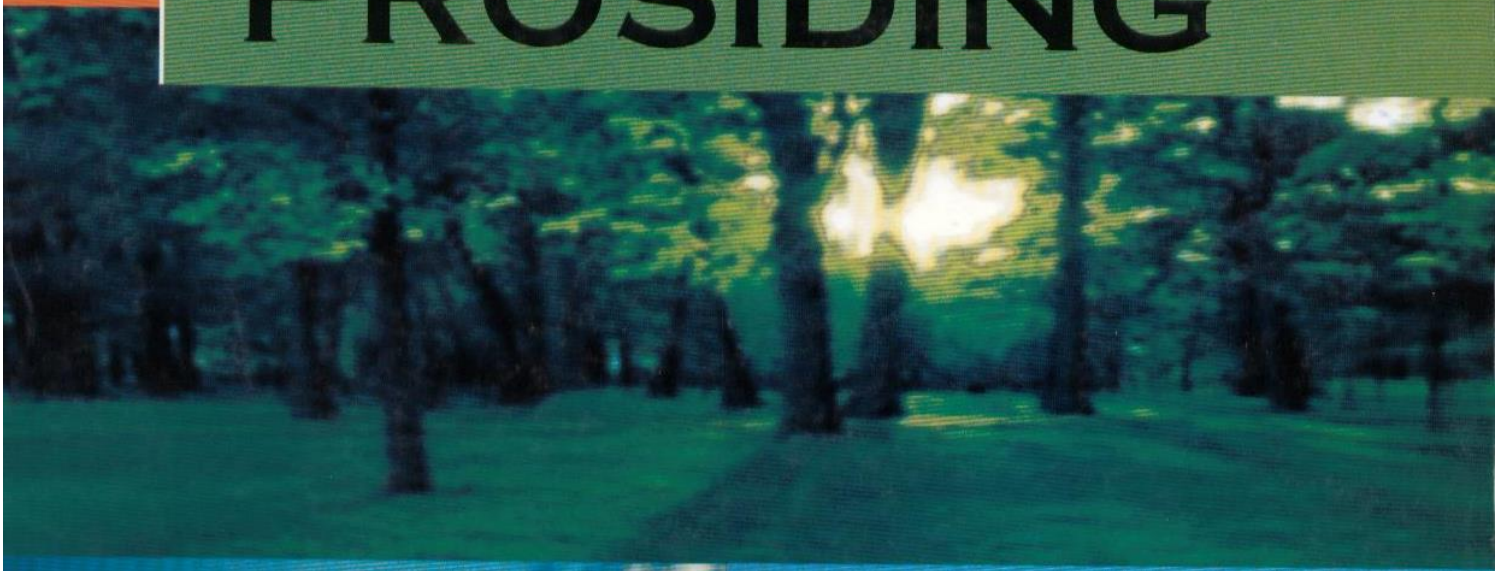


ISBN 978-602-98058-0-2

PROSIDING

B.S.



SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI 2010

"PEMBERDAYAAN REKAYASA INDUSTRI
BERBASIS ECO-EFFICIENCY PADA ERA PERDAGANGAN BEBAS"

Bandung, 24 November 2010



PHKI - 2008



Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik
Universitas Islam Bandung

SUSUNAN PANITIA

Panitia Penasehat :

Prof. Dr. Ir. A. Hakim Halim (ITB)
Prof. Dr. T. Yuri M. Zagloel, M.Eng. Sc (UI)
Prof. Dr. Ir. Sutarman, MSc. (Unpas)
Dr. Ir. Rakhmat Ceha, M. Eng. (Unisba)

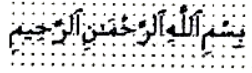
Panitia Pengarah :

Darmawan Giri, Ir., MT
DR. Yan Orgianus, Ir., MT
M. Dzikron A.M., ST., MT
M. Satori, Ir., MT
Iyan Bachtiar, ST., MT

Panitia Pelaksana :

Ketua : Nurrahman As'ad, ST., MT
Wakil Ketua : Chaznin R.M., ST., MT
Sekretariat : Yanti Sri Rejeki, ST., MT
Reni Amaranti, ST., MT
Bendahara : Eri Achiraeniwati, Ir., MM
Acara : Dewi Shofi, ST., MT
Chairiawati, Dra., Dipl. TESOL, Msi
Hirawati, Dra, MT
Persidangan : Aviasti, Ir., MSc
Nugraha, ST., MM
Atep Harits Nu,man, ST., MT
Prosiding : Endang Praetyaningasih, Ir., MT
Riani Lubis, ST., MT
Puti Renosori, Ir., MT
Publikasi : Otong Rukmana, ST., MT
Jamaludin, ST., MT
Akomodasi : Asep Nana Rukmana, ST., MT
Selamat, Drs., MT
Sponsorship : Djaka Poedjiono, Ir., MT
Agus Nana Supena, MT
Dardjah Martakusumah, Ir., MSc
Aswardi Nasution, Ir., MSc

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembangunan Indonesia menghadapi dua isu dunia yang penting, yaitu: Perdagangan bebas dunia (APEC, WTO, ACFTA) dan Perubahan Iklim. Dalam situasi ini, tantangan utama yang dihadapi adalah meningkatkan daya saing dan keunggulan kompetitif pada semua sektor industri dan jasa dengan mengandalkan kemampuan sumber daya manusia (SDM), teknologi dan manajemen. Terkait dengan perubahan iklim, telah dikembangkan konsep pembangunan berwawasan lingkungan yang dikenal dengan *eco-efficiency*, suatu pendekatan manajemen dalam upaya peningkatan efisiensi yang ditinjau dari 3 aspek yaitu ekonomi, organisasi dan lingkungan.

Seminar nasional Teknik Industri 2010 Universitas Islam Bandung dengan tema Pemberdayaan Rekeyasa Industri Berbasis *Eco-Efficiency* pada Era Perdagangan Bebas, merupakan sarana bertemunya para akademisi, peneliti dan praktisi industri untuk berdiskusi dalam rangka memberikan kontribusi kepada bangsa.

Buku Prosiding ini memuat 45 makalah yang merupakan tulisan ilmiah hasil karya dosen dan mahasiswa dari 17 Perguruan tinggi. Makalah-makalah yang disajikan dibagi dalam kelompok topik-topik berikut:

- Green industry/Production
- Ergonomi & SMK3
- Sistem Manufaktur dan Disain Produk
- Manajemen kualitas
- Manajemen Rantai Pasok
- Manajemen Enterprise.

