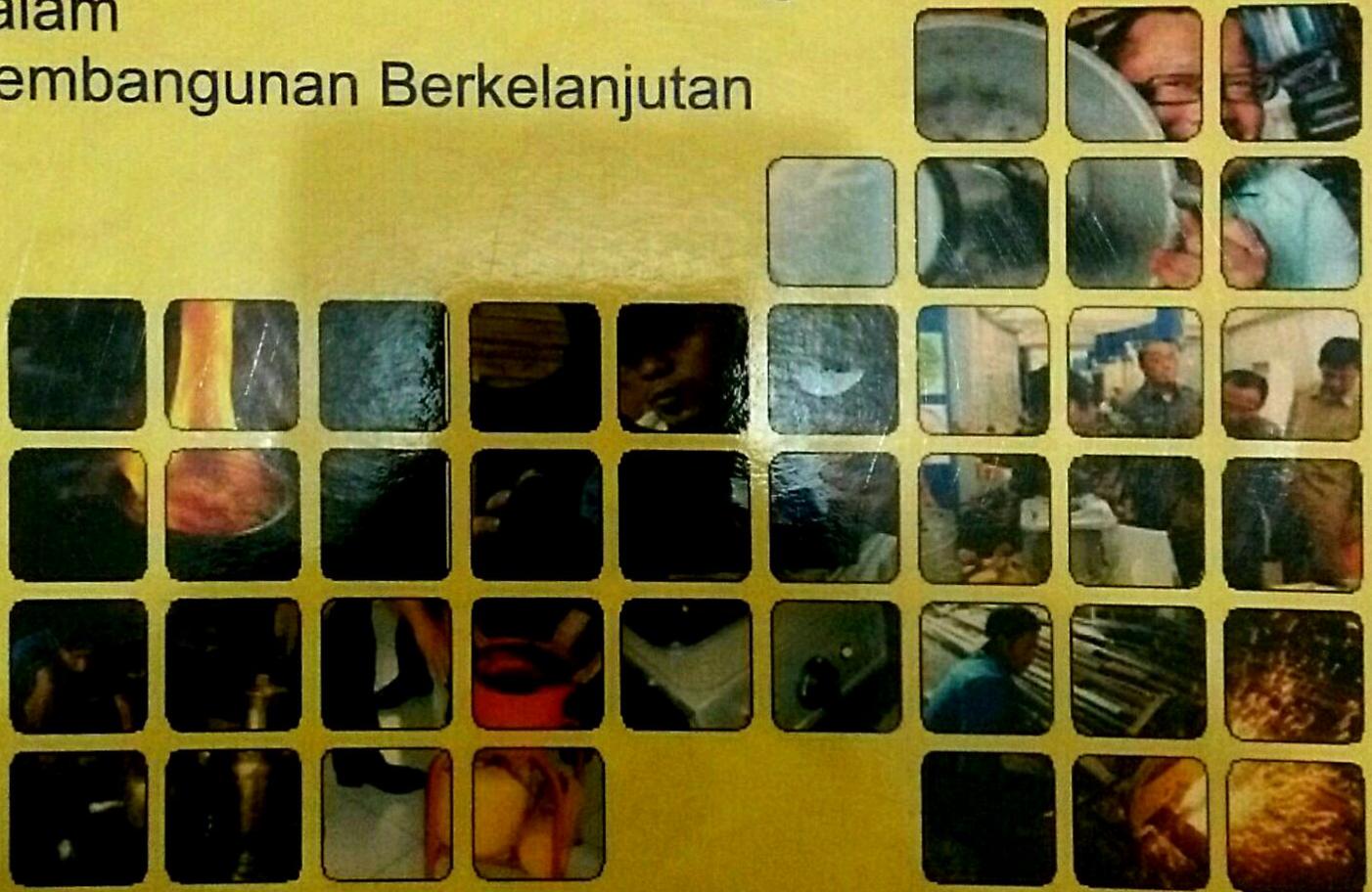


Industrial Engineering Conference

Peranan Teknologi & Inovasi

dalam
Pembangunan Berkelanjutan



**Prosiding Seminar Nasional - Industrial Engineering Conference (IEC) 2012
"PERAN TEKNOLOGI DAN INOVASI UNTUK Mendukung Pembangunan
BERKELANJUTAN"**

Terbitan : September 2012

Tim Editor : Ahmad Muhsin, ST., M.Eng.
Nugroho Adisiswanto Sukarno

Reviewer : 1. Ir. Nur Indrianti, M.T., D.Eng.
2. Miftahol Arifin, S.T., M.T.
3. Agus Ristono, S.T., M.T.
4. Ir. Irwan Soejanto, M.T.
5. Apriani Soepardi, STP, M.T.
6. Puryani, S.T., M.T.

Desain Layout : Wikan Widya Kusuma, ST

Hak Cipta pada :
Jurusan Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
UPN 'Veteran' Yogyakarta
Jl. SWK No. 4 (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta.
Telp : (0274) 486369, Fax : (0274) 486369
E-mail : iec.ti@upnyk.ac.id

ISBN. 978 – 979 – 96854 – 4 - 5

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun, tanpa izin tertulis dari Penerbit

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahamtullah Wabarakatuh

Puji Syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat Rahmat dan Hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Prosiding Seminar Nasional *Industrial Engineering Conference 2012* dengan tema "*Peran Teknologi dan Inovasi untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan*" yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Industri FTI UPN "Veteran" Yogyakarta pada hari Sabtu, 15 September 2012 bertempat di Gedung Agus Salim Jl. Babarsari 2 – Tambakbayan, Yogyakarta 55281..

Seminar Nasional *Industrial Engineering Conference 2012* dengan tema "*Peran Teknologi dan Inovasi untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan*" bertujuan untuk mengenalkan Peran Teknologi dan Inovasi dalam pembangunan berkelanjutan khususnya UKM, mengenalkan peran keikutsertaan Teknik Industri dalam mengembangkan Teknologi dan Inovasi, mengenalkan kemajuan perkembangan Teknologi dan Inovasi sampai saat ini, mengenalkan peran Perguruan Tinggi dalam mengembangkan UKM kepada Masyarakat Industri.. Makalah yang terkirim juga harus memenuhi standar penulisan dan disesuaikan dengan format yang telah ditentukan oleh panitia. Prosiding ini memuat makalah-makalah dikirimkan oleh para pemakalah, setelah direview dan diputuskan untuk diterbitkan, Secara keseluruhan terdapat 60 makalah yang dapat diterbitkan tim prosiding ini dan menjalani editing oleh Tim editor IEC 2012 yaitu Ahmad Muhsin, S.T., M.Eng. dan Nugroho Adisiswanto Sukarno, adapun desain *lay out* prosiding oleh Wikan Widya Kusuma, S.T.

