



ITS

Institut
Teknologi

Sepuluh Nopember

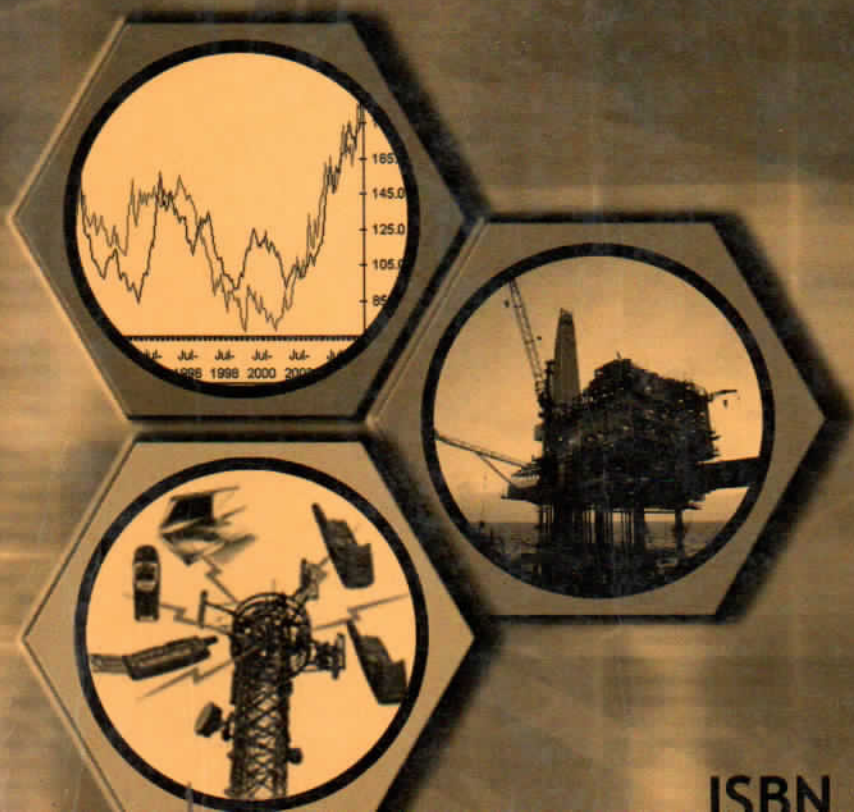
PROGRAM STUDI
MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROSIDING

**Peningkatan Kapasitas Inovasi
dan Technopreneurship untuk
Memperkuat Kemandirian
Ekonomi Nasional**

**SEMINAR NASIONAL
MANAJEMEN TEKNOLOGI VIII**

**Surabaya,
2 Agustus 2008**



ISBN : 978-979-99735-6-6



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



PROGRAM STUDI
MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROSIDING

**Peningkatan Kapasitas Inovasi
dan Technopreneurship untuk
Memperkuat Kemandirian
Ekonomi Nasional**

**SEMINAR NASIONAL
MANAJEMEN TEKNOLOGI VIII**

**Surabaya,
2 Agustus 2008**

ISBN : 978-979-99735-6-6

KATA PENGANTAR DARI KETUA PANITIA

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT, Program Studi Magister Manajemen Teknologi (MMT) ITS pada hari ini, tanggal 2 Agustus 2008, menyelenggarakan Seminar Nasional Manajemen Teknologi untuk yang delapan kalinya. Tema Seminar Nasional saat ini adalah "*Peningkatan Kapasitas Inovasi dan Technopreneurship Untuk Memperkuat Kemandirian Ekonomi Nasional*".

