + 28.X_{0928} + 29.X_{0929} \leq 9.X_{1009} + 10.X_{1010} + 11.X_{1011} + 12.X_{1012} + 13.X_{1013} + 14.X_{1014} + 15.X_{1015} + 16.X_{1016} + 17.X_{1017} + 19.X_{1019} + 21.X_{1021} + 22.X_{1022} + 25.X_{1025} + 26.X_{1026} + 27.X_{1027} + 28.X_{1028} + 29.X_{1029}$

- $9.X_{1309} + 10.X_{1310} + 11.X_{1311} + 12.X_{1312} + 13.X_{1313} + 14.X_{1314} + 15.X_{1315} + 16.X_{1316} + 17.X_{1317} + 19.X_{1319} + 21.X_{1321} + 22.X_{1322} + 25.X_{1325} + 26.X_{1326} + 27.X_{1327} + 28.X_{1328} \leq 9.X_{1409} + 10.X_{1410} + 11.X_{1411} + 12.X_{1412} + 13.X_{1413} + 14.X_{1414} + 15.X_{1415} + 16.X_{1416} + 17.X_{1417} + 19.X_{1419} + 21.X_{1421} + 22.X_{1422} + 25.X_{1425} + 26.X_{1426} + 27.X_{1427} + 28.X_{1428}$
- $1.X_{0301} + 2.X_{0302} + 3.X_{0303} \leq 4.X_{0704} + 5.X_{0705} + 6.X_{0706} + 7.X_{0707}$
- $9.X_{3009} + 10.X_{3010} + 11.X_{3011} + 12.X_{3012} + 13.X_{3013} + 14.X_{3014} + 15.X_{3015} + 16.X_{3016} + 17.X_{3017} + 19.X_{3019} + 21.X_{3021} + 22.X_{3022} + 25.X_{3025} + 26.X_{3026} + 27.X_{3027} + 28.X_{3028} + 29.X_{3029} + 30.X_{3030} + 31.X_{3031} + 32.X_{3032} \leq 9.X_{3209} + 10.X_{3210} + 11.X_{3211} + 12.X_{3212} + 13.X_{3213} + 14.X_{3214} + 15.X_{3215} + 16.X_{3216} + 17.X_{3217} + 19.X_{3219} + 21.X_{3221} + 22.X_{3222} + 25.X_{3225} + 26.X_{3226} + 27.X_{3227} + 28.X_{3228} + 29.X_{3229} + 30.X_{3230} + 31.X_{3231} + 32.X_{3232}$
- $1.X_{0201} + 2.X_{0202} + 3.X_{0203} \leq 4.X_{0404} + 5.X_{0405} + 6.X_{0406} + 7.X_{0407}$
- $9.X_{1009} + 10.X_{1010} + 11.X_{1011} + 12.X_{1012} + 13.X_{1013} + 14.X_{1014} + 15.X_{1015} + 16.X_{1016} + 17.X_{1017} + 19.X_{1019} + 21.X_{1021} + 22.X_{1022} + 25.X_{1025} + 26.X_{1026} + 27.X_{1027} + 28.X_{1028} + 29.X_{1029} \leq 9.X_{1709} + 10.X_{1710} + 11.X_{1711} + 12.X_{1712} + 13.X_{1713} + 14.X_{1714} + 15.X_{1715} + 16.X_{1716} + 17.X_{1717} + 19.X_{1719} + 21.X_{1721} + 22.X_{1722} + 25.X_{1725} + 26.X_{1726} + 27.X_{1727} + 28.X_{1728} + 29.X_{1729} + 30.X_{1730}$
- $4.X_{0704} + 5.X_{0705} + 6.X_{0706} + 7.X_{0707} \leq 9.X_{1109} + 10.X_{1110} + 11.X_{1111} + 12.X_{1112} + 13.X_{1113} + 14.X_{1114} + 15.X_{1115} + 16.X_{1116} + 17.X_{1117} + 19.X_{1119} + 21.X_{1121} + 22.X_{1122} + 25.X_{1125} + 26.X_{1126} + 27.X_{1127} + 28.X_{1128}$
- $4.X_{0404} + 5.X_{0405} + 6.X_{0406} + 7.X_{0407} \leq 4.X_{0504} + 5.X_{0505} + 6.X_{0506} + 7.X_{0507}$
- $9.X_{1109} + 10.X_{1110} + 11.X_{1111} + 12.X_{1112} + 13.X_{1113} + 14.X_{1114} + 15.X_{1115} + 16.X_{1116} + 17.X_{1117} + 19.X_{1119} + 21.X_{1121} + 22.X_{1122} + 25.X_{1125} + 26.X_{1126} + 27.X_{1127} + 28.X_{1128} \leq 9.X_{1209} + 10.X_{1210} + 11.X_{1211} + 12.X_{1212} + 13.X_{1213} + 14.X_{1214} + 15.X_{1215} + 16.X_{1216} + 17.X_{1217} + 19.X_{1219} + 21.X_{1221} + 22.X_{1222} + 25.X_{1225} + 26.X_{1226} + 27.X_{1227} + 28.X_{1228}$
- $4.X_{0504} + 5.X_{0505} + 6.X_{0506} + 7.X_{0507} \leq 4.X_{0604} + 5.X_{0605} + 6.X_{0606} + 7.X_{0607}$
- $9.X_{1209} + 10.X_{1210} + 11.X_{1211} + 12.X_{1212} + 13.X_{1213} + 14.X_{1214} + 15.X_{1215} + 16.X_{1216} + 17.X_{1217} + 19.X_{1219} + 21.X_{1221} + 22.X_{1222} + 25.X_{1225} + 26.X_{1226} + 27.X_{1227} + 28.X_{1228} \leq 9.X_{1409} + 10.X_{1410} + 11.X_{1411} + 12.X_{1412} + 13.X_{1413} + 14.X_{1414} + 15.X_{1415}$

$$+ 16.X_{1416} + 17.X_{1417} + 19.X_{1419} + 21.X_{1421} + 22.X_{1422} + 25.X_{1425} + 26.X_{1426} + 27.X_{1427} + 28X_{1428}$$

- $4.X_{0604} + 5.X_{0605} + 6.X_{0606} + 7.X_{0607} \leq 8.X_{0808} + 18.X_{0818} + 20.X_{0820} + 24.X_{0824}$
- $9.X_{1409} + 10.X_{1410} + 11.X_{1411} + 12.X_{1412} + 13.X_{1413} + 14.X_{1414} + 15.X_{1415} + 16.X_{1416} + 17.X_{1417} + 19.X_{1419} + 21.X_{1421} + 22.X_{1422} + 25.X_{1425} + 26.X_{1426} + 27.X_{1427} + 28X_{1428} \leq 9.X_{1509} + 10.X_{1510} + 11.X_{1511} + 12.X_{1512} + 13.X_{1513} + 14.X_{1514} + 15.X_{1515} + 16.X_{1516} + 17.X_{1517} + 19.X_{1519} + 21.X_{1521} + 22.X_{1522} + 25.X_{1525} + 26.X_{1526} + 27.X_{1527} + 28X_{1528} + 29X_{1529}$
- $8.X_{0808} + 18.X_{0818} + 20.X_{0820} + 24.X_{0824} \leq 8.X_{1808} + 18.X_{1818} + 20.X_{1820} + 24.X_{1824}$
- $9.X_{1509} + 10.X_{1510} + 11.X_{1511} + 12.X_{1512} + 13.X_{1513} + 14.X_{1514} + 15.X_{1515} + 16.X_{1516} + 17.X_{1517} + 19.X_{1519} + 21.X_{1521} + 22.X_{1522} + 25.X_{1525} + 26.X_{1526} + 27.X_{1527} + 28X_{1528} + 29X_{1529} \leq 9.X_{1609} + 10.X_{1610} + 11.X_{1611} + 12.X_{1612} + 13.X_{1613} + 14.X_{1614} + 15.X_{1615} + 16.X_{1616} + 17.X_{1617} + 19.X_{1619} + 21.X_{1621} + 22.X_{1622} + 25.X_{1625} + 26.X_{1626} + 27.X_{1627} + 28X_{1628} + 29X_{1629}$
- $9.X_{1609} + 10.X_{1610} + 11.X_{1611} + 12.X_{1612} + 13.X_{1613} + 14.X_{1614} + 15.X_{1615} + 16.X_{1616} + 17.X_{1617} + 19.X_{1619} + 21.X_{1621} + 22.X_{1622} + 25.X_{1625} + 26.X_{1626} + 27.X_{1627} + 28X_{1628} + 29X_{1629} \leq 9.X_{1709} + 10.X_{1710} + 11.X_{1711} + 12.X_{1712} + 13.X_{1713} + 14.X_{1714} + 15.X_{1715} + 16.X_{1716} + 17.X_{1717} + 19.X_{1719} + 21.X_{1721} + 22.X_{1722} + 25.X_{1725} + 26.X_{1726} + 27.X_{1727} + 28.X_{1728} + 29.X_{1729} + 30.X_{1730}$
- $9.X_{1709} + 10.X_{1710} + 11.X_{1711} + 12.X_{1712} + 13.X_{1713} + 14.X_{1714} + 15.X_{1715} + 16.X_{1716} + 17.X_{1717} + 19.X_{1719} + 21.X_{1721} + 22.X_{1722} + 25.X_{1725} + 26.X_{1726} + 27.X_{1727} + 28.X_{1728} + 29.X_{1729} + 30.X_{1730} \leq 8.X_{1808} + 18.X_{1818} + 20.X_{1820} + 24.X_{1824}$
- $8.X_{1808} + 18.X_{1818} + 20.X_{1820} + 24.X_{1824} \leq 9.X_{1909} + 10.X_{1910} + 11.X_{1911} + 12.X_{1912} + 13.X_{1913} + 14.X_{1914} + 15.X_{1915} + 16.X_{1916} + 17.X_{1917} + 19.X_{1919} + 21.X_{1921} + 22.X_{1922} + 25.X_{1925} + 26.X_{1926} + 27.X_{1927} + 28.X_{1928} + 29.X_{1929} + 30.X_{1930}$
- $9.X_{1909} + 10.X_{1910} + 11.X_{1911} + 12.X_{1912} + 13.X_{1913} + 14.X_{1914} + 15.X_{1915} + 16.X_{1916} + 17.X_{1917} + 19.X_{1919} + 21.X_{1921} + 22.X_{1922} + 25.X_{1925} + 26.X_{1926} + 27.X_{1927} + 28.X_{1928} + 29.X_{1929} + 30.X_{1930} \leq 8.X_{2008} + 18.X_{2018} + 20.X_{2020} + 24.X_{2024}$
- $8.X_{2008} + 18.X_{2018} + 20.X_{2020} + 24.X_{2024} \leq 9.X_{2109} + 10.X_{2110} + 11.X_{2111} + 12.X_{2112} + 13.X_{2113} + 14.X_{2114} + 15.X_{2115} + 16.X_{2116} + 17.X_{2117} + 19.X_{2119} + 21.X_{2121} + 22.X_{2122} + 25.X_{2125} + 26.X_{2126} + 27.X_{2127} + 28.X_{2128} + 29.X_{2129} + 30.X_{2130}$