Tim editor menyampaikan ucapan terimakasih kepada Rektor UPN "Veteran" Yogyakarta, para Wakil Rektor, Dekan, Wakil Dekan FTI, para pejabat, pembicara, pemakalah, peserta seminar dan HMJ Teknik Industri FTI UPN "Veteran" Yogyakarta yang telah berpartisipasi dan mambantu penyelenggaraan acara sehingga dapat tersusun prosiding ini. Harapan kami prosiding ini dapat memberikan sumbangan pemikiran dan manfaat bagi dunia industri dan masyarakat dalam rangka mewujudkan Indonesia yang bersih dan hijau.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 15 September 2012
Tim Editor



**SAMBUTAN KETUA PELAKSANA
SEMINAR NASIONAL – IEC 2012
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FTI UPN “VETERAN” YOGYAKARTA**

Assalamu'alaikum wr. Wb
Salam sejahtera untuk kita semua

Yang saya hormati,
Bapak Rektor UPN “Veteran” Yogyakarta
Bapak/Ibu pembicara

Bapak Ir. I Made Dana M Tangkas, MT (Ketua ISTMI)

Bapak Ir. Polin MW Napitupulu M.Si (Disperindagkop DIY)

Bapak Herry Zudianto, S.E., A.k.t., MM (Pengusaha/ Mantan Walikota Yogyakarta)

Yang saya hormati, Ibu Wakil Rektor dan para pejabat di lingkungan FTI UPN “Veteran” Yogyakarta

Bapak dan ibu pemakalah yang saya hormati, serta para peserta seminar yang berbahagia

Pertama-tama marilah puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah s.w.t. Tuhan yang Maha Kuasa karena atas rahmat dan hidayah-Nya pada hari ini masih diberikan nikmat kesehatan dan kesempatan untuk menghadiri seminar ini.

Pada kesempatan ini saya atas nama panitia mengucapkan selamat datang dan terimakasih telah hadir di ruangan ini dalam acara seminar nasional (*Industrial Engineering Conference*) 2012 yang pada tahun ini mengambil tema “*Peranan Teknologi & Inovasi dalam Mendukung Pembangunan Berkelanjutan*”.

Seminar ini merupakan rangkaian kegiatan dan agenda tahunan dari Jurusan Teknik Industri UPN “Veteran” Yogyakarta yang ditujukan untuk memberikan wahana kepada para peneliti, dosen, dan mahasiswa untuk berbagi informasi mengenai hasil-hasil penelitian, gagasan-gagasan baru yang inovatif untuk membuka perspektif dalam perkembangan dunia Teknik Industri.

Bapak, ibu, dan para mahasiswa peserta seminar, pada kesempatan ini perkenankan dari panitia pelaksana untuk melaporkan tentang pelaksanaan seminar kali ini, sebagai berikut :

1. Seminar nasional IEC 2012 ini diikuti oleh kurang lebih 250 peserta yang terdiri dari para peneliti di berbagai perguruan tinggi dari berbagai wilayah, Jawa Timur, Jawa Tengah, dan DIY dan mahasiswa dari berbagai jurusan di UPN “Veteran” Yogyakarta.
2. Seminar ini akan terbagi menjadi dua sesi yang terdiri dari pemaparan makalah utama oleh para pembicara utama dilanjutkan dengan sesi pemaparan makalah

hasil-hasil penelitian di sesi kedua setelah istirahat. Makalah yang masuk kepanitia setelah melalui review dan editing sebanyak 48 makalah.

Selanjutnya saya mengucapkan terimakasih atas dukungan dan kerjasama dari seluruh rekan-rekan panitia untuk mempersiapkan acara ini. Dan beberapa pihak memberikan dukungan dan partisipasinya saya juga mengucapkan terimakasih dan merupakan penghargaan yang tak ternilai bagi kami.

Harapan kami dalam penyelenggaraan seminar ini dapat memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya kepada seluruh hadirin, tetapi betapa sempurnanya persiapan yang dilakukan, kami merasakan masih banyak terdapat hal-hal yang kurang berkenan. Atas nama panitia saya mohon maaf atas kesalahan, kekurangan, kekilafan, dan ketidaknyamanan yang dirasakan hadirin semua.

Akhirnya kepada para peserta, saya mengucapkan selamat mengikuti seminar, semoga seminar ini memberikan manfaat bagi para hadirin semua dan perkembangan Teknik Industri pada umumnya.

Terimakasih
Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 15 September 2012
Ketua Pelaksana

Gunawan Madyono Putro, S.T., M.T.
NIP. 19690914 199103 1001



SAMBUTAN REKTOR

Dalam Acara

SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI 2012 "PERANAN TEKNOLOGI DAN INOVASI DALAM PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN "

Gedung Agus Salim UPN "Veteran" Yogyakarta
Sabtu, 15 September 2012

Yang Saya Hormati:

1. Para Nara sumber:
 - a. Bapak Ir. Made Dana M Tangkas MT (ISTMI)
 - b. Bapak Ir. Polin MW Napitupulu M.Si (Disperindagkop DIY)
 - c. Bapak Herry Zudianto, S.E, A.kt., MM (pengusaha/ mantan walikota Yogyakarta)
2. Para pejabat di lingkungan FTI UPN Veteran Yogyakarta
3. Para pemakalah dan peserta seminar serta
4. para undangan dan hadirin sekalian.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Selamat pagi, dan salam sejahtera untuk kita semua.

Pada kesempatan ini marilah kita bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya kita dapat menghadiri seminar nasional Teknik Industri 2012 dengan tema "Peranan teknologi dan inovasi dalam pemabangunan berkelanjutan"

Saya selaku pimpinan Universitas Pembangunan Nasional Yogyakarta mengucapkan selamat datang dan terima kasih kepada semua pihak yang telah hadir dan ikut berpartisipasi dalam menyukseskan acara seminar nasional Teknik industri 2012 di UPN "Veteran" Yogyakarta ini, Semoga kerjasama kita dapat terus terjalin dengan positif sebagai bagian dari upaya memajukan dunia pendidikan dan teknologi di Indonesia.

Saudara-saudara Yang Saya Hormati

Berbicara tentang peradaban manusia tentunya tidak akan lepas dengan perkembangan teknologi. Manusia dan teknologi tumbuh dan berkembang secara beriringan. Dengan memanfaatkan potensi pikiran yang dimiliki manusia menciptakan berbagai inovasi teknologi yang digunakan untuk memudahkan berbagai aktifitas manusia. Dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa teknologi terlahir seiring dengan lahirnya peradaban manusia.