Tema seminar ini sengaja kami angkat untuk menggugah kesadaran bersama bahwa peranan teknologi melalui peningkatan kemampuan dan kapasitas Inovasi dan Technopreneurship sangat penting dalam meningkatkan daya saing bangsa. Bangsa yang unggul teknologinya pada gilirannya akan mampu melaksanakan proses transformasi input (tenaga, sumber daya dan modal intelektual serta kapital) menjadi output yang bernilai tambah lebih tinggi. Perubahan ini memerlukan utilisasi daya inovasi dan kemampuan technopreneurship yang optimal dengan basis pengetahuan teknologi dan manajemen yang memadai. Sehingga pada akhirnya diharapkan perubahan ini akan merubah struktur industri dan ekonomi nasional menjadi lebih baik dan kokoh untuk memperkuat kemandirian bangsa.

Untuk memberi inspiring wawasan dan ide bagi peserta seminar, Panitia mengundang pembicara-pembicara utama yang membahas topik-topik ; Paradigma Terkini Manajemen Teknologi, Peranan Inovasi Teknologi Dalam Peningkatan Kapasitas Industri Nasional serta Technopreneurship dan Prospek Bisnis dalam ICT Indonesia.

Sampai batas waktu yang ditetapkan peserta seminar yang telah mengirimkan abstrak kepada Panitia sebanyak 75 peserta dari berbagai instansi perguruan tinggi di Indonesia. Setelah Panitia Seminar evaluasi akhirnya 60 peserta yang diterima makalahnya dan siap dipresentasikan dalam forum Seminar. Setiap makalah yang dipresentasikan dalam seminar kami susun menjadi Prosiding yang ber ISSN.

Dengan terlaksananya seminar ini, Panitia mengucapkan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para pembicara utama yang terhormat yaitu :

- Prof. Dr. Ir. E. Gumbira Said, MADev, Direktur Utama Badan Hukum PT Prima Kelola, Agribisnis Agroindustri IPB
- Ir.Dwi Sutjipto MM, Direktur Utama PT. Semen Gresik
- Prof.Dr. Ir. Drs. Riyanarto Sarno, MSc. Dekan Fakultas Teknologi informatika-ITS

Atas nama seluruh Panitia Seminar , kami juga mengucapkan terimakasih yang tulus atas bantuan pemikiran, moril, dan materil kepada pihak sponsor, dan pihak-pihak lain yang telah mendukung berlangsungnya Seminar ini.

Diharapkan Prosiding Seminar ini nantinya dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkannya.

Surabaya, 2 Agustus 2008

Ketua Panitia

**SUSUNAN PANITIA SEMINAR NASIONAL
MANAJEMEN TEKNOLOGI VIII
PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
PROGRAM PASCASARJANA ITS**

Pelindung	:	Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph.D
Penanggung Jawab	:	Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc
Panitia Pelaksana		
Ketua	:	Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc
Sekretaris	:	Titien Eriyanawati
Bendahara	:	Ir. Aris Tjahyanto, M.Kom. Sri Wahyuni Nuriyah Tri Wahyuni
Acara	:	Titien Eriyanawati Sidarta Gautama, SE
Persidangan	:	Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Sc., Ph.D. Dr. Ir. Putu Artama, MT Dr. Ir. Joko Lianto Buliali, MSc
Informasi dan Dokumentasi	:	Anita Aprillia, SE Titien Eriyanawati Bagus Nugroho Mukhammad Zanis
Makalah dan Prosiding	:	Erwina Adhyarini, S.Pi Waluyo Prasetyo, ST Widya Kusumawardhani, ST
Konsumsi	:	Sri Wahyuni Nur Sofi Farida, A.Md
Logistik	:	Farid Taufik K., ST Dwi Warna Agung K M. Nor Sukar Suparno Kasmiran
Kemanan	:	Ponidjan Misdi Dakiran Tukiman



DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Susunan Panitia	iii
Daftar Isi	iv