- $9.X_{2109} + 10.X_{2110} + 11.X_{2111} + 12.X_{2112} + 13.X_{2113} + 14.X_{2114} + 15.X_{2115} + 16.X_{2116}$
 $+ 17.X_{2117} + 19.X_{2119} + 21.X_{2121} + 22.X_{2122} + 25.X_{2125} + 26.X_{2126} + 27.X_{2127} +$
 $28.X_{2128} + 29.X_{2129} + 30.X_{2130} \leq 9.X_{2209} + 10.X_{2210} + 11.X_{2211} + 12.X_{2212} + 13.X_{2213}$
 $+ 14.X_{2214} + 15.X_{2215} + 16.X_{2216} + 17.X_{2217} + 19.X_{2219} + 21.X_{2221} + 22.X_{2222} +$
 $25.X_{2225} + 26.X_{2226} + 27.X_{2227} + 28.X_{2228} + 29.X_{2229} + 30.X_{2230}$
- $9.X_{2209} + 10.X_{2210} + 11.X_{2211} + 12.X_{2212} + 13.X_{2213} + 14.X_{2214} + 15.X_{2215} + 16.X_{2216}$
 $+ 17.X_{2217} + 19.X_{2219} + 21.X_{2221} + 22.X_{2222} + 25.X_{2225} + 26.X_{2226} + 27.X_{2227} +$
 $28.X_{2228} + 29.X_{2229} + 30.X_{2230} \leq 23.X_{2323}$
- $23.X_{2323} \leq 8.X_{2408} + 18.X_{2418} + 20.X_{2420} + 24.X_{2424}$
- $8.X_{2408} + 18.X_{2418} + 20.X_{2420} + 24.X_{2424} \leq 9.X_{2509} + 10.X_{2510} + 11.X_{2511} + 12.X_{2512} +$
 $13.X_{2513} + 14.X_{2514} + 15.X_{2515} + 16.X_{2516} + 17.X_{2517} + 19.X_{2519} + 21.X_{2521} + 22.X_{2522}$
 $+ 25.X_{2525} + 26.X_{2526} + 27.X_{2527} + 28.X_{2528} + 29.X_{2529} + 30.X_{2530} + 31.X_{2531}$
- $9.X_{2509} + 10.X_{2510} + 11.X_{2511} + 12.X_{2512} + 13.X_{2513} + 14.X_{2514} + 15.X_{2515} + 16.X_{2516}$
 $+ 17.X_{2517} + 19.X_{2519} + 21.X_{2521} + 22.X_{2522} + 25.X_{2525} + 26.X_{2526} + 27.X_{2527} +$
 $28.X_{2528} + 29.X_{2529} + 30.X_{2530} + 31.X_{2531} \leq 9.X_{2609} + 10.X_{2610} + 11.X_{2611} + 12.X_{2612}$
 $+ 13.X_{2613} + 14.X_{2614} + 15.X_{2615} + 16.X_{2616} + 17.X_{2617} + 19.X_{2619} + 21.X_{2621} +$
 $22.X_{2622} + 25.X_{2625} + 26.X_{2626} + 27.X_{2627} + 28.X_{2628} + 29.X_{2629} + 30.X_{2630} + 31.X_{2631}$
- $9.X_{2609} + 10.X_{2610} + 11.X_{2611} + 12.X_{2612} + 13.X_{2613} + 14.X_{2614} + 15.X_{2615} + 16.X_{2616}$
 $+ 17.X_{2617} + 19.X_{2619} + 21.X_{2621} + 22.X_{2622} + 25.X_{2625} + 26.X_{2626} + 27.X_{2627} +$
 $28.X_{2628} + 29.X_{2629} + 30.X_{2630} + 31.X_{2631} \leq 9.X_{2709} + 10.X_{2710} + 11.X_{2711} + 12.X_{2712}$
 $+ 13.X_{2713} + 14.X_{2714} + 15.X_{2715} + 16.X_{2716} + 17.X_{2717} + 19.X_{2719} + 21.X_{2721} +$
 $22.X_{2722} + 25.X_{2725} + 26.X_{2726} + 27.X_{2727} + 28.X_{2728} + 29.X_{2729} + 30.X_{2730} + 31.X_{2731}$
- $9.X_{2709} + 10.X_{2710} + 11.X_{2711} + 12.X_{2712} + 13.X_{2713} + 14.X_{2714} + 15.X_{2715} + 16.X_{2716}$
 $+ 17.X_{2717} + 19.X_{2719} + 21.X_{2721} + 22.X_{2722} + 25.X_{2725} + 26.X_{2726} + 27.X_{2727} +$
 $28.X_{2728} + 29.X_{2729} + 30.X_{2730} + 31.X_{2731} \leq 9.X_{2809} + 10.X_{2810} + 11.X_{2811} + 12.X_{2812}$
 $+ 13.X_{2813} + 14.X_{2814} + 15.X_{2815} + 16.X_{2816} + 17.X_{2817} + 19.X_{2819} + 21.X_{2821} +$
 $22.X_{2822} + 25.X_{2825} + 26.X_{2826} + 27.X_{2827} + 28.X_{2828} + 29.X_{2829} + 30.X_{2830} + 31.X_{2831}$
 $+ 32.X_{2832}$
- $9.X_{2809} + 10.X_{2810} + 11.X_{2811} + 12.X_{2812} + 13.X_{2813} + 14.X_{2814} + 15.X_{2815} + 16.X_{2816}$
 $+ 17.X_{2817} + 19.X_{2819} + 21.X_{2821} + 22.X_{2822} + 25.X_{2825} + 26.X_{2826} + 27.X_{2827} +$
 $28.X_{2828} + 29.X_{2829} + 30.X_{2830} + 31.X_{2831} + 32.X_{2832} \leq 9.X_{2909} + 10.X_{2910} + 11.X_{2911}$

$$+ 12.X_{2912} + 13.X_{2913} + 14.X_{2914} + 15.X_{2915} + 16.X_{2916} + 17.X_{2917} + 19.X_{2919} + 21.X_{29821} + 22.X_{2922} + 25.X_{2925} + 26.X_{2926} + 27.X_{2927} + 28.X_{2928} + 29.X_{2929} + 30.X_{2930} + 31.X_{2931} + 32.X_{2932}$$

- $9.X_{2909} + 10.X_{2910} + 11.X_{2911} + 12.X_{2912} + 13.X_{2913} + 14.X_{2914} + 15.X_{2915} + 16.X_{2916} + 17.X_{2917} + 19.X_{2919} + 21.X_{29821} + 22.X_{2922} + 25.X_{2925} + 26.X_{2926} + 27.X_{2927} + 28.X_{2928} + 29.X_{2929} + 30.X_{2930} + 31.X_{2931} + 32.X_{2932} \leq 9.X_{3109} + 10.X_{3110} + 11.X_{3111} + 12.X_{3112} + 13.X_{3113} + 14.X_{3114} + 15.X_{3115} + 16.X_{3116} + 17.X_{3117} + 19.X_{3119} + 21.X_{3121} + 22.X_{3122} + 25.X_{3125} + 26.X_{3126} + 27.X_{3127} + 28.X_{3128} + 29.X_{3129} + 30.X_{3130} + 31.X_{3131} + 32.X_{3132}$
- $9.X_{3109} + 10.X_{3110} + 11.X_{3111} + 12.X_{3112} + 13.X_{3113} + 14.X_{3114} + 15.X_{3115} + 16.X_{3116} + 17.X_{3117} + 19.X_{3119} + 21.X_{3121} + 22.X_{3122} + 25.X_{3125} + 26.X_{3126} + 27.X_{3127} + 28.X_{3128} + 29.X_{3129} + 30.X_{3130} + 31.X_{3131} + 32.X_{3132} \leq 9.X_{3209} + 10.X_{3210} + 11.X_{3211} + 12.X_{3212} + 13.X_{3213} + 14.X_{3214} + 15.X_{3215} + 16.X_{3216} + 17.X_{3217} + 19.X_{3219} + 21.X_{3221} + 22.X_{3222} + 25.X_{3225} + 26.X_{3226} + 27.X_{3227} + 28.X_{3228} + 29.X_{3229} + 30.X_{3230} + 31.X_{3231} + 32.X_{3232}$
- $9.X_{3209} + 10.X_{3210} + 11.X_{3211} + 12.X_{3212} + 13.X_{3213} + 14.X_{3214} + 15.X_{3215} + 16.X_{3216} + 17.X_{3217} + 19.X_{3219} + 21.X_{3221} + 22.X_{3222} + 25.X_{3225} + 26.X_{3226} + 27.X_{3227} + 28.X_{3228} + 29.X_{3229} + 30.X_{3230} + 31.X_{3231} + 32.X_{3232} \leq 33.X_{3333}$

LE.V Skrip Lingo

$$\text{Max} = 1031/(1*m*1*ct);$$

$$X_{0101} + X_{0102} + X_{0103} = 1;$$

$$X_{0201} + X_{0202} + X_{0203} = 1;$$

$$X_{0301} + X_{0302} + X_{0303} = 1;$$

$$X_{0404} + X_{0405} + X_{0406} + X_{0407} = 1;$$

$$X_{0504} + X_{0505} + X_{0506} + X_{0507} = 1;$$

$$X_{0604} + X_{0605} + X_{0606} + X_{0607} = 1;$$

$$X_{0704} + X_{0705} + X_{0706} + X_{0707} = 1;$$

$$X_{0808} + X_{0818} + X_{0820} + X_{0824} = 1;$$

$$X_{0909} + X_{0910} + X_{0911} + X_{0912} + X_{0913} + X_{0914} + X_{0915} + X_{0916} + X_{0917} + X_{0919} + X_{0921} + X_{0922} + X_{0925} + X_{0926} + X_{0927} + X_{0928} + X_{0929} = 1;$$

$$X1009 + X1010 + X1011 + X1012 + X1013 + X1014 + X1015 + X1016 + X1017 + X1019 + X1021 + X1022 + X1025 + X1026 + X1027 + X1028 + X1029 = 1;$$

$$X1109 + X1110 + X1111 + X1112 + X1113 + X1114 + X1115 + X1116 + X1117 + X1119 + X1121 + X1122 + X1125 + X1126 + X1127 + X1128 = 1;$$

$$X1209 + X1210 + X1211 + X1212 + X1213 + X1214 + X1215 + X1216 + X1217 + X1219 + X1221 + X1222 + X1225 + X1226 + X1227 + X1228 = 1;$$

$$X1309 + X1310 + X1311 + X1312 + X1313 + X1314 + X1315 + X1316 + X1317 + X1319 + X1321 + X1322 + X1325 + X1326 + X1327 + X1328 = 1;$$

$$X1409 + X1410 + X1411 + X1412 + X1413 + X1414 + X1415 + X1416 + X1417 + X1419 + X1421 + X1422 + X1425 + X1426 + X1427 + X1428 = 1;$$

$$X1509 + X1510 + X1511 + X1512 + X1513 + X1514 + X1515 + X1516 + X1517 + X1519 + X1521 + X1522 + X1525 + X1526 + X1527 + X1528 + X1529 = 1;$$

$$X1609 + X1610 + X1611 + X1612 + X1613 + X1614 + X1615 + X1616 + X1617 + X1619 + X1621 + X1622 + X1625 + X1626 + X1627 + X1628 + X1629 = 1;$$

$$X1709 + X1710 + X1711 + X1712 + X1713 + X1714 + X1715 + X1716 + X1717 + X1719 + X1721 + X1722 + X1725 + X1726 + X1727 + X1728 + X1729 + X1730 = 1;$$

$$X1808 + X1818 + X1820 + X1824 = 1;$$

$$X1909 + X1910 + X1911 + X1912 + X1913 + X1914 + X1915 + X1916 + X1917 + X1919 + X1921 + X1922 + X1925 + X1926 + X1927 + X1928 + X1929 + X1930 = 1;$$

$$X2008 + X2018 + X2020 + X2024 = 1;$$

$$X2109 + X2110 + X2111 + X2112 + X2113 + X2114 + X2115 + X2116 + X2117 + X2119 + X2121 + X2122 + X2125 + X2126 + X2127 + X2128 + X2129 + X2130 = 1;$$

$$X2209 + X2210 + X2211 + X2212 + X2213 + X2214 + X2215 + X2216 + X2217 + X2219 + X2221 + X2222 + X2225 + X2226 + X2227 + X2228 + X2229 + X2230 = 1;$$

$$X2323 = 1;$$

$$X2408 + X2418 + X2420 + X2424 = 1;$$

$$X2509 + X2510 + X2511 + X2512 + X2513 + X2514 + X2515 + X2516 + X2517 + X2519 + X2521 + X2522 + X2525 + X2526 + X2527 + X2528 + X2529 + X2530 + X2531 = 1;$$

$$X2609 + X2610 + X2611 + X2612 + X2613 + X2614 + X2615 + X2616 + X2617 + X2619 + X2621 + X2622 + X2625 + X2626 + X2627 + X2628 + X2629 + X2630 + X2631 = 1;$$

$$X2709 + X2710 + X2711 + X2712 + X2713 + X2714 + X2715 + X2716 + X2717 + X2719 + X2721 + X2722 + X2725 + X2726 + X2727 + X2728 + X2729 + X2730 + X2731 = 1;$$

$$X2809 + X2810 + X2811 + X2812 + X2813 + X2814 + X2815 + X2816 + X2817 + X2819 + X2821 + X2822 + X2825 + X2826 + X2827 + X2828 + X2829 + X2830 + X2831 + X2832 = 1;$$

$$X2909 + X2910 + X2911 + X2912 + X2913 + X2914 + X2915 + X2916 + X2917 + X2919 + X2921 + X2922 + X2925 + X2926 + X2927 + X2928 + X2929 + X2930 + X2931 + X2932 = 1;$$

$$X3009 + X3010 + X3011 + X3012 + X3013 + X3014 + X3015 + X3016 + X3017 + X3019 + X3021 + X3022 + X3025 + X3026 + X3027 + X3028 + X3029 + X3030 + X3031 + X3032 = 1;$$

$$X3109 + X3110 + X3111 + X3112 + X3113 + X3114 + X3115 + X3116 + X3117 + X3119 + X3121 + X3122 + X3125 + X3126 + X3127 + X3128 + X3129 + X3130 + X3131 + X3132 = 1;$$

$$X3209 + X3210 + X3211 + X3212 + X3213 + X3214 + X3215 + X3216 + X3217 + X3219 + X3221 + X3222 + X3225 + X3226 + X3227 + X3228 + X3229 + X3230 + X3231 + X3232 = 1;$$

$$X3333 = 1;$$

$$22.00 * X0101 + 12.00 * X0201 + 12.00 * X0301 \leq 1 * ct * 1 * Y01;$$

$$22.00 * X0102 + 12.00 * X0202 + 12.00 * X0302 \leq 1 * ct * 1 * Y02;$$

$$22.00 * X0103 + 12.00 * X0203 + 12.00 * X0303 \leq 1 * ct * 1 * Y03;$$

$$24.00 * X0404 + 10.00 * X0504 + 26.00 * X0604 + 26.00 * X0704 \leq 1 * ct * 1 * Y04;$$

$$24.00 * X0405 + 10.00 * X0505 + 26.00 * X0605 + 26.00 * X0705 \leq 1 * ct * 1 * Y05;$$

$$24.00 * X0406 + 10.00 * X0506 + 26.00 * X0606 + 26.00 * X0706 \leq 1 * ct * 1 * Y06;$$

$$24.00 * X0407 + 10.00 * X0507 + 26.00 * X0607 + 26.00 * X0707 \leq 1 * ct * 1 * Y07;$$

$$19.00 * X0808 + 15.00 * X1808 + 43.00 * X2008 + 13.00 * X2408 \leq 1 * ct * 1 * Y08;$$

$$23.00*X0909 + 45.00*X1009 + 36.00*X1109 + 34.00*X1209 + 22.00*X1309 + 100.00*X1409 + 44.00*X1509 + 50.00*X1609 + 11.00*X1709 + 15.00*X1909 + 15.00*X2109 + 25.00*X2209 + 27.00*X2509 + 44.00*X2609 + 35.00*X2709 + 14.00*X2809 + 135.00*X2909 + 17.00*X3009 + 15.00*X3109 + 25.00*X3209 \leq 1*ct*1*Y09;$$