Kemajuan teknologi di suatu negara tak terlepas dengan keberhasilan inovasi teknologi di negara tersebut. Semakin gencar inovasi dilakukan maka semakin berkembanglah teknologi tersebut. Salah satu tolok ukur keberhasilan pembangunan adalah banyak tidaknya penelitian dan inovasi-inovasi baru dapat ditemukan dan dikembangkan. Hal ini dikarenakan dari inovasi yang dikembangkan memungkinkan munculnya industri industri baru yang akan mempengaruhi percepatan pertumbuhan ekonomi, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang

Teknologi dan inovasi untuk perancangan teknologi tepat sangat dibutuhkan di negara kita saat ini karena kreativitas dan inovasi baru dapat mendorong kemunculan industri kreatif diberbagai penjuru nusantara sehingga pada akhirnya megurangi pengangguran yang begitu besar dinegara kita. Implementasi tersebut tentunya hanya dapat dicapai dengan tekad yang kuat, perencanaan yang matang, serta kerja keras yang sinergis di antara semua *stakeholder* industri, pemerintah, akademisi, pelaku usaha dan instansi terkait lainnya.

Seminar nasional Industrial Engineering Conference 2012 bertajuk " peranan Teknologi dan inovasi dalam pembangunan berkelanjutan " bertujuan untuk menggali hasil penelitian dan karya ilmiah baik metode dan teknologi baru dalam kerangka pembangunan berkelanjutan.

Berkaitan dengan hal tersebut di atas saya menyambut gembira dengan diselenggarakannya seminar pada hari ini dengan mendatangkan nara sumber yang berkompeten dibidangnya. Semoga materi yang disampaikan memberikan semangat kepada kita semua untuk ikut berperan serta dalam pembangunan berkelanjutan.

Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih atas kehadiran, kontribusi, dan kerja sama Saudara-saudara sekalian, juga kepada panitia yang sudah bekerja keras mempersiapkan terselenggaranya acara ini. Dengan mengucap *Bismillahirrohmanirrohim* seminar nasional *Industrial engineering conference 2012* dengan tema " peranan Teknologi & inovasi dalam pembangunan berkelanjutan " dengan resmi saya nyatakan dibuka.

Demikian yang dapat saya sampaikan . marilah kita panjatkan doa ke pada Tuhan yang maha Esa semaga Tuhan Yang maha Esa senantiasa memberikan petunjuk dan kekuatan kepada kita semua.

Selamat melaksanakan seminar, terima kasih. Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yoogyakarta 15 september 2012
Rektor UPN"veteran" yogyakarta

Prof. Dr. H. Didit Welly Udjianto, M.S.
NIP. 195906201986031001

DAFTAR ISI

Cover Dalam	Hlm
ISBN	i
Kata Pengantar	ii
Sambutan Ketua Panitia	iii
Sambutan Rektor UPN "Veteran" Yogyakarta	iv
Daftar Isi	vi
	viii

MAKALAH :

No	Nama Pertama	Judul	Hlm
01	A. Soepardi	ANALISIS KEGAGALAN MESIN INDUKSI DENGAN MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS (MAFMA)	1-1
02	Agung Setyo Utomo	RANCANGAN KEBIJAKAN ALTERNATIF MODAL KERJA PADA USAHA MIKRO KECIL DAN MENENGAH (UMKM) DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIK (STUDI KASUS DI TEMU KERAMIK KASONGAN KABUPATEN BANTUL)	2-1
03	Agus Mansur	PEMODELAN DINAMIKA USAHA MIKRO DAN KECIL UNTUK MERANCANG SKEMA KEBIJAKAN PENGEMBANGAN UMKM DI SENTRA KERAJINAN GERABAH KASONGAN, KABUPATEN BANTUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA.	3-1
04	Angga Laksitama	PENGUKURAN DAN ANALISIS NILAI OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE) UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIFITAS KINERJA SISTEM MANUFaktur	4-1
05	Ardiyanto	PRELIMINARY STUDIES OF AUTOMATIC LANDMARKS DETECTION FOR CIRCUMFERENCE ANTHROPOMETRIC MEASUREMENTS	5-1
06	Arif Rahman	PENGATURAN KOMPOSISI TENAGA KERJA UNTUK MEMINIMASI WAITING TIME DENGAN PENDEKATAN SIMULASI BERBASIS INTERAKSI PROSES	6-1
07	Arif Rahman	SIMULASI SISTEM PERSEDIAAN SPARE PART DENGAN PENDEKATAN COMPOUND POISSON PROCESS	7-1
08	Benedikta Anna	PENGEMBANGAN MODEL MATEMATIS DAN PERANGKAT LUNAK PENGUKURAN ANTROPOMETRI CIRCUMFERENCE DIGITAL	8-1
09	C. Riyono	PENENTUAN INTERVAL WAKTU PEMELIHARAAN PREVENTIF UNTUK MEREDUKSI BIAYA PEMELIHARAAN MESIN CETAK WEB (STUDI KASUS PT RAMBANG PALEMBANG)	9-1
10	Christin Budiono	A PROFIT MAXIMIZING MODEL FOR THE MULTI PRODUCT SUPPLY CHAIN NETWORK DESIGN	10-1
11	Devika Kumala	ANALISIS KETERLAMBATAN DISTRIBUSI SEMEN MENGGUNAKAN FAULT TREE ANALYSIS (STUDI KASUS PADA PT HOLCIM INDONESIA TBK CILACAP PLANT)	11-1
12	Dian Puspita Sari	PENINGKATAN KUALITAS PUPUK HAYATI BOKHAMIC DENGAN KOMPOSISI BAHAN BAKU MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI (STUDI KASUS DI P4S BINA TANI)	12-1