A. MANAJEMEN INDUSTRI

1. Penentuan Jalur Distribusi Pada Rantai <i>Supply</i> dengan Metode <i>Saving Matriks</i> <i>Julianus Hutabarat - Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Nasional Malang</i>	A-1-1
2. Medium Design To Reduce Backbone Hurt Through Working Position Analysis and Biomechanics Analysis <i>Ketut Artana, Julianus Hutabarat - Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Nasional Malang</i>	A-2-1 <i>gf</i>
3. Pembuatan Model Penerimaan Pendapatan Asli Daerah (PAD) dengan Pendekatan Sistem Dinamik <i>Tofik Hidayat, Subagyo, Anna Maria Sri Asih - Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada</i>	A-3-1
4. Pengembangan Model dan Algoritma <i>Common Replenishment Epoch</i> dengan Mempertimbangkan Kelayakan Konsolidasi Pengiriman <i>Nurwidiana, Ahmad Rusdiansyah - Jurusan Teknik Industri ITS</i>	A-4-1
5. Desain Perbaikan Kinerja Layanan Publik Berbasis <i>Lean Service</i> (Studi kasus: Perpanjangan IMTA Disnaker Jatim) <i>Lusi Zafriana, Hari Suprianto, Indung Sudarso - Jurusan Teknik Industri ITS</i>	A-5-1
6. Pengembangan FMEA Menggunakan Konsep <i>Lean, Root Cause Analysis</i> dan Diagram Pareto: Peningkatan Kualitas Konsentrat Tembaga pada <i>Santong Water Treatment Plant</i> PT Newmont Nusa Tenggara-Sumbawa NTB <i>Nasmi Herlina Sari, Hari Supriyanto, Mokh. Suef - Jurusan Teknik Industri ITS</i>	A-6-1
7. Perhitungan Biaya Pemeliharaan Gas Turbine Generator <i>Susetiyadi Purwonugroho, Budi Santosa - Program Studi Magister Manajemen Teknologi ITS</i>	A-7-1
8. Perancangan Sistem Pengendalian Kualitas Menggunakan Model Fuzzy Goal Programming <i>Rosleini Ria Putri Zandrato, Budi Santosa, Nani Kurniati - Jurusan Teknik Industri FTI ITS</i>	A-8-1
9. Pengembangan Model <i>Joint Economic Lot Size</i> dalam Sistem Persediaan <i>Supplier-Buyer</i> Ketika Terdapat Penawaran <i>Decremental Temporary Discount</i> <i>Diana Puspita Sari, Ahmad Rusdiansyah - Jurusan Teknik Industri ITS</i>	A-9-1
10. Pengembangan Model Optimasi Manajemen Pengelolaan Kualitas Air Kali Surabaya dengan <i>Interval Fuzzy Linier Programming (IFLP)</i> <i>Aditya Maharani, Udisubakti Ciptomulyono, Budi Santosa - Jurusan Teknik Industri ITS</i>	A-10-1

PENENTUAN JALUR DISTRIBUSI PADA RANTAI SUPPLY DENGAN METODE SAVING MATRIKS

Julianus Hutabarat

Program Studi Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Kampus I ITN, JL Bend.Sigura-Gura No.2 Malang
Email : anggita_paramita@yahoo.com

ABSTRAK

Lemahnya Manajemen Transportasi pada suatu Perusahaan bisa berakibat pada tingginya biaya transportasi, hal ini ditandai dengan lemahnya perencanaan untuk menentukan jenis alat angkut transportasi apa yang akan digunakan, berapa jumlahnya serta jalur mana saja yang akan dilalui, hingga sampai ke konsumen. Berkaitan dengan hal tersebut, maka perusahaan perlu melakukan evaluasi terhadap Manajemen Transportasi yang dilakukan saat ini.

Penelitian ini dilakukan di PT X, penelitian diawali dengan penentuan rute/jalur distribusi dari pabrik ke konsumen dengan metode *Saving Matriks* Dengan kombinasi perhitungan matriks jarak dan jumlah permintaan kertas tiap konsumen diperoleh matriks penghematan atau *Saving Matriks*.