$$23.00*X0910 + 45.00*X1010 + 36.00*X1110 + 34.00*X1210 + 22.00*X1310 + 100.00*X1410 + 44.00*X1510 + 50.00*X1610 + 11.00*X1710 + 15.00*X1910 + 15.00*X2110 + 25.00*X2210 + 27.00*X2510 + 44.00*X2610 + 35.00*X2710 + 14.00*X2810 + 135.00*X2910 + 17.00*X3010 + 15.00*X3110 + 25.00*X3210 \leq 1*ct*1*Y10;$$

$$23.00*X0911 + 45.00*X1011 + 36.00*X1111 + 34.00*X1211 + 22.00*X1311 + 100.00*X1411 + 44.00*X1511 + 50.00*X1611 + 11.00*X1711 + 15.00*X1911 + 15.00*X2111 + 25.00*X2211 + 27.00*X2511 + 44.00*X2611 + 35.00*X2711 + 14.00*X2811 + 135.00*X2911 + 17.00*X3011 + 15.00*X3111 + 25.00*X3211 \leq 1*ct*1*Y11;$$

$$23.00*X0912 + 45.00*X1012 + 36.00*X1112 + 34.00*X1212 + 22.00*X1312 + 100.00*X1412 + 44.00*X1512 + 50.00*X1612 + 11.00*X1712 + 15.00*X1912 + 15.00*X2112 + 25.00*X2212 + 27.00*X2512 + 44.00*X2612 + 35.00*X2712 + 14.00*X2812 + 135.00*X2912 + 17.00*X3012 + 15.00*X3112 + 25.00*X3212 \leq 1*ct*1*Y12;$$

$$23.00*X0913 + 45.00*X1013 + 36.00*X1113 + 34.00*X1213 + 22.00*X1313 + 100.00*X1413 + 44.00*X1513 + 50.00*X1613 + 11.00*X1713 + 15.00*X1913 + 15.00*X2113 + 25.00*X2213 + 27.00*X2513 + 44.00*X2613 + 35.00*X2713 + 14.00*X2813 + 135.00*X2913 + 17.00*X3013 + 15.00*X3113 + 25.00*X3213 \leq 1*ct*1*Y13;$$

$$23.00*X0914 + 45.00*X1014 + 36.00*X1114 + 34.00*X1214 + 22.00*X1314 + 100*X1414 + 44.00*X1514 + 50.00*X1614 + 11.00*X1714 + 15.00*X1914 + 15.00*X2114 + 25.00*X2214 + 27.00*X2514 + 44.00*X2614 + 35.00*X2714 + 14.00*X2814 + 135.00*X2914 + 17.00*X3014 + 15.00*X3114 + 25.00*X3214 \leq 1*ct*Y14;$$

$$23.00*X0915 + 45.00*X1015 + 36.00*X1115 + 34.00*X1215 + 22.00*X1315 + 100.00*X1415 + 44.00*X1515 + 50.00*X1615 + 11.00*X1715 + 15.00*X1915 + 15.00*X2115 + 25.00*X2215 + 27.00*X2515 + 44.00*X2615 + 35.00*X2715 + 14.00*X2815 + 135.00*X2915 + 17.00*X3015 + 15.00*X3115 + 25.00*X3215 \leq 1*ct*Y15;$$

$$23.00*X0916 + 45.00*X1016 + 36.00*X1116 + 34.00*X1216 + 22.00*X1316 + 100.00*X1416 + 44.00*X1516 + 50.00*X1616 + 11.00*X1716 + 15.00*X1916 + 15.00*X2116 + 25.00*X2216 + 27.00*X2516 + 44.00*X2616 + 35.00*X2716 + 14.00*X2816 + 135.00*X2916 + 17.00*X3016 + 15.00*X3116 + 25.00*X3216 \leq 1*ct*1*Y16;$$

$$23.00*X0917 + 45.00*X1017 + 36.00*X1117 + 34.00*X1217 + 22.00*X1317 + 100.00*X1417 + 44.00*X1517 + 50.00*X1617 + 11.00*X1717 + 15.00*X1917 + 15.00*X2117 + 25.00*X2217 + 27.00*X2517 + 44.00*X2617 + 35.00*X2717 + 14.00*X2817 + 135.00*X2917 + 17.00*X3017 + 15.00*X3117 + 25.00*X3217 \leq 1*ct*1*Y17;$$

$$19.00*X0818 + 15.00*X1818 + 43.00*X2018 + 13.00*X2418 \leq 1*ct*1*Y18;$$

$$23.00*X0919 + 45.00*X1019 + 36.00*X1119 + 34.00*X1219 + 22.00*X1319 + 100.00*X1419 + 44.00*X1519 + 50.00*X1619 + 11.00*X1719 + 15.00*X1919 + 15.00*X2119 + 25.00*X2219 + 27.00*X2519 + 44.00*X2619 + 35.00*X2719 + 14.00*X2819 + 135.00*X2919 + 17.00*X3019 + 15.00*X3119 + 25.00*X3219 \leq 1*ct*1*Y19;$$

$$19.00*X0820 + 15.00*X1820 + 43.00*X2020 + 13.00*X2420 \leq 1*ct*1*Y20;$$

$$23.00*X0921 + 45.00*X1021 + 36.00*X1121 + 34.00*X1221 + 22.00*X1321 + 100.00*X1421 + 44.00*X1521 + 50.00*X1621 + 11.00*X1721 + 15.00*X1921 + 15.00*X2121 + 25.00*X2221 + 27.00*X2521 + 44.00*X2621 + 35.00*X2721 + 14.00*X2821 + 135.00*X2921 + 17.00*X3021 + 15.00*X3121 + 25.00*X3221 \leq 1*ct*1*Y21;$$

$$23.00*X0922 + 45.00*X1022 + 36.00*X1122 + 34.00*X1222 + 22.00*X1322 + 100.00*X1422 + 44.00*X1522 + 50.00*X1622 + 11.00*X1722 + 15.00*X1922 + 15.00*X2122 + 25.00*X2222 + 27.00*X2522 + 44.00*X2622 + 35.00*X2722 +$$

$$14.00 * X2822 + 135.00 * X2922 + 17.00 * X3022 + 15.00 * X3122 + 25.00 * X3222 \leq 1 * ct * 1 * Y22;$$

$$9.00 * X2323 \leq 1 * ct * 1 * Y23;$$

$$19.00 * X0824 + 15.00 * X1824 + 43.00 * X2024 + 13.00 * X2424 \leq 1 * ct * 1 * Y24;$$

$$23.00 * X0925 + 45.00 * X1025 + 36.00 * X1125 + 34.00 * X1225 + 22.00 * X1325 + 100.00 * X1425 + 44.00 * X1525 + 50.00 * X1625 + 11.00 * X1725 + 15.00 * X1925 + 15.00 * X2125 + 25.00 * X2225 + 27.00 * X2525 + 44.00 * X2625 + 35.00 * X2725 + 14.00 * X2825 + 135.00 * X2925 + 17.00 * X3025 + 15.00 * X3125 + 25.00 * X3225 \leq 1 * ct * 1 * Y25;$$

$$23.00 * X0926 + 45.00 * X1026 + 36.00 * X1126 + 34.00 * X1226 + 22.00 * X1326 + 100.00 * X1426 + 44.00 * X1526 + 50.00 * X1626 + 11.00 * X1726 + 15.00 * X1926 + 15.00 * X2126 + 25.00 * X2226 + 27.00 * X2526 + 44.00 * X2626 + 35.00 * X2726 + 14.00 * X2826 + 135.00 * X2926 + 17.00 * X3026 + 15.00 * X3126 + 25.00 * X3226 \leq 1 * ct * 1 * Y26;$$

$$23.00 * X0927 + 45.00 * X1027 + 36.00 * X1127 + 34.00 * X1227 + 22.00 * X1327 + 100.00 * X1427 + 44.00 * X1527 + 50.00 * X1627 + 11.00 * X1727 + 15.00 * X1927 + 15.00 * X2127 + 25.00 * X2227 + 27.00 * X2527 + 44.00 * X2627 + 35.00 * X2727 + 14.00 * X2827 + 135.00 * X2927 + 17.00 * X3027 + 15.00 * X3127 + 25.00 * X3227 \leq 1 * ct * 1 * Y27;$$

$$23.00 * X0928 + 45.00 * X1028 + 36.00 * X1128 + 34.00 * X1228 + 22.00 * X1328 + 100.00 * X1428 + 44.00 * X1528 + 50.00 * X1628 + 11.00 * X1728 + 15.00 * X1928 + 15.00 * X2128 + 25.00 * X2228 + 27.00 * X2528 + 44.00 * X2628 + 35.00 * X2728 + 14.00 * X2828 + 135.00 * X2928 + 17.00 * X3028 + 15.00 * X3128 + 25.00 * X3228 \leq 1 * ct * 1 * Y28;$$

$$23.00 * X0929 + 45.00 * X1029 + 44.00 * X1529 + 50.00 * X1629 + 11.00 * X1729 + 15.00 * X1929 + 15.00 * X2129 + 25.00 * X2229 + 27.00 * X2529 + 44.00 * X2629 + 35.00 * X2729 + 14.00 * X2829 + 135.00 * X2929 + 17.00 * X3029 + 15.00 * X3129 + 25.00 * X3229 \leq 1 * ct * 1 * Y29;$$

$$11.00 * X1730 + 15.00 * X1930 + 15.00 * X2130 + 25.00 * X2230 + 27.00 * X2530 + 44.00 * X2630 + 35.00 * X2730 + 14.00 * X2830 + 135.00 * X2930 + 17.00 * X3030 + 15.00 * X3130 + 25.00 * X3230 \leq 1 * ct * 1 * Y30;$$

$$27.00 * X2531 + 44.00 * X2631 + 35.00 * X2731 + 14.00 * X2831 + 135.00 * X2931 + 17.00 * X3031 + 15.00 * X3131 + 25.00 * X3231 \leq 1 * ct * 1 * Y31;$$

$$14.00 * X2832 + 135.00 * X2932 + 17.00 * X3032 + 15.00 * X3132 + 25.00 * X3232 \leq 1 * ct * 1 * Y32;$$

$$68.00 * X3333 \leq 1 * ct * 1 * Y33;$$

$$1 * X0101 + 2 * X0102 + 3 * X0103 \leq 1 * X0201 + 2 * X0202 + 3 * X0203;$$

$$9 * X0909 + 10 * X0910 + 11 * X0911 + 12 * X0912 + 13 * X0913 + 14 * X0914 + 15 * X0915 + 16 * X0916 + 17 * X0917 + 19 * X0919 + 21 * X0921 + 22 * X0922 + 25 * X0925 + 26 * X0926 + 27 * X0927 + 28 * X0928 + 29 * X0929 \leq 9 * X1009 + 10 * X1010 + 11 * X1011 + 12 * X1012 + 13 * X1013 + 14 * X1014 + 15 * X1015 + 16 * X1016 + 17 * X1017 + 19 * X1019 + 21 * X1021 + 22 * X1022 + 25 * X1025 + 26 * X1026 + 27 * X1027 + 28 * X1028 + 29 * X1029;$$

$$9 * X1309 + 10 * X1310 + 11 * X1311 + 12 * X1312 + 13 * X1313 + 14 * X1314 + 15 * X1315 + 16 * X1316 + 17 * X1317 + 19 * X1319 + 21 * X1321 + 22 * X1322 + 25 * X1325 + 26 * X1326 + 27 * X1327 + 28 * X1328 \leq 9 * X1409 + 10 * X1410 + 11 * X1411 + 12 * X1412 + 13 * X1413 + 14 * X1414 + 15 * X1415 + 16 * X1416 + 17 * X1417 + 19 * X1419 + 21 * X1421 + 22 * X1422 + 25 * X1425 + 26 * X1426 + 27 * X1427 + 28 * X1428;$$

$$1 * X0301 + 2 * X0302 + 3 * X0303 \leq 4 * X0704 + 5 * X0705 + 6 * X0706 + 7 * X0707;$$

$$9 * X3009 + 10 * X3010 + 11 * X3011 + 12 * X3012 + 13 * X3013 + 14 * X3014 + 15 * X3015 + 16 * X3016 + 17 * X3017 + 19 * X3019 + 21 * X3021 + 22 * X3022 + 25 * X3025 + 26 * X3026 + 27 * X3027 + 28 * X3028 + 29 * X3029 + 30 * X3030 + 31 * X3031 + 32 * X3032 \leq 9 * X3209 + 10 * X3210 + 11 * X3211 + 12 * X3212 + 13 * X3213 + 14 * X3214 + 15 * X3215 + 16 * X3216 + 17 * X3217 + 19 * X3219 + 21 * X3221 + 22 * X3222 + 25 * X3225 + 26 * X3226 + 27 * X3227 + 28 * X3228 + 29 * X3229 + 30 * X3230 + 31 * X3231 + 32 * X3232;$$

$$1 * X0201 + 2 * X0202 + 3 * X0203 \leq 4 * X0404 + 5 * X0405 + 6 * X0406 + 7 * X0407;$$

$$9 * X1009 + 10 * X1010 + 11 * X1011 + 12 * X1012 + 13 * X1013 + 14 * X1014 + 15 * X1015 + 16 * X1016 + 17 * X1017 + 19 * X1019 + 21 * X1021 + 22 * X1022 + 25 * X1025 + 26 * X1026 + 27 * X1027 + 28 * X1028 + 29 * X1029 \leq 9 * X1709 +$$

$10*X1710 + 11*X1711 + 12*X1712 + 13*X1713 + 14*X1714 + 15*X1715 +$
 $16*X1716 + 17*X1717 + 19*X1719 + 21*X1721 + 22*X1722 + 25*X1725 +$
 $26*X1726 + 27*X1727 + 28*X1728 + 29*X1729 + 30*X1730;$

$4*X0704 + 5*X0705 + 6*X0706 + 7*X0707 \leq 9*X1109 + 10*X1110 + 11*X1111$
 $+ 12*X1112 + 13*X1113 + 14*X1114 + 15*X1115 + 16*X1116 + 17*X1117 +$
 $19*X1119 + 21*X1121 + 22*X1122 + 25*X1125 + 26*X1126 + 27*X1127 +$
 $28*X1128;$