JOMBANG JAWA TIMUR)			
13	Diana Puspita Sari	ANALISIS KEGAGALAN PRODUK CROSS SECTION FLOOR LAMP MENGGUNAKAN ROOT CAUSE ANALYSIS (STUDI KASUS DI PT BARALI CITRA MANDIRI)	13-1
14	Dina Natalia Prayogo	PERANCANGAN MODEL OPTIMASI PENGATURAN RUTE ARMADA UNTUK PENGIRIMAN DAN PENGAMBILAN BARANG DENGAN MULTI TRIP DAN TIME WINDOW	14-1
15	Diyah Ratna Wahyuningsih	RELAYOUT FASILITAS PRODUKSI DENGAN CELLULAR MANUFACTURING SYSTEM	15-1
16	Dzakiyah Widyaningrum	PENENTUAN DIMENSI PENGUKURAN KINERJA PADA SUPPLY CHAIN PERIKANAN LAUT JENIS TANGKAP STUDI KASUS DI PANTAI SADENG YOGYAKARTA	16-1
17	Eko Poerwanto	PENGEMBANGAN MODEL PEMILIHAN DESAIN PRODUK COOKWARE PROSPEKTIF	17-1
18	Eny Endah Pujiastuti	PERAN UKM DALAM MENGEMBANGKAN JIWA ENTREPRENEURSHIP DI KALANGAN REMAJA	18-1
19	Erni Wahyu Kurniawati	USULAN STRATEGI BISNIS MENGGUNAKAN ANALISIS SWOT (STUDI KASUS PADA PT PIMSF DIVISI STAMPING)	19-1
20	Esti Dwi Rinawiyanti	INNOVATIONS BUILDING PADA MAHASISWA TEKNIK INDUSTRI MELALUI KERJA PRAKTEK I	20-1
21	Etika Muslimah	PERANCANGAN ULANG ALAT PENGUPAS KACANG TANAH DENGAN METODE QFD	21-1
22	Fahmi Ajil	DESAIN EKSPERIMEN GENTENG MAGASIL UNTUK MEMINIMASI DAYA SERAP AIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI (STUDI KASUS PADA SENTRA INDUSTRI GENTENG MAGASIL DI DUSUN KLINYO, YOGYAKARTA)	22-1
23	Gunawan Madyono Putro	PEMBUATAN PUPUK ORGANIK DARI KOTORAN SAPI DENGAN METODE PIPING BOX COMPOSTER	23-1
24	Hilya Mudrika Arini	THE PERFORMANCE ANALYSIS OF TIME-SERIES COMBINATION FORECAST BASED ON FORECAST RESULT ACCURACY, RESIDUAL VALUE AND STABILITY	24-1
25	Indah Pratiwi	PERANCANGAN ALAT PRESS AMPAS TAHU UNTUK PEMBUATAN TEMPE GEMBUS DI KARTASURA	25-1
26	Irwan Sukendar	PEMILIHAN SUPPLIER BAHAN BAKU JAMU DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) PADA PT. NYONYA MENEER SEMARANG	26-1
27	Jerry Agus Arlianto	PERANCANGAN MODEL PERENCANAAN PRODUKSI DAN DISTRIBUSI PERISHABLE PRODUCT	27-1
28	Lisa Mardiono	DESAIN DASHBOARD KINERJA YANG EFEKTIF BAGI PERGURUAN TINGGI	28-1
29	M. Fajar Nurwildani	"PENGAMBILAN KEPUTUSAN PEMBELIAN MAKANAN CEPAT SAJI "X" DI TEGAL MENGGUNAKAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS"	29-1
30	M. Reza Iqbal	PERANCANGAN SISTEM PENILAIAN DAN EVALUASI KINERJA VENDOR MENGGUNAKAN MULTI KRITERIA (STUDI KASUS DI PT. SARI HUSADA)	30-1
31	M. Th. Kristiati. EA	LISTRIK MANDIRI DARI SUMBER ENERGI TERBARUKAN DAN RAMAH LINGKUNGAN DALAM MENOPANG PERTUMBUHAN UKM DI DATARAN TINGGI DIENG	31-1

32	M.S.Hamzah	KEKERASAN DAN KONDUKTIFITAS TERMAL KOMPOSIT CLAY DIPERKUAT DENGAN ALUMINA UNTUK APLIKASI FIRE BRICK	32-1
33	Markus Hartono	KERANGKA KONSEPTUAL INTEGRASI SERVQUAL, MODEL KANO DAN KANSEI ENGINEERING DENGAN QFD PADA INDUSTRI JASA	33-1
34	Marni Astuti	PEMODELAN SISTEM PERENCANAAN PRODUKSI PRODUK OLAHAN BAMBUN UKM DI CEBONGAN SLEMAN	34-1
35	Mila Faila Sufa	MINIMASI BULLWHIP EFFECT PADA JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINERAL	35-1
36	Mochammad Chaeron	STRATEGI BARU UNTUK PEMESINAN BENTUK RONGGA (POCKET) SEGITIGA	36-1
37	Mubarok	SISTEM PENGENDALIAN DAN PERBAIKAN KUALITAS PRODUK DENGAN METODE SIX SIGMA DAN 5S (STUDI KASUS DI UD. PUSPA UTAMA MOJOKERTO)	37-1
38	Muhammad Ridwan Andi Purnomo	OPTIMASI PENJADWALAN FLOWHSOP DENGAN PEKERJAAN TERDETERIORASI MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIK	38-1
39	Murti Astuti	PENDEKATAN LEAN SIGMA SEBAGAI UPAYA UNTUK MEMINIMASI WASTE PADA DEPARTEMEN PRODUKSI	39-1
40	Ni Luh Putu Hariastuti	ANALISA RESIKO DALAM USAHA MENGELOLA FAKTOR RESIKO SEBAGAI UPAYA MENINGKATKAN KUALITAS DAN KUANTITAS PRODUK JADI	40-1
41	Omega	ANALISIS NILAI-NILAI PELANGGAN (CUSTOMER VALUE) SURAT KABAR DI PALEMBANG DENGAN METODE AHP (STUDI KASUS PT RAMBANG)	41-1
42	Purnawan Adi W	ANALISIS KELUHAN MUSCULOSKELETAL DISORDER DI CV PIRANTI WORK : KAJIAN ERGONOMI	42-1
43	Puryani	INTEGRASI METODE SERVQUAL, KANO, DAN QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS LAYANAN PLAYGROUP CRISTAL KIDS	43-1
44	Rindra Yusianto	PENGEMBANGAN MODEL SISTEM PELAYANAN OTOMATIS BERBASIS RFID SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN EFISIENSI WAKTU TUNGGU ANTRIAN DALAM SISTEM DISTRIBUSI	44-1
45	Sanny Hahury	KINERJA PENGEMUDI DITINJAU DARI ERGONOMIKA FISIK DAN LINGKUNGAN	45-1
46	Sri Suhenry	PENGARUH PEMBUANGAN AIR LIMBAH TERHADAP KUALITAS AIR SUMUR GALI	46-1
47	S.R. Sulisty	CHEMICAL MATERIAL PLANNING AND CONTROLLING ANALYSIS USING EOQ, ROQ, MIN MAX STOCK, AND BLANKET ORDER APPROACH (A CASE STUDY AT PT.X BONTANG)	47-1
48	Taufik Adityawan	ANALISIS PENGARUH SHIFT KERJA TERHADAP KELELAHAN KARYAWAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE BOURDON WIERSMA TEST DAN 30 ITEMS OF RATING SCALE (STUDI KASUS DI PHIA DEVA SLEMAN YOGYAKARTA)	48-1
49	Tofik Hidayat	PENGURANGAN TINGKAT KEHILANGAN AIR MELALUI PERBAIKAN METERAN AIR DAN PENGGANTIAN METERAN AIR YANG HILANG DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIK	49-1