Dengan metode *Saving Matriks* diperoleh penghematan jarak sebesar 33,39 % atau sepanjang 1693,69 km berdasarkan rute usulan yang dilalui untuk melayani customer di Pulau Jawa. Dan diperoleh penghematan biaya transportasi sebesar 29,98 % atau sebesar Rp. 47.435.143,8 / bulan.

Kata kunci : *Matriks Penghematan, Matriks Jarak, Rute, Minimasi Biaya Transportasi*

PENDAHULUAN

PT X merupakan perusahaan yang bergerak dalam industri kertas, mempunyai kapasitas produksi sebesar 14.000 ton kertas perbulan, yang dihasilkan dari PM 1 sebesar 5000 ton kertas dan PM 2 sebesar 9.000 ton kertas. Hasil produksi PT X adalah Paper Roll dan Paper Tub, yang terdiri dari berbagai jenis produk yaitu Fluting Medium, Wrapping Paper, Kraft Liner, Chip Board dan Core Board.

Disini peneliti akan membahas pendistribusian produk melalui jalan darat yaitu dengan menggunakan alat angkut berupa truk. Oleh karena pendistribusian produk ke konsumen memerlukan perencanaan yang tepat, maka perlu dipertimbangkan rute serta jumlah truk yang perlu digunakan untuk mendistribusikan produk kertas sehingga dicapai biaya transportasi yang optimum.

METODOLOGI

Tahapan-tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Peramalan permintaan masing-masing customer
2. Pembuatan Matriks Jarak
3. Penghitungan *Saving Matriks*
4. Penentuan alokasi customer ke dalam tiap alat angkut
5. Penentuan rute / jalur distribusi

6. Penghitungan biaya transportasi sebelum dan sesudah penerapan metode *Saving Matrix*
7. Rekomendasi rute/jalur distribusi dengan biaya transportasi terkecil

HASIL PENELITIAN

Peramalan

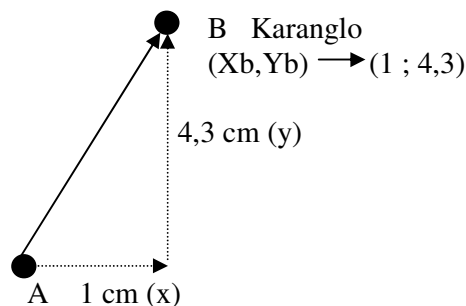
Untuk menghitung peramalan permintaan kertas menggunakan bantuan program MINITAB 11. Data historis diinputkan ke dalam *software* minitab kemudian dianalisis dengan menggunakan metode *Single Exponential Smoothing*, *Double Exponential Smoothing*, *Weighted Moving Average* dan *Winter's Method* dan tentukan nilai MAPE terkecil dari masing-masing metode untuk direkomendasikan sebagai permintaan mendatang.

Tabel 1. Metode Peramalan

Customer	Metode
PT Bentoel	Winter's Methods
PT KSI	Single Eksponential Smoothing
PT Kedawung	Double Eksponential Smoothing
PT Wong Hendri	Single Eksponential Smoothing
PT Surya Zig-Zag	Winter's Methods
PT Taman Sriwedari	Double Eksponential Smoothing
PT Surya Pamenang	Single Eksponential Smoothing
PT Surya Bentata	Weighted Moving Average
PT Purinusa	Double Eksponential Smoothing
PT Agung Abadi	Weighted Moving Average
PT Alkindo	Winter's Methods
PT Bintang Abadi	Winter's Methods
PT IKPP Serang	Winter's Methods
PT Pindodeli	Winter's Methods
PT Conitex Sonoco	Winter's Methods
PT Paul Buana	Double Eksponential Smoothing

Setelah itu dilakukan uji *Tracking Signal* untuk menguji penyimpangan hasil peramalan pada masing-masing metode di atas