Panitia menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para pemakalah dan peserta yang hadir dalam acara seminar ini sehingga memberikan kontribusi yang tidak ternilai. Semoga semua karya tulis ilmiah yang termuat dalam buku prosiding ini bermanfaat bagi kemajuan Pendidikan Teknik Industri Indonesia dan dapat memberikan kontribusi dalam dunia industri Indonesia.

Bandung, Nopember 2010

Tim Editor

SAMBUTAN KETUA UMUM BKSTI

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh dan Salam sejahtera bagi kita semua.

Kita semua menginginkan kemajuan dunia pendidikan TI di Indonesia. Kemajuan dunia pendidikan TI bukan hanya dilihat dari penambahan jumlah penyelenggara pendidikan dan jumlah mahasiswa/mahasiswinya. Namun lebih dari itu yaitu bagaimana menjadikan bidang TI makin berperan dalam pembangunan nasional.

Peran bidang TI dalam pembangunan nasional sebenarnya sangat dominan terutama dalam mendisain, meningkatkan dan memasang sistem integral pembangunan nasional di hampir segala bidang. Dengan cara berpikir sistem dan *team work* serta keluwesan yang luar biasa, bidang TI menjadi bagian penting penyelesain masalah-masalah dari tingkat operasional sampai tingkat strategis yang kompleks.

Untuk itu diperlukan pengembangan ilmu Teknik Industri itu sendiri yang cocok dengan kondisi Indonesia. Salah satunya dalam bidang seminar ilmiah dimana para akademisi, mahasiswa dan kalangan industri dapat bertemu. Contohnya adalah Seminar dan *Call for paper* Universitas Islam Bandung (Unisba) 24 November 2010 ini. Seminar yang mengambil tema "Pemberdayaan Rekayasa Industri berbasis Eco-efficiency pada Era perdagangan bebas" dirasakan sangat cocok dengan kebutuhan masyarakat ilmiah, masyarakat industri maupun masyarakat umum.

Untuk itu, saya atas nama BKSTI menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya pada Universitas Islam Bandung, semua peserta seminar, panitia dan pihak lain yang memungkinkan seminar ini dapat berlangsung sukses. Semoga usaha kita semua berguna, bermanfaat dan menjadi langkah menuju kemajuan pendidikan TI di Indonesia.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Prof. Dr. Ir. T. Yuri Zagloel

DAFTAR ISI

			Halaman
Susunan Panitia			iii
Kata Pengantar			iv
Sambutan Ketua BKSTI			v
KEYNOTE SPEECH : Sambutan Manteri Perindustrian			vi
Daftar Isi			vii
A. GREEN INDUSTRY/PRODUCTION			
1.	GIP1	Pemanfaatan Limbah Mendong sebagai Bahan Baku Kertas Seni (<i>Fancy Paper</i>) <i>Rosad Ma'ali El Hadi & Dahlia Br. Purba</i>	A - 1
2.	GIP2	Konsep Pengelolaan Air Hujan Berwawasan Lingkungan di Institut Teknologi Bandung <i>Mochammad Chaerul, Yandi Rama Krisna, Solomon Siahaan</i>	A - 8
3.	GIP3	Penerapan Metode <i>Activity-Based Costing</i> untuk Mengukur <i>Eco-efficiency</i> pada Penerapan Produksi Bersih <i>Endang Prasetyaningsih, Darmawan Giri, Ridwan K. Wijaya</i>	A - 13
4.	GIP4	Desain Tataletak Kawasan Industri Hasil Lokal Berwawasan Lingkungan <i>A. Harits Nu'man</i>	A - 22
5.	GIP5	Pengembangan Produk dengan Menggunakan Pendekatan <i>Green Quality Function Deployment (QFD)</i> <i>M. Satori, Lusiani Kurnia</i>	A - 30
6.	GIP6	Strategi Produksi Bersih dalam Pemberdayaan Kelautan <i>M. Dzikron AM</i>	A - 38
7.	GIP7	Usulan Strategi Pengelolaan Air Tanah di Jakarta dengan Menggunakan Metode Hamiltonian <i>Aviasti</i>	A - 75
B. ERGONOMI DAN SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA			
8.	ERG1	Evaluasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan Menggunakan Metode <i>Total Quality Management (TQM)</i> (Studi Kasus: Karyawan Produksi PT Sinar Runnerindo) <i>Sandria Sarim, Johan Oscar Ong</i>	B - 1

9.	ERG2	Perancangan Alat Bantu Pencucian dan Penggilingan Kedelai untuk Mengurangi Resiko Cedera Otot di Pabrik Tahu Cibuntu Bandung <i>Budi Astuti, Endang Kartiwa</i>	B - 11
10.	ERG3	Perancangan Ulang Fasilitas Kerja Pembuatan Sepatu dengan Metoda <i>Postural Loading on the Upper Body Assessment (Luba)</i> dan Antropometri di CV. Tintin Bandung <i>Nur Rahman As'ad, Eri Achiraeniwati, Huffazh Furqon</i>	B - 20
11.	ERG4	<i>Zero Accident Program</i> dan Pengaruhnya terhadap Produktifitas Kerja <i>Rachmad Hidayat</i>	B - 28
12.	ERG5	Perbaikan Fasilitas Kerja dengan Pendekatan Ergonomi (Studi Kasus Industri Rumah Tangga Sepatu Cibaduyut: CV Gerund) <i>Yanti Sri Rejeki, Eri Achiraeniwati</i>	B - 33
13.	ERG6	Rancangan Perpustakaan Kampus Dengan Konsep Ergonomi di Universitas Tama Jagakarsa <i>Lukman Hakim</i>	B - 43
C. SISTEM MANUFKTUR DAN DISAIN PRODUK			
14.	SMF1	Analisa Kualitas <i>Bulking Thickness</i> dan <i>Apparent Bulk Density Toilet Tissue</i> dengan Metode <i>Two-Factor Factorial Design</i> <i>Wiane Tarmi, Henny Yulius</i>	C - 1
15.	SMF2	Evaluasi Nilai <i>Overall Equipment Effectiveness</i> sebagai Indikator Keberhasilan Program <i>Total Productive Maintenance</i> <i>Ja'far Salim</i>	C - 6
16.	SMF3	Rancangan Perawatan Mesin dengan RCM (<i>Reliability Centered Maintenance</i>) dan FMECA (<i>Failure Mode Effect And Criticality Analysis</i>) di Unit Pembangkit dan Jaringan PT.ABC <i>Asep Ridwan, Putro Ferro Ferdinant, Sri Endah</i>	C - 13
17.	SMF4	Model Penjadwalan <i>Batch</i> pada <i>Job Shop</i> dengan <i>Multi Duedate</i> untuk Kelompok Mesin Heterogen <i>Lely Herlina, Abdul Hakim Halim</i>	C - 21
18.	SMF5	Penentuan Perancangan Produk Perseneling Mekanis Kaki dengan Longge Route Part (LRP) (Studi Kasus Vespa Scooter) <i>Luthfi Nurwandi</i>	C - 27
19.	SMF6	Characterization of Waste at a Production Floor of an Autoclave-Based Composite Factory <i>Inge Natalia, Hardianto Iridiastadi</i>	C - 35