50	Tri Wibawa	PENGEMBANGAN MODEL BIOMEKANIKA STATIK 2 DIMENSI UNTUK MENENTUKAN GAYA KOMPRESI PADA SENDI L5/S1 BERDASARKAN POSISI DUDUK PENGGUNA SEPEDA MOTOR	50-1
51	Yasrin Zabidi	PERANCANGAN SISTEM EVALUASI KINERJA UPT PERPUSTAKAAN SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO	51-1
52	Yuli Dwi Astanti	MODEL KONSEPTUAL STRATEGI MASS CUSTOMIZATION UNTUK MENDUKUNG INOVASI FRUGAL	52-1
53	Eko Nursubiyantoro	SISTEM MANAJEMEN PERAWATAN UNIT MMU PUMP DAN OIL SHIPPING PUMP	53-1
54	Sutrisno	PENGEMBANGAN PROSEDUR DAN MODEL OPTIMASI PETA KENDALI TRIPLE SAMPLING BERBASIS PETA KENDALI DOUBLE SAMPLING BARU DENGAN FUNGSI TUJUAN MAKSIMASI POWER PETA KENDALI	54-1
55	Nia Budi Puspitasari	ANALISA KEGAGALAN PROSES PRODUKSI SARUNG TENUN ATM (ALAT TENUN MESIN) DENGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY FMEA (STUDI KASUS PT. ASAPUTEX JAYA TEGAL)	55-1
56	Indri Hapsari	PERBAIKAN TATA LETAK GUDANG KALENG DI SURABAYA	56-1
57	Indri Hapsari	PENINGKATAN KAPASITAS PRODUKSI PERCETAKAN DI SURAKARTA	57-1
58	Esti Dwi Rinawiyanti	IDENTIFIKASI PELUANG USAHA MIKRO YANG DIMINATI MAHASISWA	58-1
59	Rahmi Yuniarti	RANCANG BANGUN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN DENGAN PENDEKATAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS UNTUK PEMILIHAN SUPPLIER PERALATAN LABORATORIUM DI PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI	59-1
60	Irwan Soejanto	PENGUKURAN TINGKAT FLEKSIBILITAS SUPPLY CHAIN MANAGEMENT	60-1

PENGEMBANGAN MODEL BIOMEKANIKA STATIK 2 DIMENSI UNTUK MENENTUKAN GAYA KOMPRESI PADA SENDI L5/S1 BERDASARKAN POSISI DUDUK PENGGUNA SEPEDA MOTOR

Tri Wibawa, Dyah Rachmawati L, dan Intan Naulia Dewi
Program Studi Teknik Industri, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. Babarsari 2 Tambakbayan Yogyakarta 55281
e-mail : tri.wibawa@upnyk.ac.id

ABSTRACT

Position sit unfavourable when ride the motorbike can generate the cidera at the backbone. This matter is caused because the pressure at the backbone will increase at the sit position if compared to standing and also lying down. Pressure accepted at the backbone, ever greater hence risk of the happening of cidera at the backbone. Undercarriage backbone especially part of meeting lumbar 5 and sakral 1 (L5 / S1) represent the most critical shares to forces.

This research represent the development of biomechanic model to know the level of pressure force at joint L5 / S1 on course sit the motorbike consumer. This biomechanic model is inclusive of biomechanic model statik analysed of two dimension. Development model this started with the co-ordinate determination in each body segment. Step hereinafter is determine the forces and moment that happened in each body segment. Last step is calculate the level of pressure force that happened at joint L5 / S1.

The developed model in this research applicable to analyse the forces and moment that happened in each joint on course sit the motorbike consumer. Though analyse this done by static of two dimension, but this model quite a lot giving information of related to force and moment of every joint, especially pressure force at joint L5 / S1.

Keyword: biomechanical modelling, sit position, backbone, pressure force.

Pendahuluan

Sepeda motor yang hasil fabrikasi merupakan sepeda motor standard. Sepeda motor jenis *standard*, yaitu sepeda motor yang asli dari pabriknya tanpa ada perubahan sedikitpun. Hasil modifikasi merupakan sepeda motor jenis *custom*, yaitu sepeda motor yang telah dimodifikasi sedemikian rupa sehingga sudah tidak terlihat lagi bentuk aslinya. Sepeda motor yang banyak dipilih untuk dilakukan modifikasi adalah sepeda motor jenis Satria R. Karena sepeda motor jenis Satria R ini mudah untuk dilakukan modifikasi baik dari segi bentuk maupun mesinnya. Modifikasi yang dilakukan tentu akan mengubah posisi dari sepeda motor. Untuk itu maka didalam penelitian ini peneliti akan membandingkan besarnya gaya kompresi yang di terima oleh sendi L5/S1 pengguna sepeda motor jenis *standard* dan pengguna sepeda motor jenis *custom*.

Model-model biomekanika statik 2 dimensi yang telah ada hanya membahas gaya-gaya yang berada pada bagian-bagian tubuh tertentu dengan aktivitas-aktivitas tertentu, yaitu kegiatan memanggul, mendorong, dan menarik saja. Sedangkan masih banyak kegiatan sehari-hari lainnya yang dapat menimbulkan cedera pada tulang belakang. Seperti, posisi duduk yang salah dapat menimbulkan rasa sakit yang berkepanjangan pada tulang belakang.

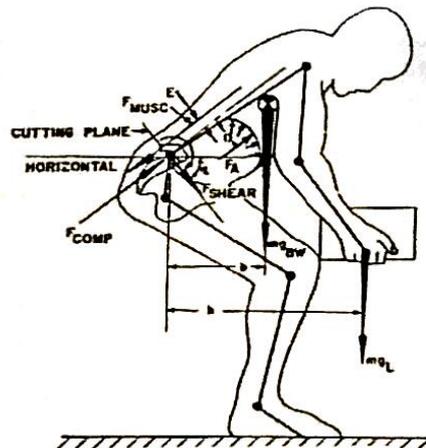
Modifikasi yang dilakukan tentu akan mengubah posisi dari sepeda motor. Dudukan pada sepeda motor yang dipendekkan maupun ditinggikan akan merubah posisi duduk pengendara sepeda motor tersebut. Begitu juga dengan modifikasi pada stang sepeda motor. Hal ini akan membuat posisi duduk pengendara sepeda motor condong untuk kedepan. Pengendara motor dengan sikap duduk yang tidak baik akan merasakan sakit pada bagian punggung. Tekanan pada tulang belakang akan meningkat pada saat duduk jika dibandingkan



pada saat berdiri maupun berbaring. Jika diasumsikan tekanan tersebut sekitar 100%, maka cara duduk yang tegang dan kaku (*erect posture*) dapat menyebabkan tekanan tersebut mencapai 140%, dan cara duduk yang dilakukan dengan membungkuk ke depan menyebabkan tekanan tersebut sampai 190%. Hal tersebut dapat diartikan bahwa semakin besar tekanan yang diterima, maka semakin besar resiko cedera pada tulang belakang. Sikap duduk yang tegang lebih banyak memerlukan aktivitas otot atau urat saraf belakang dari pada sikap duduk yang condong ke depan. Kenaikan tersebut dapat meningkat dari suatu perubahan dalam lekukan tulang belakang yang terjadi pada saat duduk (Dewi, 2006). Oleh karena itu maka posisi duduk yang berbeda antara sepeda motor *standart* dan sepeda motor *custom* akan menimbulkan tekanan yang berbeda pula pada tulang belakang, khususnya pada sendi L5/S1.