Hasil peramalan kemudian digunakan untuk menentukan order size dari masing-masing kota customer. Untuk menentukan order size tiap kota customer dihitung berdasarkan metode terbaik dari hasil peramalan untuk 3 periode mendatang dengan cara dicari rata-ratanya. Contoh perhitungan untuk mencari koordinat pada peta :



Gambar 1. Contoh Gambar Pencarian Koordinat

Kebon Agung (PT.X)
(Xa,Ya) → (0 ; 0)

Keterangan :

- Apabila garis putus-putus ke kanan dan ke atas maka nilai koordinat bertanda positif (+)
- Apabila garis putus-putus ke kiri dan ke bawah maka nilai koordinat bertanda negatif (-)
- Setiap pabrik atau tempat Distribusi Center maka koordinatnya di mulai (0,0)

Tabel 2. Koordinat Lokasi dan Order Size Customer

Customer	Koordinat X	Koordinat Y	Order Size (roll/hari)
PT Bentoel	1	4,3	15
PT KSI	1,9	4,4	19
PT Kedawung	2,9	9,7	25
PT Wong Hendri	3	10	11
PT Surya Zig-Zag	-4,1	5,9	9
PT Taman Sriwedari	-6,3	5,2	10
PT Surya Pamenang	-5	8,6	9
PT Surya Bentata	-21,6	9,3	12
PT Purinusa	-26,6	16,3	25
PT Agung Abadi	-63	17,7	22
PT Alkindo	-63,7	18,2	44
PT Bintang Abadi	-74,4	26,5	9
PT IKPP Serang	-80,2	27,3	32
PT Pindodeli	-65,6	24,8	9
PT Conitex Sonoco	-69,8	25,7	10
PT Paul Buana	-73,9	25	10

Keterangan :

Koordinat jarak tersebut didapatkan dari peta Pulau Jawa dengan menentukan koordinat (0,0) pada PT X. sebagai tempat pabrik berada kemudian pengukuran dilakukan dengan skala perbandingan. Adapun skala pada peta adalah 1 : 880.000.

Pembuatan Matriks Jarak

◆ Jarak dalam satuan Km

Cara perhitungan jarak dalam satuan kilometer pada peta pulau Jawa adalah disesuaikan dengan skala peta. Dengan rumus yang digunakan yaitu :

$$\text{Jarak} = (\text{Jarak pada Peta} \times \text{Skala Peta}) \text{cm} / 100.000 \text{ Km}$$

Skala peta yang digunakan adalah 1 : 880.000

Contoh perhitungan dari jarak pada Customer 1 (Dari PT.Bentoel)

$$\begin{aligned} \text{Jarak} &= (4,42 \times 880.000) / 100.000 \text{ Km} \\ &= 38,85 \text{ Km} \end{aligned}$$

Berdasarkan data koordinat tiap kota customer di atas maka dapat dihitung jarak dari warehouse ke customer dan antar customer dengan rumus :

$$\text{Dist}(A,B) = \sqrt{(X_a - X_b)^2 + (Y_a - Y_b)^2}$$

Dari Warehouse ke Masing-Masing Customer

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Dist (DC,C}_1) &= \sqrt{(0-(1)^2) + (0-(4,3)^2)} = \sqrt{19,49} = 4,42 \text{ cm} \\
 &= \frac{4,42}{100000} \text{ km} = 0.0000442 \times 880.000 \\
 &= 38,85 \text{ km} \\
 2. \text{ Dist(DC,C}_2) &= \sqrt{(0-(1,9)^2) + (0-(4,4)^2)} = \sqrt{22,97} = 4,79 \text{ cm} = 42,18 \text{ km} \\
 3. \text{ Dist(DC,C}_3) &= \sqrt{(0-(2,9)^2) + (0-(9,7)^2)} = \sqrt{154,82} = 10,12 \text{ cm} = 89,09 \text{ km} \\
 &\dots\dots \\
 &\dots\dots \\
 &\dots\dots \\
 16. \text{ Dist(DC,C}_{16}) &= \sqrt{(0-(-73,9)^2) + (0-(25)^2)} = \sqrt{6086,21} = 78,014 \text{ cm} = 686,52 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Dari Satu Customer ke Customer Lain.