$4*X0404 + 5*X0405 + 6*X0406 + 7*X0407 \leq 4*X0504 + 5*X0505 + 6*X0506 +$
 $7*X0507;$

$9*X1109 + 10*X1110 + 11*X1111 + 12*X1112 + 13*X1113 + 14*X1114 +$
 $15*X1115 + 16*X1116 + 17*X1117 + 19*X1119 + 21*X1121 + 22*X1122 +$
 $25*X1125 + 26*X1126 + 27*X1127 + 28*X1128 \leq 9*X1209 + 10*X1210 +$
 $11*X1211 + 12*X1212 + 13*X1213 + 14*X1214 + 15*X1215 + 16*X1216 +$
 $17*X1217 + 19*X1219 + 21*X1221 + 22*X1222 + 25*X1225 + 26*X1226 +$
 $27*X1227 + 28*X1228;$

$4*X0504 + 5*X0505 + 6*X0506 + 7*X0507 \leq 4*X0604 + 5*X0605 + 6*X0606 +$
 $7*X0607;$

$9*X1209 + 10*X1210 + 11*X1211 + 12*X1212 + 13*X1213 + 14*X1214 +$
 $15*X1215 + 16*X1216 + 17*X1217 + 19*X1219 + 21*X1221 + 22*X1222 +$
 $25*X1225 + 26*X1226 + 27*X1227 + 28*X1228 \leq 9*X1409 + 10*X1410 +$
 $11*X1411 + 12*X1412 + 13*X1413 + 14*X1414 + 15*X1415 + 16*X1416 +$
 $17*X1417 + 19*X1419 + 21*X1421 + 22*X1422 + 25*X1425 + 26*X1426 +$
 $27*X1427 + 28*X1428;$

$4*X0604 + 5*X0605 + 6*X0606 + 7*X0607 \leq 8*X0808 + 18*X0818 + 20*X0820$
 $+ 24*X0824;$

$9*X1409 + 10*X1410 + 11*X1411 + 12*X1412 + 13*X1413 + 14*X1414 +$
 $15*X1415 + 16*X1416 + 17*X1417 + 19*X1419 + 21*X1421 + 22*X1422 +$
 $25*X1425 + 26*X1426 + 27*X1427 + 28*X1428 \leq 9*X1509 + 10*X1510 +$
 $11*X1511 + 12*X1512 + 13*X1513 + 14*X1514 + 15*X1515 + 16*X1516 +$
 $17*X1517 + 19*X1519 + 21*X1521 + 22*X1522 + 25*X1525 + 26*X1526 +$
 $27*X1527 + 28*X1528 + 29*X1529;$

$$8*X0808 + 18*X0818 + 20*X0820 + 24*X0824 \leq 8*X1808 + 18*X1818 + 20*X1820 + 24*X1824;$$

$$9*X1509 + 10*X1510 + 11*X1511 + 12*X1512 + 13*X1513 + 14*X1514 + 15*X1515 + 16*X1516 + 17*X1517 + 19*X1519 + 21*X1521 + 22*X1522 + 25*X1525 + 26*X1526 + 27*X1527 + 28*X1528 + 29*X1529 \leq 9*X1609 + 10*X1610 + 11*X1611 + 12*X1612 + 13*X1613 + 14*X1614 + 15*X1615 + 16*X1616 + 17*X1617 + 19*X1619 + 21*X1621 + 22*X1622 + 25*X1625 + 26*X1626 + 27*X1627 + 28*X1628 + 29*X1629;$$

$$9*X1609 + 10*X1610 + 11*X1611 + 12*X1612 + 13*X1613 + 14*X1614 + 15*X1615 + 16*X1616 + 17*X1617 + 19*X1619 + 21*X1621 + 22*X1622 + 25*X1625 + 26*X1626 + 27*X1627 + 28*X1628 + 29*X1629 \leq 9*X1709 + 10*X1710 + 11*X1711 + 12*X1712 + 13*X1713 + 14*X1714 + 15*X1715 + 16*X1716 + 17*X1717 + 19*X1719 + 21*X1721 + 22*X1722 + 25*X1725 + 26*X1726 + 27*X1727 + 28*X1728 + 29*X1729 + 30*X1730;$$

$$9*X1709 + 10*X1710 + 11*X1711 + 12*X1712 + 13*X1713 + 14*X1714 + 15*X1715 + 16*X1716 + 17*X1717 + 19*X1719 + 21*X1721 + 22*X1722 + 25*X1725 + 26*X1726 + 27*X1727 + 28*X1728 + 29*X1729 + 30*X1730 \leq 8*X1808 + 18*X1818 + 20*X1820 + 24*X1824;$$

$$8*X1808 + 18*X1818 + 20*X1820 + 24*X1824 \leq 9*X1909 + 10*X1910 + 11*X1911 + 12*X1912 + 13*X1913 + 14*X1914 + 15*X1915 + 16*X1916 + 17*X1917 + 19*X1919 + 21*X1921 + 22*X1922 + 25*X1925 + 26*X1926 + 27*X1927 + 28*X1928 + 29*X1929 + 30*X1930;$$

$$9*X1909 + 10*X1910 + 11*X1911 + 12*X1912 + 13*X1913 + 14*X1914 + 15*X1915 + 16*X1916 + 17*X1917 + 19*X1919 + 21*X1921 + 22*X1922 + 25*X1925 + 26*X1926 + 27*X1927 + 28*X1928 + 29*X1929 + 30*X1930 \leq 8*X2008 + 18*X2018 + 20*X2020 + 24*X2024;$$

$$8*X2008 + 18*X2018 + 20*X2020 + 24*X2024 \leq 9*X2109 + 10*X2110 + 11*X2111 + 12*X2112 + 13*X2113 + 14*X2114 + 15*X2115 + 16*X2116 + 17*X2117 + 19*X2119 + 21*X2121 + 22*X2122 + 25*X2125 + 26*X2126 + 27*X2127 + 28*X2128 + 29*X2129 + 30*X2130;$$

$$\begin{aligned}
&9*X2109 + 10*X2110 + 11*X2111 + 12*X2112 + 13*X2113 + 14*X2114 + \\
&15*X2115 + 16*X2116 + 17*X2117 + 19*X2119 + 21*X2121 + 22*X2122 + \\
&25*X2125 + 26*X2126 + 27*X2127 + 28*X2128 + 29*X2129 + 30*X2130 \leq \\
&9*X2209 + 10*X2210 + 11*X2211 + 12*X2212 + 13*X2213 + 14*X2214 + \\
&15*X2215 + 16*X2216 + 17*X2217 + 19*X2219 + 21*X2221 + 22*X2222 + \\
&25*X2225 + 26*X2226 + 27*X2227 + 28*X2228 + 29*X2229 + 30*X2230;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&9*X2209 + 10*X2210 + 11*X2211 + 12*X2212 + 13*X2213 + 14*X2214 + \\
&15*X2215 + 16*X2216 + 17*X2217 + 19*X2219 + 21*X2221 + 22*X2222 + \\
&25*X2225 + 26*X2226 + 27*X2227 + 28*X2228 + 29*X2229 + 30*X2230 \leq \\
&23*X2323;
\end{aligned}$$

$$23*X2323 \leq 8*X2408 + 18*X2418 + 20*X2420 + 24*X2424;$$

$$\begin{aligned}
&8*X2408 + 18*X2418 + 20*X2420 + 24*X2424 \leq 9*X2509 + 10*X2510 + \\
&11*X2511 + 12*X2512 + 13*X2513 + 14*X2514 + 15*X2515 + 16*X2516 + \\
&17*X2517 + 19*X2519 + 21*X2521 + 22*X2522 + 25*X2525 + 26*X2526 + \\
&27*X2527 + 28*X2528 + 29*X2529 + 30*X2530 + 31*X2531;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&9*X2509 + 10*X2510 + 11*X2511 + 12*X2512 + 13*X2513 + 14*X2514 + \\
&15*X2515 + 16*X2516 + 17*X2517 + 19*X2519 + 21*X2521 + 22*X2522 + \\
&25*X2525 + 26*X2526 + 27*X2527 + 28*X2528 + 29*X2529 + 30*X2530 + \\
&31*X2531 \leq 9*X2609 + 10*X2610 + 11*X2611 + 12*X2612 + 13*X2613 + \\
&14*X2614 + 15*X2615 + 16*X2616 + 17*X2617 + 19*X2619 + 21*X2621 + \\
&22*X2622 + 25*X2625 + 26*X2626 + 27*X2627 + 28*X2628 + 29*X2629 + \\
&30*X2630 + 31*X2631;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&9*X2609 + 10*X2610 + 11*X2611 + 12*X2612 + 13*X2613 + 14*X2614 + \\
&15*X2615 + 16*X2616 + 17*X2617 + 19*X2619 + 21*X2621 + 22*X2622 + \\
&25*X2625 + 26*X2626 + 27*X2627 + 28*X2628 + 29*X2629 + 30*X2630 + \\
&31*X2631 \leq 9*X2709 + 10*X2710 + 11*X2711 + 12*X2712 + 13*X2713 + \\
&14*X2714 + 15*X2715 + 16*X2716 + 17*X2717 + 19*X2719 + 21*X2721 + \\
&22*X2722 + 25*X2725 + 26*X2726 + 27*X2727 + 28*X2728 + 29*X2729 + \\
&30*X2730 + 31*X2731;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&9*X2709 + 10*X2710 + 11*X2711 + 12*X2712 + 13*X2713 + 14*X2714 + \\
&15*X2715 + 16*X2716 + 17*X2717 + 19*X2719 + 21*X2721 + 22*X2722 +
\end{aligned}$$

$25 * X2725 + 26 * X2726 + 27 * X2727 + 28 * X2728 + 29 * X2729 + 30 * X2730 +$
 $31 * X2731 \leq 9 * X2809 + 10 * X2810 + 11 * X2811 + 12 * X2812 + 13 * X2813 +$
 $14 * X2814 + 15 * X2815 + 16 * X2816 + 17 * X2817 + 19 * X2819 + 21 * X2821 +$
 $22 * X2822 + 25 * X2825 + 26 * X2826 + 27 * X2827 + 28 * X2828 + 29 * X2829 +$
 $30 * X2830 + 31 * X2831 + 32 * X2832;$

$9 * X2809 + 10 * X2810 + 11 * X2811 + 12 * X2812 + 13 * X2813 + 14 * X2814 +$
 $15 * X2815 + 16 * X2816 + 17 * X2817 + 19 * X2819 + 21 * X2821 + 22 * X2822 +$
 $25 * X2825 + 26 * X2826 + 27 * X2827 + 28 * X2828 + 29 * X2829 + 30 * X2830 +$
 $31 * X2831 + 32 * X2832 \leq 9 * X2909 + 10 * X2910 + 11 * X2911 + 12 * X2912 +$
 $13 * X2913 + 14 * X2914 + 15 * X2915 + 16 * X2916 + 17 * X2917 + 19 * X2919 +$
 $21 * X2921 + 22 * X2922 + 25 * X2925 + 26 * X2926 + 27 * X2927 + 28 * X2928 +$
 $29 * X2929 + 30 * X2930 + 31 * X2931 + 32 * X2932;$

$9 * X2909 + 10 * X2910 + 11 * X2911 + 12 * X2912 + 13 * X2913 + 14 * X2914 +$
 $15 * X2915 + 16 * X2916 + 17 * X2917 + 19 * X2919 + 21 * X2921 + 22 * X2922 +$
 $25 * X2925 + 26 * X2926 + 27 * X2927 + 28 * X2928 + 29 * X2929 + 30 * X2930 +$
 $31 * X2931 + 32 * X2932 \leq 9 * X3109 + 10 * X3110 + 11 * X3111 + 12 * X3112 +$
 $13 * X3113 + 14 * X3114 + 15 * X3115 + 16 * X3116 + 17 * X3117 + 19 * X3119 +$
 $21 * X3121 + 22 * X3122 + 25 * X3125 + 26 * X3126 + 27 * X3127 + 28 * X3128 +$
 $29 * X3129 + 30 * X3130 + 31 * X3131 + 32 * X3132;$

$9 * X3109 + 10 * X3110 + 11 * X3111 + 12 * X3112 + 13 * X3113 + 14 * X3114 +$
 $15 * X3115 + 16 * X3116 + 17 * X3117 + 19 * X3119 + 21 * X3121 + 22 * X3122 +$
 $25 * X3125 + 26 * X3126 + 27 * X3127 + 28 * X3128 + 29 * X3129 + 30 * X3130 +$
 $31 * X3131 + 32 * X3132 \leq 9 * X3209 + 10 * X3210 + 11 * X3211 + 12 * X3212 +$
 $13 * X3213 + 14 * X3214 + 15 * X3215 + 16 * X3216 + 17 * X3217 + 19 * X3219 +$
 $21 * X3221 + 22 * X3222 + 25 * X3225 + 26 * X3226 + 27 * X3227 + 28 * X3228 +$
 $29 * X3229 + 30 * X3230 + 31 * X3231 + 32 * X3232;$

$9 * X3209 + 10 * X3210 + 11 * X3211 + 12 * X3212 + 13 * X3213 + 14 * X3214 +$
 $15 * X3215 + 16 * X3216 + 17 * X3217 + 19 * X3219 + 21 * X3221 + 22 * X3222 +$
 $25 * X3225 + 26 * X3226 + 27 * X3227 + 28 * X3228 + 29 * X3229 + 30 * X3230 +$
 $31 * X3231 + 32 * X3232 \leq 33 * X3333;$

@BIN(X0101);

@BIN(X0102);

@BIN(X0103);