20.	SMF7	Analisis Kelayakan Pengotomatisasian Mesin <i>High Frequency Welding</i> pada Proses Pembuatan <i>PVC Bladder</i> (Studi Kasus Di CV. Prima Form Mardliya) <i>Rida Norina, Salma Azzahra</i>	C - 43
D. MANAJEMEN KUALITAS			
21.	MKL1	Analisis Kualitas Pelayanan dengan Mengintegrasikan Dimensi <i>Servqual</i> dan Metode <i>Kamo</i> ke dalam <i>Quality Function Deployment</i> <i>Tri Wibawa, Brmantlyo Sulung Panjalu</i>	D - 1
22.	MKL2	Penentuan Ukuran Sampel pada Peta Kendali \bar{X} Double Sampling Baru <i>Sutrisno, Aji Arianto Kuncoro</i>	D - 9
23.	MKL3	Pengendalian Kualitas Pembuatan Kain Grey pada Departemen Weaving 2 di PT. X dengan Menggunakan Metoda <i>Six Sigma</i> <i>Iyan Bachtiar, Puti Renosori, Ridwan Marpela Suwandi</i>	D - 14
24.	MKL4	Penerapan Metoda <i>Six Sigma</i> Guna Meminimasi Cacat pada Proses Produksi Sepatu Dishar Polri <i>Puti Renosori</i>	D - 22
25.	MKL5	<i>Total Quality Management</i> di Industri Kecil (Studi Kasus Pengusaha Industri Kecil Tahu Cibuntu) <i>Widjajani, Dede Siti Rohmah</i>	D - 28
26.	MKL6	Usulan Perbaikan Proses untuk Pengendalian Kualitas Menggunakan Prinsip Dasar <i>Hazard Analysis & Critical Control Points</i> (HACCP) <i>Reni Amaranti, M. Satori, Lidia Kharisma</i>	D - 34
E. MANAJEMEN RANTAI PASOK			
27.	SCM1	Analisis Persediaan Berorientasi pada Manajemen Rantai Pasok <i>Taufik Hidayanto, Aulia Hamum3</i>	E - 1
28.	SCM2	Evaluasi <i>Bullwhip Effect</i> pada Rantai Pasok dengan Metode <i>Centralized Demand Information</i> (CDI) <i>Laila Nafisah, Qomarudin</i>	E - 7
29.	SCM3	Masalah Rantai Pasok Terbalik dengan Fasilitas Daur Ulang Lebih dari Satu <i>Agus Ristono</i>	E - 12
30.	SCM4	Penentuan Rute dan Jadwal Pengiriman Produk di PT Indomarco Adi Prima dengan Menggunakan Metode <i>Clark and Wright Saving Heuristic</i> <i>Intan Berlianty, Sigid Budiyanto</i>	E - 18

31.	SCM5	Analisis Rute Pendistribusian dengan Menggunakan Metode <i>Nearest Insertion Heuristic</i> <i>Persoalan The Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW)</i> (Studi Kasus Di Koran Harian Pagi Tribun Jabar) <i>Agus Purnomo</i>	E - 28
32.	SCM6	Perancangan Aplikasi <i>E-Commerce</i> Guna Meningkatkan <i>Customer Relationship Management (CRM)</i> (Studi Kasus PT T.E. Tour & Travel) <i>Puti Renosori</i>	E - 36
F. MANAJEMEN ENTERPRISE			
33.	ENT1	Pengaruh <i>Buyer's Perception of Salesperson's Commitment</i> dan <i>Selling Firm's Commitment</i> terhadap <i>Propensity to Stay in the Relationship</i> <i>Sri Vandayuli Riorini</i>	F - 1
34.	ENT2	Identifikasi Faktor-Faktor Motivasi Karyawan dan Pengaruh Motivasi terhadap Kinerja Karyawan (Studi Kasus : PT Telkom Kancate! Garut) <i>Selamat</i>	F - 11
35.	ENT3	Penilaian Kesuksesan Implementasi <i>Enterprise Resource Planning</i> di Beberapa Perusahaan di Indonesia Berdasarkan Metode Penilaian Kesuksesan Ifinedo (Studi Kasus : Beberapa Perusahaan Indonesia) <i>Anggoro Prasetyo Utomo, Arief Samuel Gunawan</i>	F - 20
36.	ENT4	Usulan Peningkatan Kepuasan Pelanggan pada Jalur Penerbangan Jakarta - Surabaya dengan Metode <i>Fuzzy Servqual</i> (Studi Kasus : PT. X) <i>Shanti K. Anggraeni, Imam Arief Wibowo</i>	F - 29
37.	ENT5	Kelayakan Investasi Pembangunan Kolam Air Deras untuk Budidaya Ikan Mas dengan Menggunakan Metode <i>Project Financing</i> <i>Dewi Shofi Mulyati, Selamat, Andri Permana</i>	F - 35
38.	ENT6	Manajemen Sumberdaya Manusia di Era Ekonomi Pengetahuan <i>Nugraha</i>	F - 41
39.	ENT7	Rekayasa Model Nisbah Bagi Hasil Usaha <i>Syirkah</i> dengan Metode <i>Yanbagher</i> sebagai Alternatif Pengganti Suku Bunga Bank <i>Yan Orgianus</i>	F - 50
40.	ENT8	<i>Framework Incubator Technopreneur</i> dalam Meningkatkan Kretivitas Mahasiswa <i>John Roni Coyada</i>	F - 57