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Dist (C}_1,\text{C}_2) &= \sqrt{(1-1,9)^2 + (4,3-4,4)^2} = \sqrt{0,82} = 0,91 \text{ cm} = 7,97 \text{ km} \\
 2. \text{ Dist (C}_1,\text{C}_3) &= \sqrt{(1-2,9)^2 + (4,3-9,7)^2} = \sqrt{32,77} = 5,72 \text{ cm} = 50,38 \text{ km} \\
 3. \text{ Dist (C}_1,\text{C}_4) &= \sqrt{(1-3)^2 + (4,3-10)^2} = \sqrt{36,49} = 6,04 \text{ cm} = 53,16 \text{ km} \\
 &\dots \\
 &\dots \\
 &\dots \\
 16. \text{ Dist (C}_1,\text{C}_{16}) &= \sqrt{(1-(-73,9))^2 + (4,3-25)^2} = \sqrt{6038,5} = 77,71 \text{ cm} = 683,83 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Penghitungan Saving Matriks

Dari perhitungan matriks jarak, maka selanjutnya dihitung penghematan masing-masing customer dengan rumus :

$$S(x,y) = \text{Dist (DC,x)} + \text{Dist (DC,y)} - \text{Dist (x,y)}$$

Dengan menggunakan rumus tersebut maka penghematan untuk masing-masing customer sebagai berikut :

Sebagai contoh penghematan pada customer 1 adalah :

$$\begin{aligned}
 1. S(C_1,C_2) &= D(DC,C_1) + D(DC,C_2) - D(C_1,C_2) \\
 &= 38,85 + 42,18 - 7,97 = 73,06 \text{ Km} \\
 2. S(C_1,C_3) &= D(DC,C_1) + D(DC,C_3) - D(C_1,C_3) \\
 &= 38,85 + 89,09 - 50,38 = 77,56 \text{ Km} \\
 3. S(C_1,C_4) &= D(DC,C_1) + D(DC,C_4) - D(C_1,C_4) \\
 &= 38,85 + 91,87 - 53,16 \\
 &= 77,56 \text{ Km} \\
 &\dots\dots\dots \\
 16. S(C_{15},C_{16}) &= D(DC,C_{15}) + D(DC,C_{16}) - D(C_{15},C_{16}) \\
 &= 617,16 + 686,52 + 36,60 = 1267,08 \text{ Km}
 \end{aligned}$$

Penentuan Rute/ Jalur Distribusi Setelah Dilakukan Penentuan Alokasi Customer Ke Tiap Alat Angkut

Contoh:

- Iterasi 2: Dari saving matriks, diperoleh penghematan tertinggi sebesar 1389,02 = $S(C_{12}, C_{13})$ dengan mengkombinasikan rute untuk customer 12 dan customer 13 dalam satu rute, yaitu rute A. Selanjutnya dilakukan pengecekan apakah pengkombinasian tersebut layak dilakukan atau tidak, layak dilakukan jika total order size kurang dari kapasitas truk.

Beban untuk rute A = order size custr 12 + order size custr 13
 $= 9 + 32 = 41 (<71) \rightarrow$ layak (dst)

- Iterasi 6 : Penghematan tertinggi selanjutnya yaitu 1233,3 = $S(C_{12}, C_{14})$, 1233,34 = $S(C_{13}, C_{14})$, 1230,62 = $S(C_{14}, C_{16})$ tetapi karena sudah masuk rute A, maka dicari penghematan tertinggi selanjutnya yaitu 1162,7 = $S(C_{11}, C_{13})$, sehingga pada tahap ini dilakukan pengecekan apakah customer 11 dapat ditambahkan pada rute A.