Penelitian terdahulu

Penentuan gaya tekan, gaya geser, dan momen di persendian L5/S1, digunakan model biomekanika tulang belakang dari Chaffin (1991). Model ini mengasumsikan gaya tekan yang terjadi di sendi L5/S1 sebagai pengaruh dari gaya berat tubuh di atas L5/S1, gaya eksternal berupa gaya angkat beban, gaya otot tulang belakang, dan gaya tekan abdomen dipusat diafragma (gambar 1).



Gambar 1. Model biomekanika tulang belakang Chaffin (Chaffin & Andersson, 1991)

Persamaan umum model biomekanika tulang belakang Chaffin untuk penentuan gaya kompresi pada L5/S1 adalah sebagai berikut (Chaffin & Andersson, 1991) :

$$\sum M_{L5/S1} = 0$$

$$b (mg_{BW}) + h (mg_L) - D (F_A) - E (F_M) = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$F_M = \frac{b (mg_{BW}) + h (mg_L) - D (F_A)}{E} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$F_A = P_A (465 \text{ cm}^2)$$

$$P_A = 10^{-4} [43 - 0,36\theta_H] (\bar{M}_{L5/S1})^{1,8}$$

Gaya normal (gaya yang sejajar sumbu L5/S1) berupa gaya kompresi :

$$\sum F_{comp} = 0$$

$$mg_{BW} \cdot \cos \alpha^0 + mg_L \cdot \cos \alpha^0 - F_A + F_M - F_C = 0$$

$$F_C = mg_{BW} \cdot \cos \alpha^0 + mg_L \cdot \cos \alpha^0 - F_A + F_M \quad \dots\dots\dots (3)$$



Keterangan :

- $M_{L5/S1}$ = momen yang terjadi pada L5/S1
 mg_{BW} = berat tubuh di atas L5/S1 (N)
 mg_L = berat beban yang diangkat (N)
 F_M = gaya otot tulang belakang (N)
 F_C = gaya tekan di L5/S1 (N)
 F_S = gaya geser di L5/S1 (N)
 F_A = $P_A \cdot 465$ = gaya abdomen akibat tekanan diafragma (N)
 P_A = tekanan pada diafragma (N/cm²)
465 cm² = luas rata-rata diafragma manusia (Moris, Lucas, dan Bresler, 1961)
 θ_H = sudut antara segmen paha dengan batang tubuh (°)
 b = jarak titik berat tubuh di atas L5/S1 dengan L5/S1 (cm)
 h = jarak titik berat beban dengan sendi L5/S1 (cm)
 D = jarak gaya abdomen dengan sumbu punggung (cm)
 E = jarak gaya otot tulang belakang dengan sumbu punggung (cm)
 α = sudut antara permukaan *sacrum* S1 dengan sumbu horisontal akibat perubahan posisi tubuh sebesar 40° dari posisi tubuh tegak lurus normal. Jika terjadi perubahan posisi tubuh maka sudut α berubah sebesar β . Menurut Chaffin (1991) sudut pinggul β dirumuskan sebagai berikut :
$$\beta = -17,5 - 0,12T + 0,23K + 0,0012TK + 0,005T^2 - 0,00075K^2$$

T = sudut antara sumbu badan dengan garis vertikal di pangkal paha
K = sudut pada sendi lutut antara paha dengan betis.

Batas yang direkomendasikan untuk gaya kompresi yang terjadi di L5/S1 adalah 3400 Newton (NIOSH, 1981 dalam Chaffin, & Andersson, 1991).

Pengembangan model

Tahapan pengembangan model dimulai dengan mengidentifikasi sistem yang relevan dengan tujuan pembuatan model. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat model tulang belakang statik 2 dimensi untuk menentukan gaya kompresi di persendian berdasarkan posisi duduk pengguna sepeda motor. Model ini merupakan pengembangan dari model Chaffin (1991) dan model Siswanto (2004). Model tersebut dibuat agar dapat diketahui besarnya beban yang bekerja pada bagian-bagian tubuh seseorang pada posisi duduk. Evaluasi dari penelitian ini difokuskan pada penentuan gaya dan momen pada tulang belakang, terutama pada bagian L5/S1 yang merupakan bagian yang paling rawan dalam tubuh. Lalu akan dilakukan pula tahapan pendeskripsian sistem. Pendeskripsian sistem mencakup penentuan input, output, komponen, dan hubungan yang terjadi didalamnya. Didalam tahap ini juga akan ditentukan asumsi-asumsi yang digunakan, jenis pergerakan pada segmen tubuh, dan sistem koordinat yang dipakai. Dalam penelitian ini, model tubuh manusia digambarkan kedalam 8 segmen utama. Dari delapan segmen tersebut terdapat 7 sendi tubuh yang terlibat. Segmen telapak kaki dibagi menjadi 3 segmen yang membentuk segitiga. Model biomekanika ini juga melibatkan input yang berupa sudut-sudut yang terjadi diantara segmen-segmen tubuh

Data-data yang digunakan dalam pembuatan model ini diperoleh dari berbagai literatur-literatur. Data-data tersebut adalah data panjang segmen tubuh, data massa segmen tubuh, dan data titik pusat massa segmen tubuh. Setelah data-data terkumpul, maka langkah selanjutnya adalah menentukan posisi atau koordinat setiap segmen tubuh, titik pusat massa setiap segmen tubuh, dan bagian-bagian lainnya. Didalam penentuan koordinat setiap segmen tubuh dan posisi persendian tubuh, digunakan sistem koordinat kartesian dua dimensi (x,y). Selain ditentukan besarnya gaya dan momen, dalam penelitian ini juga ditentukan arah gaya dan momen yang bekerja dititik pusat massa segmen tubuh dan persendian tubuh.