41.	ENT9	Pengaruh Kualitas Jasa Terhadap Kepuasan dan Minat Perilaku Konsumen (Studi Kasus Pada Bengkel Mobil Resmi) <i>Muhammad Farid, Victor O. Lawalata</i>	F - 61
42.	ENT10	Penerapan Model <i>Sustainability Balanced Scorecard</i> untuk Perancangan Sistem Pengukuran <i>Sustainability Performance</i> Industri <i>Ahmad Mubin</i>	F - 69
43.	ENT11	Pengujian <i>Technology Acceptance Model</i> pada Kontek Pemanfaatan Internet dengan Menggunakan <i>Anteseden</i> Karakteristik Individu dan Sistem <i>Rahab, Untung Kumorohadi</i>	F - 76
44.	ENT12	Pengukuran Kinerja dalam Rangka Meningkatkan Efektivitas, Efisiensi dan Produktivitas Perusahaan dengan Menggunakan Metode <i>Balanced Scorecard</i> (BSC) (Studi Kasus : Perusahaan "X") <i>Asep Nana Rukmana</i>	F - 86
45	ENT13	Hubungan Tingkat Pendidikan, Penghasilan dan Kepuasan Pelanggan Bandara Indonesia <i>Otong Rukmana, Iyan Bachtiar, Panji Agung Syahputra</i>	F - 94

Masalah Rantai Pasok Terbalik dengan Fasilitas Daur Ulang Lebih Dari Satu

Agus Ristono[†]
Jurusan Teknik Industri,
UPN "Veteran" Yogyakarta
Email: agus_ristono@yahoo.com

Abstract. *Reverse supply chain model is proposed to find an efficient strategy to return the defective products from a set of originating sites to specific collection sites, which in turn will ship them to refurbishing sites for remanufacturing proper disposal. The model also attempts to find the maximum number of units, which could be shipped from the origin to the refurbishing sites and at optimum overall cost. A linear model has been formulated and solved using Tabu Search. This approach efficiently yields good solutions and tends to be sensitive to using the "tabu list" and "replication factor". The results indicate that the proposed procedure performs very well in terms of minimizing total cost.*

Keywords: *reverse supply chain, tabu search, refurbishing facility, originating site, collecting site,*

1. PENDAHULUAN

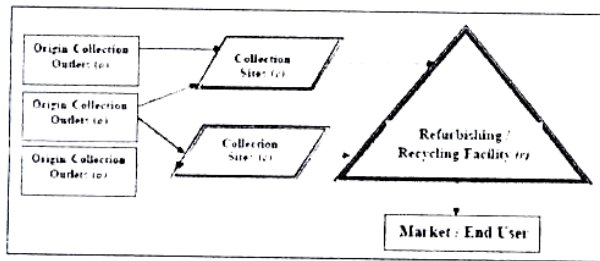
Rantai pasok (*supply chain*) adalah proses perencanaan, implementasi dan pengendalian yang efisien terhadap aliran biaya, penyimpanan bahan mentah, barang setengah jadi dan barang jadi, serta informasi yang terkait dari titik awal menuju ke titik konsumsi dengan tujuan memenuhi kebutuhan konsumen (Levi, 2000), sedangkan logistik adalah bagian dari proses rantai pasok yang berkaitan dengan perencanaan, implementasi dan pengendaliannya (Dekhane, 2004). Sebuah rantai pasok terdiri dari semua tahapan yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung untuk memenuhi permintaan konsumen (Chopra dan Meindl, 2001). Aktivitas logistik berkaitan dengan jembatan antara produksi dan lokasi pasar yang dibatasi oleh waktu dan jarak. Tujuan dari logistik adalah menempatkan produk yang tepat ke tempat yang benar dengan kuantitas yang sesuai pada saat yang tepat (Ballou, 1999), sedangkan tujuan dari rantai pasok adalah memaksimalkan semua nilai yang dihasilkan dalam jaringan tersebut (Dekhane, 2004). Berdasarkan keterangan diatas, maka dapat dikatakan bahwa rantai pasok merupakan jaringan logistik (*logistic network*).

Rantai pasok merupakan konsep baru dalam melihat persoalan logistik. Konsep lama melihat logistik hanya sebagai persoalan dalam tiap-tiap perusahaan dan pemecahan masalahnya hanya dititik beratkan pada pengkajian persoalan tersebut secara dalam khusus di perusahaan masing-masing. Dalam konsep baru ini, masalah logistik dilihat sebagai masalah yang lebih luas yang terbentang sangat panjang sejak dari bahan dasar sampai barang jadi yang dipakai konsumen akhir yang merupakan mata rantai penyediaan barang.

Ada beberapa komponen utama dalam jaringan logistik yang mempunyai kepentingan yang sama, yakni *supplier, manufacturer, distributor, retail outlet* dan

customer. Berdasarkan aliran antar komponen-komponen tersebut, maka rantai pasok dibagi menjadi dua, yakni rantai pasok maju (*forward supply chain*) dan rantai pasok terbalik (*reverse supply chain*). Pada rantai pasok maju memiliki aliran barang dan informasi dari *supplier* menuju *manufacturer* dan seterusnya yang kemudian berakhir kepada *customer*, sedangkan pada rantai pasok terbalik lebih dari sekedar kebalikan dari rantai pasok maju karena memiliki definisi yang lebih luas. Rantai pasok terbalik adalah proses perencanaan, implementasi dan pengendalian secara efisien dan efisien dari aliran material, barang setengah jadi dan barang jadi serta informasi yang terkait dari titik konsumsi menuju titik awal dengan tujuan untuk mengakomodasi nilai manfaat yang ada (*recapturing value*) atau penyempurnaan hasil sampingan (*proper disposal*) (Khaldikar, 2004). Rantai pasok terbalik meliputi juga kegiatan *remanufacturing* dan *refurbishing*, proses ulang jika terjadi kerusakan, penyimpanan musiman (*seasonal inventory*), *restock*, nilai sisa (*salvage*), kelebihan simpanan (*excess inventory*), program daur ulang dan penanganan material berbahaya (*hazardous material*), *obsolete equipment disposition*, serta pemulihan asset (Khaldikar, 2004). Salah satu contoh kasus rantai pasok terbalik secara hipotetik dapat diilustrasikan seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Pada model rantai pasok terbalik yang dikembangkan oleh Khaldikar (2004) hanya menganggap bahwa fasilitas daur ulang atau *refurbishing* hanya satu, maka dalam penelitian ini digunakan model rantai pasok terbalik dengan fasilitas daur ulang yang dapat lebih dari satu.