@BIN(X0201);	@BIN(X0914);	@BIN(X1111);
@BIN(X0202);	@BIN(X0915);	@BIN(X1112);
@BIN(X0203);	@BIN(X0916);	@BIN(X1113);
@BIN(X0301);	@BIN(X0917);	@BIN(X1114);
@BIN(X0302);	@BIN(X0919);	@BIN(X1115);
@BIN(X0303);	@BIN(X0921);	@BIN(X1116);
@BIN(X0404);	@BIN(X0922);	@BIN(X1117);
@BIN(X0405);	@BIN(X0925);	@BIN(X1119);
@BIN(X0406);	@BIN(X0926);	@BIN(X1121);
@BIN(X0407);	@BIN(X0927);	@BIN(X1122);
@BIN(X0504);	@BIN(X0928);	@BIN(X1125);
@BIN(X0505);	@BIN(X0929);	@BIN(X1126);
@BIN(X0506);	@BIN(X1009);	@BIN(X1127);
@BIN(X0507);	@BIN(X1010);	@BIN(X1128);
@BIN(X0604);	@BIN(X1011);	@BIN(X1209);
@BIN(X0605);	@BIN(X1012);	@BIN(X1210);
@BIN(X0606);	@BIN(X1013);	@BIN(X1211);
@BIN(X0607);	@BIN(X1014);	@BIN(X1212);
@BIN(X0704);	@BIN(X1015);	@BIN(X1213);
@BIN(X0705);	@BIN(X1016);	@BIN(X1214);
@BIN(X0706);	@BIN(X1017);	@BIN(X1215);
@BIN(X0707);	@BIN(X1019);	@BIN(X1216);
@BIN(X0808);	@BIN(X1021);	@BIN(X1217);
@BIN(X0818);	@BIN(X1022);	@BIN(X1219);
@BIN(X0820);	@BIN(X1025);	@BIN(X1221);
@BIN(X0824);	@BIN(X1026);	@BIN(X1222);
@BIN(X0909);	@BIN(X1027);	@BIN(X1225);
@BIN(X0910);	@BIN(X1028);	@BIN(X1226);
@BIN(X0911);	@BIN(X1029);	@BIN(X1227);
@BIN(X0912);	@BIN(X1109);	@BIN(X1228);
@BIN(X0913);	@BIN(X1110);	@BIN(X1309);

@BIN(X1310);	@BIN(X1509);	@BIN(X1627);
@BIN(X1311);	@BIN(X1510);	@BIN(X1628);
@BIN(X1312);	@BIN(X1511);	@BIN(X1629);
@BIN(X1313);	@BIN(X1512);	@BIN(X1709);
@BIN(X1314);	@BIN(X1513);	@BIN(X1710);
@BIN(X1315);	@BIN(X1514);	@BIN(X1711);
@BIN(X1316);	@BIN(X1515);	@BIN(X1712);
@BIN(X1317);	@BIN(X1516);	@BIN(X1713);
@BIN(X1319);	@BIN(X1517);	@BIN(X1714);
@BIN(X1321);	@BIN(X1519);	@BIN(X1715);
@BIN(X1322);	@BIN(X1521);	@BIN(X1716);
@BIN(X1325);	@BIN(X1522);	@BIN(X1717);
@BIN(X1326);	@BIN(X1525);	@BIN(X1719);
@BIN(X1327);	@BIN(X1526);	@BIN(X1721);
@BIN(X1328);	@BIN(X1527);	@BIN(X1722);
@BIN(X1409);	@BIN(X1528);	@BIN(X1725);
@BIN(X1410);	@BIN(X1529);	@BIN(X1726);
@BIN(X1411);	@BIN(X1609);	@BIN(X1727);
@BIN(X1412);	@BIN(X1610);	@BIN(X1728);
@BIN(X1413);	@BIN(X1611);	@BIN(X1729);
@BIN(X1414);	@BIN(X1612);	@BIN(X1730);
@BIN(X1415);	@BIN(X1613);	@BIN(X1808);
@BIN(X1416);	@BIN(X1614);	@BIN(X1818);
@BIN(X1417);	@BIN(X1615);	@BIN(X1820);
@BIN(X1419);	@BIN(X1616);	@BIN(X1824);
@BIN(X1421);	@BIN(X1617);	@BIN(X1909);
@BIN(X1422);	@BIN(X1619);	@BIN(X1910);
@BIN(X1425);	@BIN(X1621);	@BIN(X1911);
@BIN(X1426);	@BIN(X1622);	@BIN(X1912);
@BIN(X1427);	@BIN(X1625);	@BIN(X1913);
@BIN(X1428);	@BIN(X1626);	@BIN(X1914);

@BIN(X1915);	@BIN(X2128);	@BIN(X2514);
@BIN(X1916);	@BIN(X2129);	@BIN(X2515);
@BIN(X1917);	@BIN(X2130);	@BIN(X2516);
@BIN(X1919);	@BIN(X2209);	@BIN(X2517);
@BIN(X1921);	@BIN(X2210);	@BIN(X2519);
@BIN(X1922);	@BIN(X2211);	@BIN(X2521);
@BIN(X1925);	@BIN(X2212);	@BIN(X2522);
@BIN(X1926);	@BIN(X2213);	@BIN(X2525);
@BIN(X1927);	@BIN(X2214);	@BIN(X2526);
@BIN(X1928);	@BIN(X2215);	@BIN(X2527);
@BIN(X1929);	@BIN(X2216);	@BIN(X2528);
@BIN(X1930);	@BIN(X2217);	@BIN(X2529);
@BIN(X2008);	@BIN(X2219);	@BIN(X2530);
@BIN(X2018);	@BIN(X2221);	@BIN(X2531);
@BIN(X2020);	@BIN(X2222);	@BIN(X2609);
@BIN(X2024);	@BIN(X2225);	@BIN(X2610);
@BIN(X2109);	@BIN(X2226);	@BIN(X2611);
@BIN(X2110);	@BIN(X2227);	@BIN(X2612);
@BIN(X2111);	@BIN(X2228);	@BIN(X2613);
@BIN(X2112);	@BIN(X2229);	@BIN(X2614);
@BIN(X2113);	@BIN(X2230);	@BIN(X2615);
@BIN(X2114);	@BIN(X2323);	@BIN(X2616);
@BIN(X2115);	@BIN(X2408);	@BIN(X2617);
@BIN(X2116);	@BIN(X2418);	@BIN(X2619);
@BIN(X2117);	@BIN(X2420);	@BIN(X2621);
@BIN(X2119);	@BIN(X2424);	@BIN(X2622);
@BIN(X2121);	@BIN(X2509);	@BIN(X2625);
@BIN(X2122);	@BIN(X2510);	@BIN(X2626);
@BIN(X2125);	@BIN(X2511);	@BIN(X2627);
@BIN(X2126);	@BIN(X2512);	@BIN(X2628);
@BIN(X2127);	@BIN(X2513);	@BIN(X2629);

@BIN(X2630);	@BIN(X2821);	@BIN(X3010);
@BIN(X2631);	@BIN(X2822);	@BIN(X3011);
@BIN(X2709);	@BIN(X2825);	@BIN(X3012);
@BIN(X2710);	@BIN(X2826);	@BIN(X3013);
@BIN(X2711);	@BIN(X2827);	@BIN(X3014);
@BIN(X2712);	@BIN(X2828);	@BIN(X3015);
@BIN(X2713);	@BIN(X2829);	@BIN(X3016);
@BIN(X2714);	@BIN(X2830);	@BIN(X3017);
@BIN(X2715);	@BIN(X2831);	@BIN(X3019);
@BIN(X2716);	@BIN(X2832);	@BIN(X3021);
@BIN(X2717);	@BIN(X2909);	@BIN(X3022);
@BIN(X2719);	@BIN(X2910);	@BIN(X3025);
@BIN(X2721);	@BIN(X2911);	@BIN(X3026);
@BIN(X2722);	@BIN(X2912);	@BIN(X3027);
@BIN(X2725);	@BIN(X2913);	@BIN(X3028);
@BIN(X2726);	@BIN(X2914);	@BIN(X3029);
@BIN(X2727);	@BIN(X2915);	@BIN(X3030);
@BIN(X2728);	@BIN(X2916);	@BIN(X3031);
@BIN(X2729);	@BIN(X2917);	@BIN(X3032);
@BIN(X2730);	@BIN(X2919);	@BIN(X3109);
@BIN(X2731);	@BIN(X2921);	@BIN(X3110);
@BIN(X2809);	@BIN(X2922);	@BIN(X3111);
@BIN(X2810);	@BIN(X2925);	@BIN(X3112);
@BIN(X2811);	@BIN(X2926);	@BIN(X3113);
@BIN(X2812);	@BIN(X2927);	@BIN(X3114);
@BIN(X2813);	@BIN(X2928);	@BIN(X3115);
@BIN(X2814);	@BIN(X2929);	@BIN(X3116);
@BIN(X2815);	@BIN(X2930);	@BIN(X3117);
@BIN(X2816);	@BIN(X2931);	@BIN(X3119);
@BIN(X2817);	@BIN(X2932);	@BIN(X3121);
@BIN(X2819);	@BIN(X3009);	@BIN(X3122);

@BIN(X3125);	@BIN(X3211);	@BIN(X3225);
@BIN(X3126);	@BIN(X3212);	@BIN(X3226);
@BIN(X3127);	@BIN(X3213);	@BIN(X3227);
@BIN(X3128);	@BIN(X3214);	@BIN(X3228);
@BIN(X3129);	@BIN(X3215);	@BIN(X3229);
@BIN(X3130);	@BIN(X3216);	@BIN(X3230);
@BIN(X3131);	@BIN(X3217);	@BIN(X3231);
@BIN(X3132);	@BIN(X3219);	@BIN(X3232);
@BIN(X3209);	@BIN(X3221);	@BIN(X3333);
@BIN(X3210);	@BIN(X3222);	

LE.VI Perhitungan Kebutuhan Operator

SK 1

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 1}}{\text{takt time}} = \frac{34}{22,5} = 1,511 \approx 2 \text{ orang}$$

SK 2

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 1}}{\text{takt time}} = \frac{12}{22,5} = 0,533 \approx 1 \text{ orang}$$

SK 3

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 3}}{\text{takt time}} = \frac{86}{22,5} = 3,822 \approx 4 \text{ orang}$$

SK 4

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 4}}{\text{takt time}} = \frac{215}{22,5} = 9,556 \approx 10 \text{ orang}$$

SK 5

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 5}}{\text{takt time}} = \frac{44}{22,5} = 1,956 \approx 2 \text{ orang}$$

SK 6

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 6}}{\text{takt time}} = \frac{45}{22,5} = 2,000 \approx 2 \text{ orang}$$

SK 7

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 7}}{\text{takt time}} = \frac{61}{22,5} = 2,711 \approx 3 \text{ orang}$$

SK 8

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 8}}{\text{takt time}} = \frac{17}{22,5} = 0,756 \approx 1 \text{ orang}$$

SK 9

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 9}}{\text{takt time}} = \frac{34}{22,5} = 1,511 \approx 2 \text{ orang}$$

SK 10

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 10}}{\text{takt time}} = \frac{15}{22,5} = 0,667 \approx 1 \text{ orang}$$

SK 11

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 11}}{\text{takt time}} = \frac{43}{22,5} = 1,911 \approx 2 \text{ orang}$$

SK 12

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 12}}{\text{takt time}} = \frac{135}{22,5} = 6,000 \approx 6 \text{ orang}$$

SK 13

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 13}}{\text{takt time}} = \frac{40}{22,5} = 1,778 \approx 2 \text{ orang}$$

SK 14

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 14}}{\text{takt time}} = \frac{9}{22,5} = 0,4 \approx 1 \text{ orang}$$

SK 15

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 15}}{\text{takt time}} = \frac{13}{22,5} = 0,578 \approx 1 \text{ orang}$$

SK 16

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 16}}{\text{takt time}} = \frac{71}{22,5} = 3,156 \approx 4 \text{ orang}$$

SK 17

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 17}}{\text{takt time}} = \frac{35}{22,5} = 1,556 \approx 2 \text{ orang}$$

SK 18

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 18}}{\text{takt time}} = \frac{14}{22,5} = 0,622 \approx 1 \text{ orang}$$

SK 19

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 19}}{\text{takt time}} = \frac{15}{22,5} = 0,667 \approx 1 \text{ orang}$$

SK 20

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 20}}{\text{takt time}} = \frac{25}{22,5} = 1,111 \approx 2 \text{ orang}$$

SK 21

$$\text{Jumlah operator} = \frac{\text{Waktu SK 21}}{\text{takt time}} = \frac{2568}{22,5} = 3,022 \approx 4 \text{ orang}$$

LAMPIRAN F

(Alokasi Operator)

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Kebutuhan operator	Operator	Efisiensi (%)	Waktu operator (detik)	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit
1	O1	Mesin D	22	2	Lena	164,55	13,37	1280	1280
	O2	Mesin D	12		Eka	120,08	9,99	1280	1280
2	O3	Mesin D	12	1	Neli	115,69	10,37	1280	1280
3	O4	Mesin E	24	4	Heni	112,33	21,37	1347	1347
	O5	Mesin E	10		Bonita	101,45	9,86	1280	1280
	O6	Mesin E	26		Septi	116,06	22,40	1285	1285
	O7	Mesin E	26		Yulita	116,03	22,41	1285	1285
	O9	Mesin A	23		Susmiati	201,42	11,42	1280	1280
4	O11	Mesin A	36	10	Irfa	85,55	42,08	684	1354
					Siti M	83,81	42,96	670	
	O12	Mesin A	34		Putri	77,82	43,69	659	1296
4	O13	Mesin A	22	Lasmiasi	75,25	45,18	637	1298	
				Susmiati	201,42	10,92	1298		
				Syariatun	114,85	87,07	330		
				Hasmi	114,76	87,14	330		
				Bagus	113,77	87,89	327		
4	O14	Mesin A	100	Anis	112,90	88,57	325	1636	
				Yunita	112,66	88,76	324		
				Nur Wahyu	99,10	44,40	648		
5	O15	Mesin A	44	2	Katon	98,95	44,46	647	1295