Beban untuk rute A = order size custr.12 + custr.13 + custr.16 + custr. 15 + custr. 14 + custr. 11 = 9 + 32 + 10 + 10 + 9 + 44 = 114 (<71) \rightarrow tidak layak

Dari iterasi di atas kemudian diperoleh empat (4) rute yaitu :

- **rute A** : { 12, 13, 16, 15, 14 },
- **rute B** : { 11, 10 },
- **rute C** : { 9, 8, 7, 6, 5 }, dan
- **rute D** : { 3, 4, 2, 1 }

yang berarti pabrik membutuhkan 4 truk. Truk pertama akan mengirimkan atau melayani produk ke customer 12, 13, 16, 15, 14, truk kedua melayani customer 11, 10, truk ketiga melayani customer 9, 8, 7, 6, 5, dan truk keempat melayani customer 3,4,2,1.

Pengurutan rute pengiriman dengan prosedur Nearest Neighbour

Untuk Rute B {11, 10}

- Iterasi 1: Awal perjalanan dimulai dari DC dengan total jarak = 0
 - Dengan menuju ke customer 11 maka perjalanan bertambah jarak 582,99
 - Dengan menuju ke customer 10 maka perjalanan bertambah jarak 575,87Dengan menggunakan prosedur nearest neighbour, maka diperoleh solusi pada iterasi 1 adalah menuju customer 10.

- Iterasi 2 : Perjalanan dari **DC** \rightarrow **customer 10** dilanjutkan menuju customer terdekat berikutnya yaitu customer 11.
 - Dengan menuju ke customer 11 maka perjalanan bertambah jarak 7,57 sehingga diperoleh solusi (DC-C10-C11-DC) dengan panjang :
 $= 575,87 + 7,57 + 582,99$
 $= 1166,43$

dan seterusnya sampai rute D mendapatkan pengurutan rute pengiriman dengan menggunakan prosedur Nearest Neighbour.

Sehingga diperoleh rute pengiriman sesuai prosedur Nearest Neighbour

- Rute A : (DC-C14-C15-C16-C12-C13-DC) atau (Pabrik, PT.Pindodeli , PT.Conitex Sonoco, PT.Paul Buana, PT.Bintang Abadi, PT.IKPP Serang, Pabrik).
Dengan panjang perjalanan 1411,54 km
- Rute B : (DC-C10-C11-DC) atau (Pabrik, PT.Agung Abadi , PT.Alkindo, Pabrik)
Dengan panjang perjalanan 1166,43 km

- Rute C : (DC-C5-C6-C7-C8-C9-DC) atau (Pabrik, PT.Surya Zig-Zag, PT.Taman Sriwedari, PT.Surya Pamenang, PT.Surya Bentata, PT.Purinususa , Pabrik).
Dengan panjang perjalanan 612,02 km
- Rute D : (DC-C1-C2 -C3 -C4 -DC) atau (Pabrik, PT.Bentoel, PT.KSI , PT.Kedawung, PT.Wong Hendri, Pabrik).
Dengan panjang perjalanan 188,93 km

Penghitungan Biaya Transportasi Sebelum dan Sesudah Penerapan Metode Saving Matriks

- Sebelum

Biaya tenaga kerja = Rp. 20.000 / hari.

Biaya bahan bakar = jarak tempuh x 1/4 lt x harga bahan bakar.

- Rute 1 = $89 \times 1/4 \times \text{Rp. } 4300,-$
= Rp. 95.675,00
- Rute 2 = $183,74 \times 1/4 \times \text{Rp. } 4300,-$ = Rp. 197.520,5
- Rute 3 = $203,12 \times 1/4 \times \text{Rp. } 4300,-$ = Rp. 218.354,00
- Rute 4 = $557,18 \times 1/4 \times \text{Rp. } 4300,-$ = Rp. 598.968,5
- Rute 5 = $1166,43 \times 1/4 \times \text{Rp. } 4300,-$ = Rp. 1.253.912,25
- Rute 6 = $1492,06 \times 1/4 \times \text{Rp. } 4300,-$ = Rp. 1.603.964,5
- Rute 7 = $1378,08 \times 1/4 \times \text{Rp. } 4300,-$ = Rp. 1.481.350,00