Gambar 1. Ilustrasi rantai pasok terbalik (Khaldikar, 2004)

2. MODEL RANTAI PASOK TERBALIK

Rantai pasok terbalik terjadi pada produk yang dikumpulkan dari berbagai tempat seperti toko-toko atau pelanggan yang sengaja mengumpulkan produk tersebut yang kemudian menyetorkannya kepada tempat-tempat pengumpul. Produk tersebut kemudian diangkut dari tempat pengumpul menuju ke fasilitas *refurbishing* atau ke tempat pengolah limbah. Berdasarkan pada kondisi tersebut, maka model yang dapat dibuat adalah mencari sebuah strategi yang efisien untuk mengembalikan produk yang rusak (*defective products*) dari sejumlah titik asal (*originating sites*) menuju ke titik-titik pengumpul tertentu (*specific collection sites*), yang kemudian akan dikirimkan menuju ke titik *refurbishing* untuk dilakukan pengolahan kembali (*remanufacturing/proper disposal*).

Model ini juga berusaha menemukan berapa jumlah maksimum barang atau produk yang harus dikirimkan dari titik asal/awal menuju ke titik *refurbishing* sehingga mendapatkan total keseluruhan biaya yang optimal. Untuk membantu memudahkan pembuatan model matematikanya maka digunakan beberapa asumsi, antara lain:

1. Produk atau barang komoditas yang dikumpulkan dapat diangkut dalam aliran rantai pasok.
2. Retailer atau wholesaler merupakan titik pengumpul awal (*initial collection point*). Hal ini merupakan asumsi yang sangat realistis mengingat bahwa customer biasanya mengembalikan produk kepada pihak terdekat sehingga bisa mendapatkan uangnya dengan cepat (*refund*) atau bisa tukar tambah dengan produk yang lain (*purchase another one*).
3. Dalam beberapa kasus, seperti di rumah sakit atau tempat lain dimana terdapat barang sampah berbahaya, maka produk biasanya dikembalikan secara langsung menuju ke tempat pengolah limbah (*recycling plant*), apabila tempat penyimpanannya sudah tidak memungkinkan.
4. Untuk pengadaan titik-titik pengumpul maupun *refurbishing* akan memerlukan biaya tetap. Pengadaan titik-titik tersebut terbatas jumlahnya karena tujuannya adalah untuk mengoptimasi biaya operasional titik-titik itu, sehingga ini merupakan variabel keputusan dari model.

5. Pengangkutan secara langsung dari titik awal/asal (*originating site*) menuju ke titik pengolah limbah (*recycling site*) bias memungkinkan tetapi memerlukan biaya yang besar.

2.1. Notasi yang digunakan

Notasi yang digunakan dalam model rantai pasok terbalik adalah sebagai berikut:

- o : adalah titik sumber (*originating site*). Secara umum, titik sumber adalah sebuah store atau retail outlet. Semua produk yang diterima pada titik sumber akan dikirim kepada titik koleksi (*collection sites*).
- c : adalah titik pengumpul (*collection site*). Titik pengumpul akan menerima produk dari titik sumber yang kemudian akan dikirimkan menuju ke pabrik daur ulang (*recycling plants*).
- r : adalah titik fasilitas *refurbishing*. Titik fasilitas *refurbishing* akan berupa sebuah titik dummy dengan biaya dan kapasitas tak terbatas. Hal ini digunakan untuk menghindari solusi yang tidak layak disebabkan oleh kapasitas yang tidak mencukupi. Titik ini adalah titik tujuan akhir dari produk.
- C_{ocr} : Total biaya transportasi variabel untuk satu unit dari titik awal o menuju titik pengumpul c dan menuju titik *refurbishing* r . Ongkos per unit dari biaya ini merupakan biaya proses di titik awal serta biaya transportasi *inbound* dan *outbound* untuk pengiriman dari titik awal menuju titik *refurbishing* melalui titik pengumpul.
- C_c : Biaya pengadaan titik pengumpul c .
- C_r : Biaya fasilitas *refurbishing* r .
- h_{ocr} : Jumlah produk yang harus diproses pada titik *refurbishing* r yang berasal dari titik awal o menuju titik pengumpul c dan berakhir pada titik tersebut.
- M_c : Kapasitas maksimum titik pengumpul c .
- M_r : Kapasitas maksimum fasilitas *refurbishing* r .
- P_{min} : Jumlah minimum titik pengumpul yang harus dibuka.
- P_{max} : Jumlah maksimum titik pengumpul yang harus dibuka.
- Q_{min} : Jumlah minimum fasilitas *refurb* yang harus dibuka.
- Q_{max} : Jumlah maksimum fasilitas *refurb* yang harus dibuka.

2.2. Variabel Keputusan

- x_{ocr} : Variabel keputusan yang bernilai biner, dimana jika $x_{ocr} = 1$, maka ada barang yang ada pada titik awal o yang akan ditransportasikan menuju titik pengumpul c dan kemudian diteruskan ke fasilitas *refurbishing* r , dan bila $x_{ocr} = 0$ maka berlaku sebaliknya. Jika menggunakan indeks $c=0$ maka mengindikasikan bahwa sebagian

permintaan dipenuhi secara langsung dari o ke r .

$$P_c = \begin{cases} 1, & \text{jika titik pengumpul } c \text{ dibuka} \\ 0, & \text{jika tidak} \end{cases}$$

$$Q_k = \begin{cases} 1, & \text{jika fasilitas } refurbishing \text{ } o \text{ dibuka} \\ 0, & \text{jika tidak} \end{cases}$$

2.3. Fungsi Tujuan:

Fungsi tujuannya adalah meminimumkan tiga komponen secara bersama-sama, yakni:

1. Biaya pengiriman produk dari titik awal menuju titik pengumpul dilanjutkan ke titik fasilitas akhir.
2. Biaya tetap pengadaan titik pengumpul.
3. Biaya tetap pengadaan titik tujuan akhir.