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Kebutuhan operator	Operator	Efisiensi (%)	Waktu operator (detik)	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit
6	O10	Mesin A	45	2	Eni	102,98	43,70	659	1303
					Prapti	100,69	44,69	644	
7	O16	Mesin A	50	3	Prasmita	112,55	44,43	648	1281
					Ike	109,93	45,48	633	
	O17	Mesin A	11		Bonita	101,45	10,84	1492	1492
8	O30	Mesin A	17	1	Rian	104,51	16,27	1476	1476
9	O8	Mesin B	19	2	Sepi	142,28	13,35	1280	1280
	O18	Mesin B	15		Ummu	118,17	12,69	1280	1280
10	O19	Mesin A	15	1	Lena	164,55	9,12	1282	1282
11	O20	Mesin B	43	2	Santi	103,15	41,69	690	1286
					Fikri	89,03	48,30	596	
12	O29	Mesin A	135	6	Yuni S	120,31	112,21	256	1499
					Yani	118,09	114,32	251	
					Puji A	118,02	114,39	251	
					Wahyu	117,16	115,23	249	
					Dwi	116,14	116,24	247	
					Sumiyati	115,24	117,14	245	
13	O21	Mesin A	15	2	Yuni L	106,88	14,03	1284	1284
	O22	Mesin A	25		Gesti	112,90	22,14	1300	1300
14	O23	Mesin C	9	1	Yuni L	106,88	8,42	1280	1280
15	O24	Mesin B	13	1	Sepi	142,28	9,14	1281	1281

SK	Operasi	Mesin	Waktu operasi (detik)	Kebutuhan operator	Operator	Efisiensi (%)	Waktu operator (detik)	Kemampuan SK/hari (unit)	Total unit
16	O25	Mesin A	27	4	Rika	67,10	40,24	715	1387
					Novi	63,03	42,84	672	
	O26	Mesin A	44		Mistin	98,93	44,47	647	1285
					Ani	97,55	45,10	638	
17	O27	Mesin A	35	2	Heri	81,45	42,97	670	1312
					Puji	78,03	44,86	642	
18	O28	Mesin A	14	1	Neli	115,69	12,10	1282	1282
19	O31	Mesin A	15	1	Eka	120,08	12,49	1281	1281
20	O32	Mesin A	25	2	Rian	104,51	23,92	200	1398
					Karni	104,00	24,04	1198	
21	O33	Mesin F	68	4	Geri	98,10	69,32	415	1382
					Yuni	91,76	74,11	388	
					Sugeng	85,25	79,77	361	
					Ummu	118,17	57,55	218	

LF.I Perhitungan waktu operator

$$\text{Rumus Waktu operator} = \frac{\text{waktu operasi}}{\text{efisiensi}} \times 100\%$$

$$\text{SK 1} = \text{Waktu operator Lena} = \frac{22}{164,55} \times 100\% = 13,37 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu operator Eka} = \frac{12}{120,08} \times 100\% = 9,99 \text{ detik}$$

$$\text{SK 2} = \text{Waktu operator Neli} = \frac{12}{115,69} \times 100\% = 13037 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} \text{SK 3} &= \text{Waktu operator Heni} = \frac{24}{112,33} \times 100\% = 21,37 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Bonita} = \frac{10}{101,45} \times 100\% = 9,86 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Septi} = \frac{26}{116,06} \times 100\% = 22,40 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Yulita} = \frac{26}{116,03} \times 100\% = 22,41 \text{ detik} \\ \text{SK 4} &= \text{Waktu operator Susmiati} = \frac{23}{201,42} \times 100\% = 11,42 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Irfa} = \frac{36}{85,55} \times 100\% = 42,08 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Siti M} = \frac{236}{83,81} \times 100\% = 42,96 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Putri} = \frac{34}{77,82} \times 100\% = 43,69 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Lasmiati} = \frac{34}{75,25} \times 100\% = 45,18 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Susmiati} = \frac{22}{201,42} \times 100\% = 10,92 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Syariatun} = \frac{100}{114,85} \times 100\% = 87,07 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Hasmi} = \frac{100}{114,76} \times 100\% = 87,14 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Bagus} = \frac{100}{113,77} \times 100\% = 87,89 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Anis} = \frac{100}{112,90} \times 100\% = 88,57 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Yunita} = \frac{100}{112,66} \times 100\% = 88,76 \text{ detik} \\ \text{SK 5} &= \text{Waktu operator Nur Wahyu} = \frac{44}{99,10} \times 100\% = 44,10 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Katon} = \frac{44}{98,95} \times 100\% = 44,46 \text{ detik} \\ \text{SK 6} &= \text{Waktu operator Eni} = \frac{45}{102,98} \times 100\% = 43,70 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Prapti} = \frac{45}{100,69} \times 100\% = 44,69 \text{ detik} \\ \text{SK 7} &= \text{Waktu operator Prasmita} = \frac{50}{112,55} \times 100\% = 44,43 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Ike} = \frac{50}{109,93} \times 100\% = 45,48 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu operator Bonita} &= \frac{11}{101,45} \times 100\% = 10,84 \text{ detik} \\ \text{SK 8} &= \text{Waktu operator Rian} = \frac{17}{104,51} \times 100\% = 16,27 \text{ detik} \\ \text{SK 9} &= \text{Waktu operator Sepi} = \frac{19}{142,28} \times 100\% = 13,35 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Ummu} = \frac{15}{118,17} \times 100\% = 12,69 \text{ detik} \\ \text{SK 10} &= \text{Waktu operator Lena} = \frac{15}{164,55} \times 100\% = 9,12 \text{ detik} \\ \text{SK 11} &= \text{Waktu operator Santi} = \frac{43}{103,15} \times 100\% = 41,69 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Fikri} = \frac{43}{89,03} \times 100\% = 48,30 \text{ detik} \\ \text{SK 12} &= \text{Waktu operator Yuni S} = \frac{135}{120,31} \times 100\% = 112,21 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Yani} = \frac{135}{118,09} \times 100\% = 114,39 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Puji A} = \frac{135}{18,02} \times 100\% = 114,39 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Wahyu} = \frac{135}{117,16} \times 100\% = 115,23 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Dwi} = \frac{135}{116,14} \times 100\% = 116,24 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Sumiyati} = \frac{135}{115,24} \times 100\% = 117,14 \text{ detik} \\ \text{SK 13} &= \text{Waktu operator Yuni L} = \frac{15}{106,88} \times 100\% = 14,03 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Gestii} = \frac{25}{112,90} \times 100\% = 22,14 \text{ detik} \\ \text{SK 14} &= \text{Waktu operator Yuni L} = \frac{9}{106,88} \times 100\% = 8,42 \text{ detik} \\ \text{SK 15} &= \text{Waktu operator Sepi} = \frac{13}{142,28} \times 100\% = 9,14 \text{ detik} \\ \text{SK 16} &= \text{Waktu operator Rika} = \frac{27}{67,10} \times 100\% = 40,24 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Novi} = \frac{27}{63,03} \times 100\% = 42,84 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Mistin} = \frac{44}{98,03} \times 100\% = 44,47 \text{ detik} \\ &\text{Waktu operator Ani} = \frac{44}{97,55} \times 100\% = 45,10 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\text{SK 17} = \text{Waktu operator Heri} = \frac{35}{81,45} \times 100\% = 42,97 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu operator Puji} = \frac{35}{78,03} \times 100\% = 44,86 \text{ detik}$$

$$\text{SK 18} = \text{Waktu operator Neli} = \frac{14}{115} \times 100\% = 12,10 \text{ detik}$$

$$\text{SK 19} = \text{Waktu operator Eka} = \frac{15}{120,08} \times 100\% = 12,49 \text{ detik}$$

$$\text{SK 20} = \text{Waktu operator Rian} = \frac{25}{104,51} \times 100\% = 23,92 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu operator Karni} = \frac{25}{104} \times 100\% = 24,04 \text{ detik}$$

$$\text{SK 21} = \text{Waktu operator Geri} = \frac{68}{98,10} \times 100\% = 69,32 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu operator Yuni} = \frac{68}{91,76} \times 100\% = 74,11 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu operator Sugeng} = \frac{68}{85,25} \times 100\% = 79,77 \text{ detik}$$

$$\text{Waktu operator Ummu} = \frac{68}{118,17} \times 100\% = 57,55 \text{ detik}$$

LF.II Perhitungan Kemampuan SK

$$\text{Kemampuan SK} = \frac{\text{waktu tersedia}}{\text{waktu operator}}$$

$$\text{SK 1} = \text{O1} = \text{Lena} = \frac{17113,3}{13,37} = 1280 \text{ pcs}$$

$$\text{O2} = \text{Eka} = \frac{12791,5}{7} = 1280 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 2} = \text{O3} = \text{Neli} = \frac{13276,9}{10,37} = 1280 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 3} = \text{O4} = \text{Heni} = \frac{28800}{21,37} = 1347 \text{ pcs}$$

$$\text{O5} = \text{Bonita} = \frac{12616,80}{9,86} = 1280 \text{ pcs}$$

$$\text{O6} = \text{Septi} = \frac{28800}{22,40} = 1285 \text{ pcs}$$

$$\text{O7} = \text{Yulita} = \frac{28800}{22,41} = 1285 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 4} = \text{O9} = \text{Susmiati} = \frac{14616,5}{11,42} = 1280 \text{ pcs}$$

$$\text{O11} = \text{Irfa} = \frac{28800}{42,08} = 684 \text{ pcs}$$

$$O11 = \text{Siti M} = \frac{28800}{42,96} = 670 \text{ pcs}$$

$$O12 = \text{Putri} = \frac{28800}{43,69} = 659 \text{ pcs}$$

$$O12 = \text{Lasmiati} = \frac{28800}{45,18} = 637 \text{ pcs}$$

$$O13 = \text{Susmiati} = \frac{14183,5}{10,92} = 1298 \text{ pcs}$$

$$O14 = \text{Syariatun} = \frac{28800}{87,07} = 330 \text{ pcs}$$

$$O14 = \text{Hasmi} = \frac{28800}{87,14} = 330 \text{ pcs}$$

$$O14 = \text{Bagus} = \frac{100}{87,89} = 327 \text{ pcs}$$

$$O14 = \text{Anis} = \frac{28800}{88,57} = 325 \text{ pcs}$$

$$O14 = \text{Yunita} = \frac{28800}{88,76} = 324 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 5} = O15 = \text{Nur Wahyu} = \frac{28800}{44,10} = 648 \text{ pcs}$$

$$O15 = \text{Katon} = \frac{28800}{44,46} = 647 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 6} = O10 = \text{Eni} = \frac{28800}{43,70} = 659 \text{ pcs}$$

$$O10 = \text{Prapti} = \frac{28800}{44,69} = 644 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 7} = O16 = \text{Prasmita} = \frac{28800}{112,55} = 648 \text{ pcs}$$

$$O16 = \text{Ike} = \frac{28800}{109,93} = 633 \text{ pcs}$$

$$O17 = \text{Bonita} = \frac{16183,2}{101,45} = 1492 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 8} = O30 = \text{Rian} = \frac{24015,8}{16,27} = 1476 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 9} = O8 = \text{Sepi} = \frac{17093,5}{13,35} = 1280 \text{ pcs}$$

$$O18 = \text{Ummu} = \frac{16248,2}{12,69} = 1280 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 10} = O19 = \text{Lena} = \frac{11686,7}{9,12} = 1280 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 11} = O20 = \text{Santi} = \frac{28800}{41,69} = 690 \text{ pcs}$$

$$O20 = \text{Fikri} = \frac{28800}{48,30} = 596 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 12} = O29 = \text{Yuni S} = \frac{135}{112,21} = 256 \text{ pcs}$$

$$O29 = \text{Yani} = \frac{135}{114,32} = 251 \text{ pcs}$$

$$O29 = \text{Puji A} = \frac{135}{114,39} = 251 \text{ pcs}$$

$$O29 = \text{Wahyu} = \frac{135}{115,23} = 249 \text{ pcs}$$

$$O29 = \text{Dwi} = \frac{135}{116,24} = 247 \text{ pcs}$$

$$O29 = \text{Sumiyati} = \frac{135}{117,14} = 245 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 13} = O21 = \text{Yuni L} = \frac{18022}{14,03} = 1284 \text{ pcs}$$

$$O22 = \text{Gesti} = \frac{25}{22,14} = 1300 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 14} = O23 = \text{Yuni L} = \frac{10788}{8,42} = 1280 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 15} = O24 = \text{Sepi} = \frac{11706}{9,14} = 1281 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 16} = O25 = \text{Rika} = \frac{28800}{40,24} = 715 \text{ pcs}$$

$$O25 = \text{Novi} = \frac{28800}{42,84} = 672 \text{ pcs}$$

$$O26 = \text{Mistin} = \frac{28800}{44,47} = 647 \text{ pcs}$$

$$O26 = \text{Ani} = \frac{28800}{45,10} = 638 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 17} = O27 = \text{Heri} = \frac{28800}{42,97} = 670 \text{ pcs}$$

$$O27 = \text{Puji} = \frac{28800}{44,86} = 642 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 18} = O28 = \text{Neli} = \frac{15523}{12,10} = 1282 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 19} = O31 = \text{Eka} = \frac{16009}{12,49} = 1281 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 20} = O31 = \text{Rian} = \frac{4784,2}{23,92} = 200 \text{ pcs}$$

$$O31 = \text{Karni} = \frac{28800}{24,04} = 1198 \text{ pcs}$$

$$\text{SK 21} = \text{O33} = \text{Geri} = \frac{28800}{69,32} = 384 \text{ pcs}$$