Penentuan gaya dan momen di persendian

Gaya dan momen reaksi disetiap persendian ditentukan dengan prinsip kesetimbangan gaya ($\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$) dan kesetimbangan momen ($\sum M = 0$). Penentuan persamaan kesetimbangan gaya dan momen akan dimulai dari sendi tubuh yang paling ujung (*distal*).

a. Gaya dan momen di pergelangan tangan

1) Gaya reaksi pada pergelangan tangan (F_{x_w} , F_{y_w}) (4)
 $F_{x_w} = F_{pull}$ $F_{y_w} = W_w$

2) Momen pada pergelangan tangan (M_w) (5)
 $M_w = (W_w \cdot x) \cos \alpha_w^0$

b. Gaya dan momen di siku

1) Gaya reaksi pada siku (F_{x_e} , F_{y_e}) (6)
 $F_{x_e} = F_{x_w}$ $F_{y_e} = W_e + F_{y_w}$

2) Momen pada siku (M_e) (7)
 $M_e = [F_{y_w} (S3') + (W_e)(a)] \cos \alpha_e^0 + M_w$

c. Gaya dan momen di bahu

1) Gaya reaksi pada bahu (F_{x_s} , F_{y_s}) (8)
 $F_{x_s} = F_{x_e}$ $F_{y_s} = W_s + F_{y_e}$

2) Momen pada bahu (M_s) (9)
 $M_s = [(F_{y_e} \cdot S2) + (W_s \cdot b)] \cos \alpha_s^0 + M_e$

d. Gaya dan momen di L5/S1

1) Gaya reaksi pada L5/S1 ($F_{x_{L5/S1}}$, $F_{y_{L5/S1}}$) (10)
 $F_{x_{L5/S1}} = F_{x_s}$ $F_{y_{L5/S1}} = W_{L5/S1} + F_{y_s}$

2) Momen pada L5/S1 ($M_{L5/S1}$) (11)
 $M_{L5/S1} = [(F_{y_s} \cdot S4'') + (W_{L5/S1} \cdot c)] \cos \alpha_{L5/S1}^0 + M_s$

e. Gaya dan momen di pangkal paha

1) Gaya reaksi pada pangkal paha (F_{x_h} , F_{y_h}) (12)
 $F_{x_h} = F_{x_{L5/S1}}$ $F_{y_h} = W_h + F_{y_{L5/S1}}$

2) Momen pada pangkal paha (M_h) (13)
 $M_h = M_{L5/S1} - [(W_h \cdot d) + (F_{y_{L5/S1}} \cdot S5)] \cos \alpha_h^0$

f. Gaya dan momen di lutut

1) Gaya reaksi pada lutut (F_{x_k} , F_{y_k}) (14)
 $F_{x_k} = F_{x_h}$ $F_{y_k} = W_k + F_{y_h}$

2) Momen pada lutut (M_k) (15)
 $M_k = M_h - [(F_{y_h} \cdot S6) - (W_k \cdot e)] \cos \alpha_k^0$

g. Gaya dan momen di pergelangan kaki

1) Gaya reaksi pada pergelangan kaki (F_{x_a} , F_{y_a}) (16)
 $F_{x_a} = F_{x_k}$ $F_{y_a} = W_a + F_{y_k}$

2) Momen pada pergelangan kaki (M_a) (17)
 $M_a = M_k - [(F_{y_k} \cdot S7) + (W_a \cdot f)] \cos \alpha_a^0$

Penentuan gaya kompresi pada sendi L5/S1

Model penentuan gaya kompresi yang dikembangkan ini berasal dari model Chaffin (1991). Perbedaannya terletak pada besarnya momen pada L5/S1. Pada model Chaffin besarnya momen pada L5/S1 hanya dihitung dari berat bagian punggung saja, tanpa memperhitungkan kontribusi dari segmen yang lainnya. Penentuan gaya kompresi pada model yang dikembangkan oleh Chaffin (1991) menggunakan sudut T^0 yang merupakan jarak antara segmen kepala-leher-punggung dengan garis vertikal didapatkan dari pergerakan segmen kepala-leher-punggung terhadap garis vertikalnya. Tetapi dalam pengembangan model biomekanika ini besarnya sudut T^0 diperoleh dari persamaan sebagai berikut (Siswanto, 2004):

$$T = 180^0 - [\theta_h^0 + (\alpha_k^0 - 90^0)]$$



Hasil dari persamaan empiris yang digunakan oleh Chaffin (1991), mengasumsikan bahwa momen pada pinggul setara dengan momen pada *disc* L5/S1, dinyatakan dengan:

$$P_A = 10^{-4} [43 - 0.36 \theta_h^0] [M_{L5/S1}^{1.8}]$$

Dimana :

P_A = tekanan abdomen di pusat diafragma (mm Hg)

θ_h = sudut pada sendi pangkal paha (0)

$M_{L5/S1}$ = momen pada sendi L5/S1 (Nm)

Gaya kompresi pada abdomen (F_A) dapat ditentukan dari persamaan sebagai berikut:

$$F_A = P_A \cdot (465 \text{ cm}^2)$$

Keterangan :

F_A = gaya kompresi abdomen (N)

P_A = tekanan abdomen di pusat diafragma (mm Hg)

$$1 \text{ N/cm}^2 = 75 \text{ mm Hg}$$

465 cm² merupakan luas rata-rata diafragma tubuh manusia (Lucas dan Bressler, 1961 yang dikutip dari Chaffin, 1991).

$$F_m = \frac{b (mg_{bw}) + h (mg_{load}) - D (F_A)}{E} \quad \dots \dots \dots (18)$$

Dimana: b = titik pusat massa segmen kepala-leher-punggung (m)

mg_{bw} = berat tubuh bagian atas (N)

mg_{load} = berat beban (N)

D = jarak tegak lurus sumbu tubuh ke pusat gaya yang menekan perut. (diasumsikan oleh Kustantio, 1999) (m)

F_A = gaya kompresi abdomen (N)

E = 5 cm (diasumsikan oleh Chaffin & Andersson, 1991)

Penentuan gaya kompresi yang terjadi pada sendi L5/S1. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$F_c = \cos \alpha^0 (mg_{bw}) + \cos \alpha^0 (mg_{load}) - F_A + F_M \quad \dots \dots \dots (19)$$

Dengan : $\alpha^0 = 40^0 + \beta^0$

Pemrograman komputer untuk penentuan output model

Setelah model-model dikembangkan seluruhnya, maka dapat dilakukan perhitungan-perhitungan yang diinginkan dengan menggunakan program *Visual Basic v. 6*. Tahapan-tahapan pengerjaan dengan menggunakan program ini adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan semua data-data input yang telah diketahui
2. Klik pada tombol kalkulasi
3. Output yang berupa koordinat, gaya, dan momen pada setiap segmen, gaya kompresi pada sendi L5/S1 akan tampil secara otomatis.

Didalam penelitian ini akan dilakukan studi kasus tentang pengguna sepeda motor jenis *standart* dan sepeda motor jenis *custom*. Kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan batas yang telah direkomendasikan oleh NIOSH.