Berdasarkan pada ketiga komponen tersebut, maka persamaan fungsi tujuannya adalah:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{o=1}^m \sum_{c=1}^n \sum_{r=1}^l c_{ocr} \cdot h_{ocr} \cdot x_{ocr} + \sum_{c=1}^m c_c \cdot P_c + \sum_{r=1}^n c_r \cdot Q_r$$

(1)

2.4. Fungsi Batasan:

Beberapa persamaan yang harus dipenuhi dalam meminimumkan fungsi tujuan adalah sebagai berikut:

$$\sum_{c=1}^n \sum_{r=1}^l x_{ocr} = 1 \quad ; \forall o \quad (2)$$

$$\sum_{o=1}^m \sum_{r=1}^l h_{ocr} x_{ocr} \leq M_c \quad ; \forall c \quad (3)$$

$$\sum_{o=1}^m \sum_{c=1}^n h_{ocr} x_{ocr} \leq M_r \quad ; \forall r \quad (4)$$

$$x_{ocr} \leq P_c \quad \forall o, c, r \quad (5)$$

$$x_{ocr} \leq Q_r \quad \forall o, c, r \quad (6)$$

$$P_{\min} \leq \sum_{c=1}^n P_c \leq P_{\max} \quad ; c \neq 0 \quad (7)$$

$$Q_{\min} \leq \sum_{r=1}^l Q_r \leq Q_{\max} \quad (8)$$

$$0 \leq x_{ocr} \leq 1 \quad (9)$$

$$P_c \in \{0,1\} \quad (10)$$

$$Q_r \in \{0,1\} \quad (11)$$

Persamaan (2) menunjukkan bahwa semua penyuplai barang memiliki kesempatan untuk

mengirimkan produk menuju fasilitas tujuan secara langsung maupun melalui titik pengumpul. Persamaan (3) membatasi unit yang dikirimkan ke titik pengumpul c tidak melebihi kapasitas atas dari titik pengumpul yang bersangkutan. Persamaan (4) membatasi unit yang dikirimkan ke fasilitas *refurbishing* r tidak melebihi kapasitasnya. Persamaan (5) menyatakan bahwa unit produk dapat dikirimkan ke titik pengumpul apabila titik tersebut diadakan. Persamaan (6) menyatakan bahwa unit produk dapat dikirimkan ke fasilitas *refurbishing* apabila titik tersebut diadakan. Persamaan (7) membatasi jumlah minimum titik pengumpul yang harus diadakan dan jumlah maksimum yang diperbolehkan. Persamaan (8) membatasi jumlah minimum fasilitas *refurbishing* yang harus diadakan dan jumlah maksimum yang diperbolehkan. Persamaan (9) menyatakan bahwa nilai variabel x bersifat kontinu antara angka 0 dan 1. Pembatas (10) dan (11) menegaskan bahwa nilai variabel keputusan P dan Q adalah biner.

Dengan menggunakan semua persamaan tersebut sehingga akan dapat diperoleh jumlah maksimum titik awal dan titik pengumpul yang diadakan serta jumlah unit maksimum yang dapat dikirimkan dari titik awal menuju titik pengumpul tersebut dan kemudian diteruskan ke fasilitas *refurbishing* dengan biaya yang paling kecil atau optimal. Model tersebut merupakan masalah *NP-complete*, sehingga sangat tidak efisien bila diselesaikan dengan menggunakan cara optimasi yakni *integer linier programming* biasa. Oleh sebab itu digunakan cara-cara heuristik yang hasilnya walaupun belum tentu optimal tetapi dapat mendekati optimal atau bahkan untuk kasus permasalahan yang kecil atau sederhana bisa tercapai kondisi optimal. Dalam makalah ini digunakan cara Tabu Search dan akan digunakan contoh yang sangat sederhana sehingga hasilnya dapat divalidasi dengan menggunakan cara optimasi semisal program linier.

3. TABU SEARCH

3.1. Langkah Algoritma TS

Langkah-langkah yang biasanya digunakan dalam TS adalah sebagai berikut:

Langkah 1 Baca matrik aliran (*flow* disingkat F) dan jarak (*distance* disingkat D). Susun matrik memori jangka panjang nol (*long term memory* disingkat LTM) berukuran $n \times n$, dimana n adalah jumlah fasilitas dalam masalah tersebut.

Langkah 2 Susun sebuah solusi awal dengan menggunakan algoritma konstruksi apapun. Dapatkan nilai untuk dua parameter jangka pendek, yaitu: ukuran daftar *tabu* (t) dan jumlah pengulangan maksimum (v). Susun vektor daftar *tabu* (*tabu list* disingkat TL) dan tentukan pengulangan $k = 1$.

Langkah 3 Untuk pengulangan k , teliti semua pertukaran pasangan yang memungkinkan

untuk solusi terbaru serta buat pertukaran (i, j) yang menghasilkan pengurangan terbesar dalam OFV dan memenuhi salah satu dari kedua kondisi berikut ini:

1. Pertukaran (i, j) tidak ada dalam daftar tabu.
2. Jika pertukaran (i, j) ada dalam daftar tabu, maka pertukaran tersebut memenuhi kriteria aspirasi.

Perbaiki vektor TL dengan memasukan pasangan (i, j) sebagai elemen pertama dalam TL. Jika jumlah elemen dalam TL lebih besar daripada v, turunkan elemen terakhir. Perbaiki matrik LTM dengan menetapkan $LTM_{ij} = LTM_{ij} + 1$.

Langkah 4 Tetapkan $k = k + 1$. Jika $k > v$, meminta memori jangka panjang dengan mengganti matrik jarak D yang asli dengan $D + LTM$ lalu kembali ke langkah 2.