$$\text{O33} = \text{Yuni} = \frac{28800}{74,11} = 359 \text{ pcs}$$

$$\text{O33} = \text{Sugeng} = \frac{28800}{79,77} = 334 \text{ pcs}$$

$$\text{O33} = \text{Ummu} = \frac{1252}{57,55} = 218 \text{ pcs}$$

LF.III Perhitungan Proporsi

$$\text{Proporsi operator Heni} = \frac{\text{Kemampuan SK}}{\text{Total unit}}$$

$$\text{SK 1} = \text{O1} = \text{Lena} = \frac{1280}{1280} = 1$$

$$\text{O2} = \text{Eka} = \frac{1280}{1280} = 1$$

$$\text{SK 2} = \text{O3} = \text{Neli} = \frac{1280}{1280} = 1$$

$$\text{SK 3} = \text{O4} = \text{Henri} = \frac{1347}{1347} = 1$$

$$\text{O5} = \text{Bonita} = \frac{1280}{1280} = 1$$

$$\text{O6} = \text{Septi} = \frac{1285}{1285} = 1$$

$$\text{O7} = \text{Yulita} = \frac{1285}{1285} = 1$$

$$\text{SK 4} = \text{O9} = \text{Susmiati} = \frac{1280}{1280} = 1$$

$$\text{O11} = \text{Irfa} = \frac{684}{1354} = 0,51$$

$$\text{O11} = \text{Siti M} = \frac{670}{1354} = 0,49$$

$$\text{O12} = \text{Putri} = \frac{659}{1296} = 0,51$$

$$\text{O12} = \text{Lasmiati} = \frac{637}{1296} = 0,49$$

$$\text{O13} = \text{Susmiati} = \frac{1296}{1296} = 1$$

$$\text{O14} = \text{Syariatun} = \frac{330}{1636} = 0,2$$

$$\text{O14} = \text{Hasmi} = \frac{330}{1636} = 0,2$$

$$O14 = \text{Bagus} = \frac{327}{1636} = 0,2$$

$$O14 = \text{Anis} = \frac{325}{1636} = 0,2$$

$$O14 = \text{Yunita} = \frac{324}{88,76} = 0,2$$

$$\text{SK 5} = O15 = \text{Nur Wahyu} = \frac{648}{1295} = 0,5$$

$$O15 = \text{Katon} = \frac{647}{1295} = 0,5$$

$$\text{SK 6} = O10 = \text{Eni} = \frac{647}{43,70} = 0,51$$

$$O10 = \text{Prapti} = \frac{644}{44,69} = 0,49$$

$$\text{SK 7} = O16 = \text{Prasmita} = \frac{648}{112,55} = 0,51$$

$$O16 = \text{Ike} = \frac{633}{109,93} = 0,49$$

$$O17 = \text{Bonita} = \frac{1492}{1492} = 1$$

$$\text{SK 8} = O30 = \text{Rian} = \frac{1476}{1476} = 1$$

$$\text{SK 9} = O8 = \text{Sepi} = \frac{1280}{1280} = 1$$

$$O18 = \text{Ummu} = \frac{1280}{1280} = 1$$

$$\text{SK 10} = O19 = \text{Lena} = \frac{1282}{1282} = 1$$

$$\text{SK 11} = O20 = \text{Santi} = \frac{690}{1286} = 0,54$$

$$O20 = \text{Fikri} = \frac{596}{1286} = 0,46$$

$$\text{SK 12} = O29 = \text{Yuni S} = \frac{256}{1499} = 0,17$$

$$O29 = \text{Yani} = \frac{251}{1499} = 0,17$$

$$O29 = \text{Puji A} = \frac{251}{1499} = 0,17$$

$$O29 = \text{Wahyu} = \frac{249}{1499} = 0,17$$

$$O29 = \text{Dwi} = \frac{247}{1499} = 0,16$$

$$O29 = \text{Sumiyati} = \frac{245}{1499} = 0,16$$

$$\text{SK 13} = \text{O21} = \text{Yuni L} = \frac{1284}{1284} = 1$$

$$\text{O22} = \text{Gesti} = \frac{1300}{1300} = 1$$

$$\text{SK 14} = \text{O23} = \text{Yuni L} = \frac{1280}{1280} = 1$$

$$\text{SK 15} = \text{O24} = \text{Sepi} = \frac{1281}{1281} = 1$$

$$\text{SK 16} = \text{O25} = \text{Rika} = \frac{715}{1387} = 0,52$$

$$\text{O25} = \text{Novi} = \frac{672}{1387} = 0,48$$

$$\text{O26} = \text{Mistin} = \frac{647}{1285} = 0,5$$

$$\text{O26} = \text{Ani} = \frac{638}{1285} = 0,5$$

$$\text{SK 17} = \text{O27} = \text{Heri} = \frac{670}{1312} = 0,51$$

$$\text{O27} = \text{Puji} = \frac{642}{1312} = 0,49$$

$$\text{SK 18} = \text{O28} = \text{Neli} = \frac{1282}{1282} = 1$$

$$\text{SK 19} = \text{O31} = \text{Eka} = \frac{1281}{1281} = 1$$

$$\text{SK 20} = \text{O31} = \text{Rian} = \frac{200}{1398} = 0,14$$

$$\text{O31} = \text{Karni} = \frac{1198}{1398} = 0,86$$

$$\text{SK 21} = \text{O33} = \text{Geri} = \frac{384}{1382} = 0,30$$

$$\text{O33} = \text{Yuni} = \frac{359}{1382} = 0,28$$

$$\text{O33} = \text{Sugeng} = \frac{334}{1382} = 0,26$$

$$\text{O33} = \text{Ummu} = \frac{218}{1382} = 0,16$$

LF.IV Perhitungan *output* yang diharapkan

***Output* per hari yang diharapkan = proporsi x target produksi**

$$\text{SK 1} = \text{O1} = \text{Lena} = 1 \times 1280 = 1280 \text{ pcs}$$

$$\text{O2} = \text{Eka} = 1 \times 1280 = 1280 \text{ pcs}$$

- SK 2 = O3 = Neli = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- SK 3 = O4 = Heni = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- O5 = Bonita = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- O6 = Septi = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- O7 = Yulita = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- SK 4 = O9 = Susmiati = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- O11 = Irfa = $0,51 \times 1280 = 647$ pcs
- O11 = Siti M = $0,49 \times 1280 = 633$ pcs
- O12 = Putri = $0,51 \times 1280 = 651$ pcs
- O12 = Lasmiati = $0,49 \times 1280 = 629$ pcs
- O13 = Susmiati = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- O14 = Syariatun = $0,2 \times 1280 = 258$ pcs
- O14 = Hasmi = $0,2 \times 1280 = 258$ pcs
- O14 = Bagus = $0,2 \times 1280 = 258$ pcs
- O14 = Anis = $0,2 \times 1280 = 258$ pcs
- O14 = Yunita = $0,2 \times 1280 = 258$ pcs
- SK 5 = O15 = Nur Wahyu = $0,5 \times 1280 = 640$ pcs
- O15 = Katon = $0,5 \times 1280 = 640$ pcs
- SK 6 = O10 = Eni = $0,51 \times 1280 = 647$ pcs
- O10 = Prapti = $0,49 \times 1280 = 633$ pcs
- SK 7 = O16 = Prasmita = $0,51 \times 1280 = 647$ pcs
- O16 = Ike = $0,49 \times 1280 = 633$ pcs
- O17 = Bonita = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- SK 8 = O30 = Rian = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- SK 9 = O8 = Sepi = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- O18 = Ummu = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- SK 10 = O19 = Lena = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- SK 11 = O20 = Santi = $0,54 \times 1280 = 687$ pcs

- O20 = Fikri = $0,46 \times 1280 = 593$ pcs
- SK 12 = O29 = Yuni S = $0,17 \times 1280 = 219$ pcs
- O29 = Yani = $0,17 \times 1280 = 214$ pcs
- O29 = Puji A = $0,17 \times 1280 = 214$ pcs
- O29 = Wahyu = $0,17 \times 1280 = 213$ pcs
- O29 = Dwi = $0,16 \times 1280 = 211$ pcs
- O29 = Sumiyati = $0,16 \times 1280 = 209$ pcs
- SK 13 = O21 = Yuni L = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- O22 = Gesti = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- SK 14 = O23 = Yuni L = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- SK 15 = O24 = Sepi = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- SK 16 = O25 = Rika = $0,52 \times 1280 = 660$ pcs
- O25 = Novi = $0,48 \times 1280 = 620$ pcs
- O26 = Mistin = $0,5 \times 1280 = 640$ pcs
- O26 = Ani = $0,5 \times 1280 = 640$ pcs
- SK 17 = O27 = Heri = $0,51 \times 1280 = 647$ pcs
- O27 = Puji = $0,49 \times 1280 = 633$ pcs
- SK 18 = O28 = Neli = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- SK 19 = O31 = Eka = $1 \times 1280 = 1280$ pcs
- SK 20 = O31 = Rian = $0,14 \times 1280 = 183$ pcs
- O31 = Karni = $0,86 \times 1280 = 1097$ pcs
- SK 21 = O33 = Geri = $0,30 \times 1280 = 384$ pcs
- O33 = Yuni = $0,28 \times 1280 = 359$ pcs
- O33 = Sugeng = $0,26 \times 1280 = 334$ pcs
- O33 = Ummu = $0,16 \times 1280 = 202$ pcs

LAMPIRAN G

(Hasil *Software Lingo*)

Local optimal solution found.

Objective value: 0.1031000E+14
Objective bound: 0.1031000E+14
Infeasibilities: 0.000000
Extended solver steps: 1
Total solver iterations: 286
Elapsed runtime seconds: 1.21

Model Class: MINLP

Total variables: 438
Nonlinear variables: 35
Integer variables: 402

Total constraints: 97
Nonlinear constraints: 34

Total nonzeros: 1675
Nonlinear nonzeros: 68

Variable	Value	Reduced Cost
M	0.000000	0.5155000E+30
CT	5000000.	103.1000
X0101	1.000000	0.000000
X0102	0.000000	0.000000
X0103	0.000000	0.000000
X0201	1.000000	0.000000
X0202	0.000000	0.000000
X0203	0.000000	0.000000
X0301	0.000000	0.000000
X0302	0.000000	0.000000
X0303	1.000000	0.000000
X0404	1.000000	0.000000
X0405	0.000000	0.000000
X0406	0.000000	0.000000
X0407	0.000000	0.000000
X0504	1.000000	0.000000
X0505	0.000000	0.000000
X0506	0.000000	0.000000
X0507	0.000000	0.000000
X0604	1.000000	0.000000
X0605	0.000000	0.000000
X0606	0.000000	0.000000
X0607	0.000000	0.000000
X0704	1.000000	0.000000
X0705	0.000000	0.000000
X0706	0.000000	0.000000
X0707	0.000000	0.000000
X0808	0.000000	0.000000
X0818	1.000000	0.000000
X0820	0.000000	0.000000
X0824	0.000000	0.000000
X0909	1.000000	0.000000
X0910	0.000000	0.000000
X0911	0.000000	0.000000
X0912	0.000000	0.000000
X0913	0.000000	0.000000

X0914	0.000000	0.000000
X0915	0.000000	0.000000
X0916	0.000000	0.000000
X0917	0.000000	0.000000
X0919	0.000000	0.000000
X0921	0.000000	0.000000
X0922	0.000000	0.000000
X0925	0.000000	0.000000
X0926	0.000000	0.000000
X0927	0.000000	0.000000
X0928	0.000000	0.000000
X0929	0.000000	0.000000
X1009	0.000000	0.000000
X1010	0.000000	0.000000
X1011	1.000000	0.000000
X1012	0.000000	0.000000
X1013	0.000000	0.000000
X1014	0.000000	0.000000
X1015	0.000000	0.000000
X1016	0.000000	0.000000
X1017	0.000000	0.000000
X1019	0.000000	0.000000
X1021	0.000000	0.000000
X1022	0.000000	0.000000
X1025	0.000000	0.000000
X1026	0.000000	0.000000
X1027	0.000000	0.000000
X1028	0.000000	0.000000
X1029	0.000000	0.000000
X1109	1.000000	0.000000
X1110	0.000000	0.000000
X1111	0.000000	0.000000
X1112	0.000000	0.000000
X1113	0.000000	0.000000
X1114	0.000000	0.000000
X1115	0.000000	0.000000
X1116	0.000000	0.000000
X1117	0.000000	0.000000
X1119	0.000000	0.000000
X1121	0.000000	0.000000
X1122	0.000000	0.000000
X1125	0.000000	0.000000
X1126	0.000000	0.000000
X1127	0.000000	0.000000
X1128	0.000000	0.000000
X1209	1.000000	0.000000
X1210	0.000000	0.000000
X1211	0.000000	0.000000
X1212	0.000000	0.000000
X1213	0.000000	0.000000
X1214	0.000000	0.000000
X1215	0.000000	0.000000
X1216	0.000000	0.000000
X1217	0.000000	0.000000
X1219	0.000000	0.000000
X1221	0.000000	0.000000
X1222	0.000000	0.000000
X1225	0.000000	0.000000
X1226	0.000000	0.000000