Sebagai contoh numerik diberikan input sebagai berikut:

Tinggi badan (H) = 173 cm

Berat badan (W_b) = 52 kg

Berat beban (W_{load}) = 3,5 kg

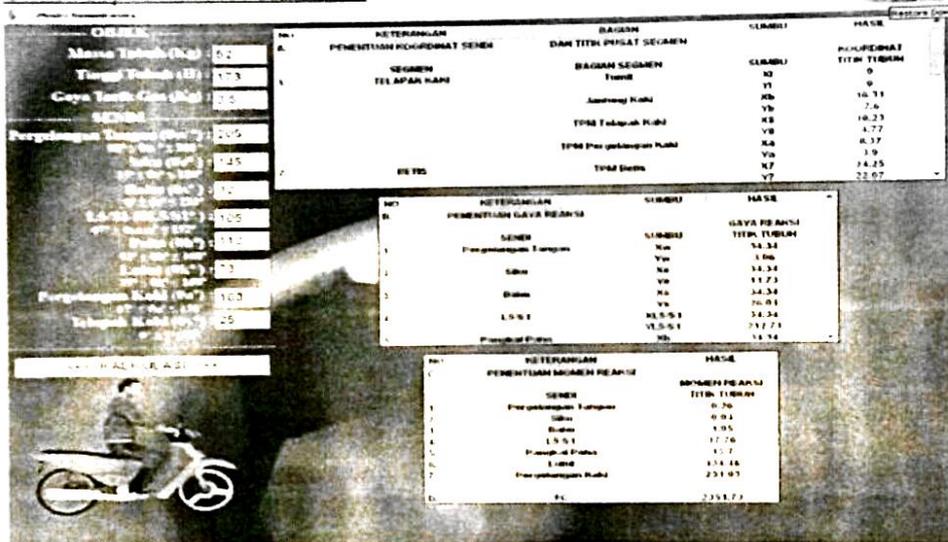
Dengan besar sudut antar segmen seperti pada tabel 1 di bawah.



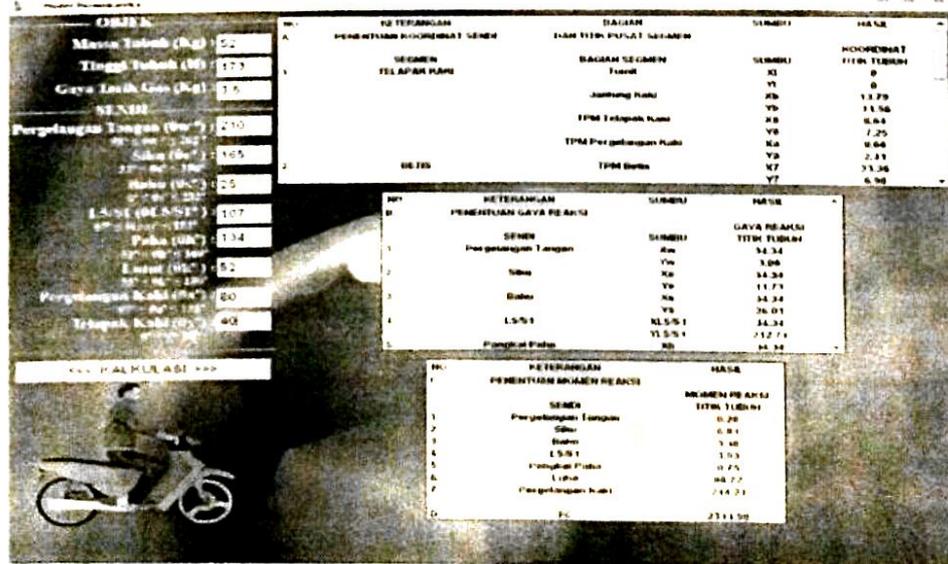
Tabel 1. Sudut antar segmen masukan input model

SENDI	MOTOR STANDAR	MOTOR CUSTOM
Pergelangan tangan (θ_w^0)	205	210
Siku (θ_e^0)	145	165
Bahu (θ_s^0)	32	25
L5/S1 ($\theta_{L5/S1}^0$)	105	107
Paha (θ_h^0)	113	134
Lutut (θ_k^0)	73	52
Pergelangan kaki (θ_a^0)	103	80
Pergerakan telapak kaki (γ^0)	25	40

Untuk sepeda motor *standart*:



Untuk sepeda motor *custom*:



Gambar 2. Hasil penentuan gaya kompresi untuk sepeda motor standard dan custom

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pengembangan model, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Model yang dikembangkan dapat digunakan untuk menentukan gaya kompresi pada sendi L5/S1 dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_c = \cos \alpha^0 (mg_{bw}) + \cos \alpha^0 (mg_{load}) - F_A + F_M$$

$$\text{Dengan: } F_M = \frac{b(mg_{bw}) + h(mg_{Load}) - D(F_A)}{E}$$

2. Berdasarkan hasil study kasus, maka gaya kompresi yang diterima pada sendi L5/S1 pengguna motor *standart* (2351,73 N) lebih besar jika dibandingkan dengan pengguna motor *custom* (2341,59 N).

Daftar pustaka

- Chaffin, D. B. and Andersson, G. B. J. (1991), *Occupational Biomechanics, 2nd Edition*, John Willey & Sons, Inc, A Willey – Interscience Publication.
- Dewi, C. (2006), Usulan Perancangan Kursi Bagi Ibu Hamil (Suatu Kajian Awal), *Prosiding Seminar Nasional Ergonomi 2006*, hal. 18-23.
- Meriam, J. L. and Kraige, L. G. (1988), *Engineering Mechanics, Statics, 2nd Edition, Vol 1*, Erlangga, Jakarta.
- Kustantio, H. (1999), *Pengembangan Model Biomekaniaka Tulang Belakang Bagian Bawah statis 3D dan Perangkat Lunaknya untuk Menentukan Posisi Tubuh Optimum pada Pengangkatan Beban*, Tugas Akhir Sarjana, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri, ITB, Bandung.
- Siswanto, D. (2004), *Pengembangan Model Biomekanika Statis 2D Berbantuan Komputer untuk Pekerjaan Mendorong Manual*, Tugas Akhir Sarjana, Jurusan Teknik Industri, Departemen Teknik Industri, ITB, Bandung.
- Sutalaksana, I.Z., Anggawisastra, R., dan Tjakraatmadja, J.H. (1979), *Teknik Tata Cara Kerja*, Jurusan Teknik Industri ITB, Bandung.
- Wibawa, T. (2005), *Pengembangan Model Biomekanika Statis 3D untuk Menentukan Gaya Normal, Gaya Geser, dan Momen di Persendian Berdasarkan Gaya Dorong Tubuh*, Tesis Magister, Teknik dan Manajemen Industri, ITB, Bandung.