3.2. Inisialisasi

Dalam langkah 1, algoritma membaca matrik aliran dan jarak. Karena masalah yang dipertimbangkan adalah tata letak lokasi sumber dan tujuan, maka tempat dan pertukaran diantaranya sudah diketahui. Matrik LTM (yang merupakan matrik nol berukuran $n \times n$) disusun untuk mempertahankan seberapa banyak pertukaran tertentu yang harus dipertimbangkan. Karena matrik D diperbaiki dengan $D + LTM$ di langkah 4, maka algoritma tersebut memiliki suatu insentif untuk meneliti berbagai perubahan (wilayah) yang sebelumnya tidak diteliti secara memadai. Sebuah penalti dimasukan jika ada penelitian yang sebelumnya telah diselidiki dengan baik, sehingga algoritma tersebut memiliki kecenderungan untuk menjauh dari pertukaran tersebut. Jadi, memori jangka panjang mengijinkan adanya pencarian yang sudah digolong-golongkan.

3.3. Prosedur pencarian solusi

Dalam algoritma yang disajikan disini, digunakan strategi pencarian 2-opt dan menerima pertukaran hanya jika menghasilkan solusi yang lebih baik dari yang sebelumnya. Pertukaran ini dilakukan dengan syarat: (1) jika pertukaran tersebut tidak ada dalam daftar tabu atau (2) jika ada dalam daftar tabu, tetapi tidak memenuhi kriteria aspirasi (menghasilkan solusi yang memiliki OFV lebih baik dibandingkan yang terbaik yang kita miliki saat ini). Daftar tabu (yang pada awalnya merupakan vektor nol berukuran t) diperbaiki untuk memasukan pertukaran yang baru saja dibuat. Jika jumlah elemen dalam daftar tabu lebih besar dari ukuran daftar tabu, maka elemen tertua dalam daftar tersebut dikeluarkan untuk memberi ruang bagi elemen terbaru, sehingga ukuran daftar tabu selalu sama dengan t. Selain memperbaiki daftar tabu, algoritma ini selalu memperbaiki matrik memori jangka panjang (LTM)

dengan menetapkan elemen $LTM_{ij} = LTM_{ij} + 1$.

3.4. Proses penghentian

Meskipun hanya ada satu pilihan yang ada di langkah 4, namun ada tiga pilihan lain yang ada dalam implementasi asli algoritma tersebut. Pilihan pertama adalah memulai kembali algoritma perbaikan (dengan solusi yang ditentukan oleh algoritma konstruksi) dengan menggunakan nilai baru untuk t dan v. Pilihan kedua adalah memulai kembali algoritma perbaikan dengan solusi terbaik yang telah diperoleh dengan menggunakan nilai baru untuk t dan v. Pilihan terakhir adalah menghentikan algoritma tersebut. Tidak ada aturan penghentian dalam langkah ke-4 tersebut.

4. PEMBAHASAN

4.1. Contoh Numerik

Sebagai ilustrasi dapat digunakan data hipotetik yang sangat sederhana dahulu agar dalam validasinya lebih mudah. Jika diketahui perusahaan pengolah kertas bekas. Pabrik tersebut akan membuat jaringan di beberapa kota di sebuah pulau. Biaya yang diperlukan untuk membuka titik jaringan di tiap kota memerlukan biaya Rp.1000.000,-. Dari beberapa titik jaringan tersebut akan dibentuk gudang pengumpul sebelum diangkut menuju pabrik pengolahan. Biaya pembuatan gudang itu sejumlah Rp. 2000.000,-. Jumlah pabrik pengolah kertas bekas ada dua. Diketahui kapasitas maksimum untuk masing-masing jaringan yang dibuka adalah 80 kg kertas bekas dan untuk satu gudang yang akan dibuat mampu memuat 200 kg serta kemampuan pabrik pengolah kertas adalah 60 kg (untuk pabrik pertama) dan 90 kg (untuk pabrik kedua).

Biaya angkutan dari semua titik jaringan bila langsung menuju ke pabrik pertama (tidak melalui gudang) dianggap sama yakni Rp. 700,-/kg dan jika menuju langsung ke pabrik kedua sebesar Rp. 900,-/kg. Hal ini berbeda bila angkutan berangkat dari gudang ke pabrik pertama memerlukan biaya Rp. 200,-/kg dan ke pabrik kedua memakan biaya Rp. 400,-/kg. Biaya transportasi dari setiap titik jaringan menuju ke gudang adalah Rp. 400,-/kg. Kapasitas truk pengangkut yang digunakan dari titik jaringan ke gudang atau dari gudang ke pabrik adalah sama, yakni 50 kg/truk, sedangkan jika dari titik jaringan langsung ke pabrik dianggap tak terbatas mengingat alat angkut yang digunakan adalah kereta api.

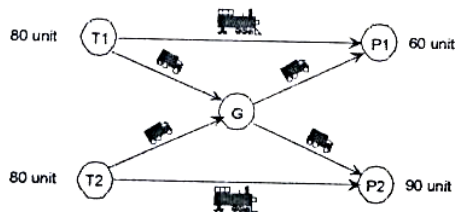
Hasil yang diperoleh dengan menggunakan Tabu Search adalah dua titik jaringan dengan satu gudang pengumpul dengan total biaya sebesar Rp 4.124.000,-. Berdasarkan hasil ini, maka dilakukan validasi menggunakan program linier. Untuk memudahkan pemasukkan data dari hasil Tabu Search ke dalam model program linier, maka data tersebut dibuat dalam Tabel 1 dan Tabel 2 serta Gambar 2 dan Gambar 3.

Tabel 1. Biaya angkut dari masing-masing titik dan gudang

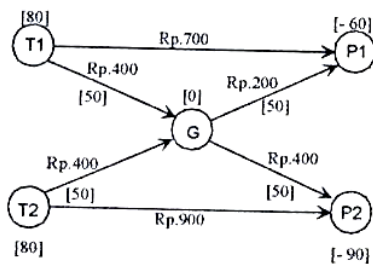
	Biaya angkut		
	Gudang	Pabrik 1	Pabrik 2
Titik 1	400	700	N.A
Titik 2	400	N.A	900
Gudang	N.A	200	400

Tabel 2. Batas maksimum dari masing-masing titik dan gudang

	Kapasitas maksimum		
	Gudang	Pabrik 1	Pabrik 2
Titik 1	50	50	N.A
Titik 2	50	N.A	50
Gudang	N.A	50	50



Gambar 2. Pola aliran dari titik dan gudang ke tiap pabrik



Gambar 3. Biaya dan kapasitas maksimum untuk tiap aliran

Berdasarkan informasi dari Tabel 1, Tabel 2, Gambar 2 dan Gambar 3, maka dapat dibuat persamaan program linier mulai dari persamaan (12) sampai dengan (19). Cara penyelesaiannya adalah dengan Algoritma simpleks baik Big-M maupun Dua Fase dengan bantuan QS diperoleh hasil yang sama dengan Tabu Search.