X1227	0.000000	0.000000
X1228	0.000000	0.000000
X1309	1.000000	0.000000
X1310	0.000000	0.000000
X1311	0.000000	0.000000
X1312	0.000000	0.000000
X1313	0.000000	0.000000
X1314	0.000000	0.000000
X1315	0.000000	0.000000
X1316	0.000000	0.000000
X1317	0.000000	0.000000
X1319	0.000000	0.000000
X1321	0.000000	0.000000
X1322	0.000000	0.000000
X1325	0.000000	0.000000
X1326	0.000000	0.000000
X1327	0.000000	0.000000
X1328	0.000000	0.000000
X1409	1.000000	0.000000
X1410	0.000000	0.000000
X1411	0.000000	0.000000
X1412	0.000000	0.000000
X1413	0.000000	0.000000
X1414	0.000000	0.000000
X1415	0.000000	0.000000
X1416	0.000000	0.000000
X1417	0.000000	0.000000
X1419	0.000000	0.000000
X1421	0.000000	0.000000
X1422	0.000000	0.000000
X1425	0.000000	0.000000
X1426	0.000000	0.000000
X1427	0.000000	0.000000
X1428	0.000000	0.000000
X1509	0.000000	0.000000
X1510	1.000000	0.000000
X1511	0.000000	0.000000
X1512	0.000000	0.000000
X1513	0.000000	0.000000
X1514	0.000000	0.000000
X1515	0.000000	0.000000
X1516	0.000000	0.000000
X1517	0.000000	0.000000
X1519	0.000000	0.000000
X1521	0.000000	0.000000
X1522	0.000000	0.000000
X1525	0.000000	0.000000
X1526	0.000000	0.000000
X1527	0.000000	0.000000
X1528	0.000000	0.000000
X1529	0.000000	0.000000
X1609	0.000000	0.000000
X1610	0.000000	0.000000
X1611	0.000000	0.000000
X1612	1.000000	0.000000
X1613	0.000000	0.000000
X1614	0.000000	0.000000
X1615	0.000000	0.000000
X1616	0.000000	0.000000

X1617	0.000000	0.000000
X1619	0.000000	0.000000
X1621	0.000000	0.000000
X1622	0.000000	0.000000
X1625	0.000000	0.000000
X1626	0.000000	0.000000
X1627	0.000000	0.000000
X1628	0.000000	0.000000
X1629	0.000000	0.000000
X1709	0.000000	0.000000
X1710	0.000000	0.000000
X1711	0.000000	0.000000
X1712	1.000000	0.000000
X1713	0.000000	0.000000
X1714	0.000000	0.000000
X1715	0.000000	0.000000
X1716	0.000000	0.000000
X1717	0.000000	0.000000
X1719	0.000000	0.000000
X1721	0.000000	0.000000
X1722	0.000000	0.000000
X1725	0.000000	0.000000
X1726	0.000000	0.000000
X1727	0.000000	0.000000
X1728	0.000000	0.000000
X1729	0.000000	0.000000
X1730	0.000000	0.000000
X1808	0.000000	0.000000
X1818	1.000000	0.000000
X1820	0.000000	0.000000
X1824	0.000000	0.000000
X1909	0.000000	0.000000
X1910	0.000000	0.000000
X1911	0.000000	0.000000
X1912	0.000000	0.000000
X1913	0.000000	0.000000
X1914	0.000000	0.000000
X1915	0.000000	0.000000
X1916	0.000000	0.000000
X1917	0.000000	0.000000
X1919	1.000000	0.000000
X1921	0.000000	0.000000
X1922	0.000000	0.000000
X1925	0.000000	0.000000
X1926	0.000000	0.000000
X1927	0.000000	0.000000
X1928	0.000000	0.000000
X1929	0.000000	0.000000
X1930	0.000000	0.000000
X2008	0.000000	0.000000
X2018	0.000000	0.000000
X2020	1.000000	0.000000
X2024	0.000000	0.000000
X2109	0.000000	0.000000
X2110	0.000000	0.000000
X2111	0.000000	0.000000
X2112	0.000000	0.000000
X2113	0.000000	0.000000
X2114	0.000000	0.000000

X2115	0.000000	0.000000
X2116	0.000000	0.000000
X2117	0.000000	0.000000
X2119	0.000000	0.000000
X2121	0.000000	0.000000
X2122	1.000000	0.000000
X2125	0.000000	0.000000
X2126	0.000000	0.000000
X2127	0.000000	0.000000
X2128	0.000000	0.000000
X2129	0.000000	0.000000
X2130	0.000000	0.000000
X2209	0.000000	0.000000
X2210	0.000000	0.000000
X2211	0.000000	0.000000
X2212	0.000000	0.000000
X2213	0.000000	0.000000
X2214	0.000000	0.000000
X2215	0.000000	0.000000
X2216	0.000000	0.000000
X2217	0.000000	0.000000
X2219	0.000000	0.000000
X2221	0.000000	0.000000
X2222	1.000000	0.000000
X2225	0.000000	0.000000
X2226	0.000000	0.000000
X2227	0.000000	0.000000
X2228	0.000000	0.000000
X2229	0.000000	0.000000
X2230	0.000000	0.000000
X2323	1.000000	0.000000
X2408	0.000000	0.000000
X2418	0.000000	0.000000
X2420	0.000000	0.000000
X2424	1.000000	0.000000
X2509	0.000000	0.000000
X2510	0.000000	0.000000
X2511	0.000000	0.000000
X2512	0.000000	0.000000
X2513	0.000000	0.000000
X2514	0.000000	0.000000
X2515	0.000000	0.000000
X2516	0.000000	0.000000
X2517	0.000000	0.000000
X2519	0.000000	0.000000
X2521	0.000000	0.000000
X2522	0.000000	0.000000
X2525	1.000000	0.000000
X2526	0.000000	0.000000
X2527	0.000000	0.000000
X2528	0.000000	0.000000
X2529	0.000000	0.000000
X2530	0.000000	0.000000
X2531	0.000000	0.000000
X2609	0.000000	0.000000
X2610	0.000000	0.000000
X2611	0.000000	0.000000
X2612	0.000000	0.000000
X2613	0.000000	0.000000

X2614	0.000000	0.000000
X2615	0.000000	0.000000
X2616	0.000000	0.000000
X2617	0.000000	0.000000
X2619	0.000000	0.000000
X2621	0.000000	0.000000
X2622	0.000000	0.000000
X2625	1.000000	0.000000
X2626	0.000000	0.000000
X2627	0.000000	0.000000
X2628	0.000000	0.000000
X2629	0.000000	0.000000
X2630	0.000000	0.000000
X2631	0.000000	0.000000
X2709	0.000000	0.000000
X2710	0.000000	0.000000
X2711	0.000000	0.000000
X2712	0.000000	0.000000
X2713	0.000000	0.000000
X2714	0.000000	0.000000
X2715	0.000000	0.000000
X2716	0.000000	0.000000
X2717	0.000000	0.000000
X2719	0.000000	0.000000
X2721	0.000000	0.000000
X2722	0.000000	0.000000
X2725	0.000000	0.000000
X2726	1.000000	0.000000
X2727	0.000000	0.000000
X2728	0.000000	0.000000
X2729	0.000000	0.000000
X2730	0.000000	0.000000
X2731	0.000000	0.000000
X2809	0.000000	0.000000
X2810	0.000000	0.000000
X2811	0.000000	0.000000
X2812	0.000000	0.000000
X2813	0.000000	0.000000
X2814	0.000000	0.000000
X2815	0.000000	0.000000
X2816	0.000000	0.000000
X2817	0.000000	0.000000
X2819	0.000000	0.000000
X2821	0.000000	0.000000
X2822	0.000000	0.000000
X2825	0.000000	0.000000
X2826	0.000000	0.000000
X2827	0.000000	0.000000
X2828	1.000000	0.000000
X2829	0.000000	0.000000
X2830	0.000000	0.000000
X2831	0.000000	0.000000
X2832	0.000000	0.000000
X2909	0.000000	0.000000
X2910	0.000000	0.000000
X2911	0.000000	0.000000
X2912	0.000000	0.000000
X2913	0.000000	0.000000
X2914	0.000000	0.000000

X2915	0.000000	0.000000
X2916	0.000000	0.000000
X2917	0.000000	0.000000
X2919	0.000000	0.000000
X2921	1.000000	0.000000
X2922	0.000000	0.000000
X2925	0.000000	0.000000
X2926	0.000000	0.000000
X2927	0.000000	0.000000
X2928	0.000000	0.000000
X2929	0.000000	0.000000
X2930	0.000000	0.000000
X2931	0.000000	0.000000
X2932	0.000000	0.000000
X3009	0.000000	0.000000
X3010	0.000000	0.000000
X3011	0.000000	0.000000
X3012	0.000000	0.000000
X3013	0.000000	0.000000
X3014	0.000000	0.000000
X3015	1.000000	0.000000
X3016	0.000000	0.000000
X3017	0.000000	0.000000
X3019	0.000000	0.000000
X3021	0.000000	0.000000
X3022	0.000000	0.000000
X3025	0.000000	0.000000
X3026	0.000000	0.000000
X3027	0.000000	0.000000
X3028	0.000000	0.000000
X3029	0.000000	0.000000
X3030	0.000000	0.000000
X3031	0.000000	0.000000
X3032	0.000000	0.000000
X3109	0.000000	0.000000
X3110	0.000000	0.000000
X3111	0.000000	0.000000
X3112	0.000000	0.000000
X3113	0.000000	0.000000
X3114	0.000000	0.000000
X3115	0.000000	0.000000
X3116	0.000000	0.000000
X3117	0.000000	0.000000
X3119	0.000000	0.000000
X3121	0.000000	0.000000
X3122	0.000000	0.000000
X3125	0.000000	0.000000
X3126	0.000000	0.000000
X3127	0.000000	0.000000
X3128	0.000000	0.000000
X3129	1.000000	0.000000
X3130	0.000000	0.000000
X3131	0.000000	0.000000
X3132	0.000000	0.000000
X3209	0.000000	0.000000
X3210	0.000000	0.000000
X3211	0.000000	0.000000
X3212	0.000000	0.000000
X3213	0.000000	0.000000

X3214	0.000000	0.000000
X3215	0.000000	0.000000
X3216	0.000000	0.000000
X3217	0.000000	0.000000
X3219	0.000000	0.000000
X3221	0.000000	0.000000
X3222	0.000000	0.000000
X3225	0.000000	0.000000
X3226	0.000000	0.000000
X3227	0.000000	0.000000
X3228	0.000000	0.000000
X3229	0.000000	0.000000
X3230	0.000000	0.000000
X3231	0.000000	0.000000
X3232	1.000000	0.000000
X3333	1.000000	0.000000
Y01	15.84676	0.000000
Y02	21.35936	0.000000
Y03	10.33503	0.000000
Y04	68.75227	0.000000
Y05	6.717694	0.000000
Y06	7.389384	0.000000
Y07	6.717771	0.000000
Y08	1.234568	0.000000
Y09	108.4284	0.000000
Y10	8.668097	0.000000
Y11	89.15350	0.000000
Y12	153.2465	0.000000
Y13	18.82927	0.000000
Y14	24.43214	0.000000
Y15	10.64555	0.000000
Y16	0.000000	0.000000
Y17	0.000000	0.000000
Y18	35.13911	0.000000
Y19	15.50255	0.000000
Y20	44.44064	0.000000
Y21	139.5229	0.000000
Y22	41.34013	0.000000
Y23	9.301529	0.000000
Y24	13.43554	0.000000
Y25	19.91263	0.000000
Y26	9.043155	0.000000
Y27	8.073911	0.000000
Y28	14.31396	0.000000
Y29	22.14187	0.000000
Y30	63.50877	0.000000
Y31	11.36572	0.000000
Y32	17.00051	0.000000
Y33	70.27822	0.000000
X29821	1.333333	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.1031000E+14	1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	0.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000

8	0.000000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	0.000000
16	0.000000	0.000000
17	0.000000	0.000000
18	0.000000	0.000000
19	0.000000	0.000000
20	0.000000	0.000000
21	0.000000	0.000000
22	0.000000	0.000000
23	0.000000	0.000000
24	0.000000	0.000000
25	0.000000	0.000000
26	0.000000	0.000000
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	0.000000
29	0.000000	0.000000
30	0.000000	0.000000
31	0.000000	0.000000
32	0.000000	0.000000
33	0.000000	0.000000
34	0.000000	0.000000
35	0.7923376E+08	0.000000
36	0.1067968E+09	0.000000
37	0.5167516E+08	0.000000
38	0.3437613E+09	0.000000
39	0.3358847E+08	0.000000
40	0.3694692E+08	0.000000
41	0.3358886E+08	0.000000
42	6172840.	0.000000
43	0.5421421E+09	0.000000
44	0.4334044E+08	0.000000
45	0.4457675E+09	0.000000
46	0.7662323E+09	0.000000
47	0.9414635E+08	0.000000
48	0.1221607E+09	0.000000
49	0.5322774E+08	0.000000
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000
52	0.1756955E+09	0.000000
53	0.7751274E+08	0.000000
54	0.2222032E+09	0.000000
55	0.6976146E+09	0.000000
56	0.2067006E+09	0.000000
57	0.4650764E+08	0.000000
58	0.6717770E+08	0.000000
59	0.9956306E+08	0.000000
60	0.4521574E+08	0.000000
61	0.4036956E+08	0.000000
62	0.7156979E+08	0.000000
63	0.1107094E+09	0.000000
64	0.3175439E+09	0.000000
65	0.5682858E+08	0.000000
66	0.8500253E+08	0.000000

67	0.3513911E+09	0.000000
68	0.000000	0.000000
69	2.000000	0.000000
70	0.000000	0.000000
71	1.000000	0.000000
72	17.000000	0.000000
73	3.000000	0.000000
74	1.000000	0.000000
75	5.000000	0.000000
76	0.000000	0.000000
77	0.000000	0.000000
78	0.000000	0.000000
79	0.000000	0.000000
80	14.000000	0.000000
81	1.000000	0.000000
82	0.000000	0.000000
83	2.000000	0.000000
84	0.000000	0.000000
85	6.000000	0.000000
86	1.000000	0.000000
87	1.000000	0.000000
88	2.000000	0.000000
89	0.000000	0.000000
90	1.000000	0.000000
91	1.000000	0.000000
92	1.000000	0.000000
93	0.000000	0.000000
94	1.000000	0.000000
95	2.000000	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	1.000000	0.000000
98	3.000000	0.000000
99	1.000000	0.000000

#