$$\text{Minimize } 700 * T1P1 + 400 * T1G + 400 * T2G + 900 * T2P2 + 200 * GP1 + 400 * GP2 + 4000000 \quad (12)$$

Pembatas:

$$T1G + T2G - GP1 - GP2 = 0 \quad (13)$$

$$T1P1 + GP1 = 60 \quad (14)$$

$$T2P2 + GP2 = 90 \quad (15)$$

$$T1P1 + T1G = 80 \quad (16)$$

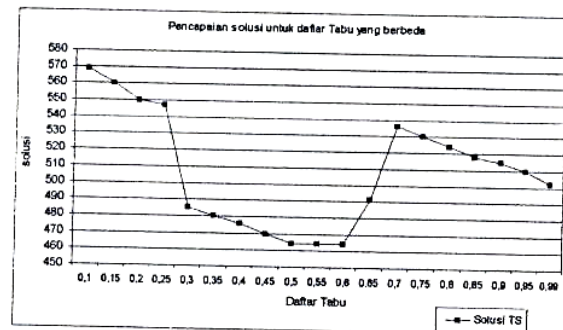
$$T2P2 + T2G = 80 \quad (17)$$

$$T1G, T2G, GP1, GP2 \leq 50 \quad (18)$$

$$T1G, T2G, GP1, GP2, T1P1, T2P2 \geq 0 \quad (19)$$

4.2. Pengaruh pemilihan parameter Daftar Tabu

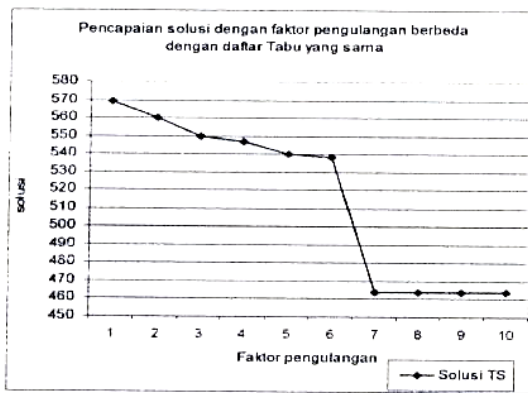
Ukuran daftar tabu adalah sebuah parameter yang penting dan harus dipilih dengan hati-hati. Daftar tersebut dinyatakan sebagai fungsi terhadap ukuran masalahnya. Dengan kata lain, jika ukuran daftar tabu terlalu kecil, maka terjadi siklus perputaran. Sebaliknya, jika daftar tabu terlalu besar, maka algoritma tersebut mungkin tidak mampu melakukan pencarian dalam wilayah optimal lokal atau tidak mengidentifikasi solusi optimal lokal, yang beberapa diantaranya mungkin optimal secara global atau mendekati optimal. Dari uji empiris seperti yang terlihat pada Gambar 4 maka tampak bahwa ukuran daftar tabu antara 0.3 n dan 0.6 n (n adalah jumlah fasilitas) menghasilkan solusi yang baik dibandingkan bila menggunakan rentang yang lain.



Gambar 4. Pencapaian solusi dari TS untuk daftar tabu yang berbeda

4.3. Pengaruh faktor pengulangan

Parameter yang penting dalam Tabu Search selain daftar tabu adalah faktor pengulangan. Percobaan yang dilakukan untuk faktor pengulangan yang berbeda-beda dengan daftar tabu yang sama dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan gambar tersebut, maka dapat dilihat bahwa pilihan yang baik untuk jumlah pengulangan maksimum adalah 7n hingga 10n. Tentu saja, semakin besar jumlah pengulangan maksimum, semakin besar kesempatan untuk menemukan solusi yang optimal secara global, namun hal ini akan berakibat pada semakin banyak pula waktu penghitungan yang dibutuhkan dengan hasil yang tidak berubah.



Gambar 5. Pencapaian solusi dari TS untuk faktor perulangan yang berbeda dengan daftar tabu yang sama

5. KESIMPULAN

Solusi yang dihasilkan dari TS sangat tergantung dari beberapa parameter, yakni panjang atau pendeknya daftar tabu yang digunakan serta faktor pengulangan. Semakin besar daftar tabu yang digunakan sampai dengan angka tertentu (disebut kondisi yang optimal), maka akan semakin baik pula hasil yang diperoleh. Demikian pula dengan faktor pengulangan, jika mendekati angka $10n$ (n adalah jumlah fasilitas), maka hasil yang diperoleh akan jauh lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Ballou, R., 1999, "Logistics Strategy and Planning", *Business logistics management: planning, organizing, and controlling the supply chain*, Prentice Hall, pp.29-50.

Chopra S. dan Meindl, P., *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, Mc.Graw Hill.

Dekhane, N. G., 2001, Distribution System Design Using Optimization Approach, *Thesis Report*, Department of Mechanical, Industrial and Nuclear Engineering of the College of Engineering, University of Cincinnati, USA, 2004.

Khadilkar, Y. S., 2004, Reverse Supply Chain: Life Cycle Inventory Analysis, *Thesis Report*, Department of Mechanical, Industrial and Nuclear Engineering of the College of Engineering, University of Cincinnati, USA.

Levi, D. S., 2000, *Designing and Managing The Supply Chain*. Mc Graw- Hill.



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM BANDUNG

ISBN 978-602-98058-0-2

SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI



SERTIFIKAT



Diberikan kepada

Agus Ristono

yang telah berpartisipasi aktif pada :

Seminar Nasional Teknik Industri

"Pemberdayaan Rekayasa Industri Berbasis *Eco-Efficiency* pada Era Perdagangan Bebas"
sebagai

PEMAKALAH

Diselenggarakan Oleh:

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung
24 November 2010 di Bandung

Rektor Universitas Islam Bandung

REKTOR
UNIVERSITAS ISLAM BANDUNG
(Prof. Dr. dr. M. Thaufiq S. Boesoirrie, MS., Sp. THT-KL(K))

Panitia Seminar Nasional
Ketua Panitia



(Nur Kahman As'ad, ST., MT)