Biaya total = Total biaya tenaga kerja + Total biaya bahan bakar + Biaya retribusi
= Rp. 280.000,- + Rp. 5.449.744,75 + Rp. 600.000,-
= Rp. 6.329.744,75 / hari

Hari kerja dalam 1 bulan = 25 hari, maka :

Biaya total 1 bulan = Rp. 5.449.744,75 x 25
= Rp. 158.243.618,8

- Sesudah

Sesudah penerapan metode saving matriks, maka didapatkan rute baru yaitu :

- Rute A = $1411,54 \times 1/4 \times \text{Rp. } 4300,-$ = Rp. 1.517.405,5
- Rute B = $1166,43 \times 1/4 \times \text{Rp. } 4300,-$ = Rp. 1.253.912,25
- Rute C = $612,02 \times 1/4 \times \text{Rp. } 4300,-$ = Rp. 657.921,5
- Rute D = $188,93 \times 1/4 \times \text{Rp. } 4300,-$ = Rp. 203.099,75

Biaya total = Total biaya tenaga kerja + Total biaya bahan bakar + Biaya retribusi
= Rp. 200.000,- + Rp. 3.632.339,- +
Rp. 600.000,-
= Rp. 4.432.339,- / hari

Hari kerja dalam 1 bulan = 25 hari, maka :

Biaya total 1 bulan = Rp. 4.432.339,- x 25
= Rp. 110.808.475,-

KESIMPULAN

Alokasi customer pada tiap truk disesuaikan dengan kapasitas truk. Jumlah truk yang semula 7 unit untuk melayani Pulau Jawa menjadi 4 unit truk dengan rute :

- Rute A : (DC-C12-C13-C16-C15-C14-DC)
- Rute B : (DC-C11-C10-DC)
- Rute C : (DC-C9-C8-C7-C6-C5-DC)

- Rute D: (DC-C3-C4-C2-C1-DC)

Rute atau jalur distribusi yang dilalui truk sampai ke customer setelah diurutkan menggunakan prosedur Nearest Neighbour adalah :

- Rute A : (DC-C14-C15-C16-C12-C13-DC)
- Rute B : (DC-C10-C11-DC)
- Rute C : (DC-C5-C6-C7-C8-C9-DC)
- Rute D : (DC-C1-C2-C3-C4-DC)

Biaya transportasi sebelum dan sesudah penerapan saving matriks terjadi penghematan sebesar Rp 158.243.618,8 – Rp. 110.808.475,- = Rp. 47.435.143,8 per bulan atau sebesar 29,98 % setelah dilakukan penerapan metode saving matriks yang mendapatkan rute baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Baroto, Teguh.2002. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta.Ghalia
- Bowersox, Donald. J.2002. *Manajemen Logistik : Integrasi Sistem-sistem Manajemen Distribusi Fisik dan Manajemen Material*. Edisi Ketiga. Jakarta. PT.Bumi Aksara
- Chopra, Sunil and Meindl, Peter. 2004. *Supply Chain Management : Strategy Planning and Operation. Second Edition*. Pearson Prentice-Hall International, Inc
- Nasution, Arman Hakim. 2003. *Perencanaan dan pengendalian Produksi*. Jakarta. Edisi Pertama. Guna Widya.
- Salim, Abbas H.A.1998. *Manajemen Transportasi*. Edisi Ke-empat.Jakarta. PT.Raja Grafindo Persada.
- Wayne C. Turner, Joe H. Mize, Kenneth E. Case, John W.2000. Nazemetz. *Pengantar Teknik dan Sistem Industri*. Edisi Ketiga. Jilid I. Jakarta. Guna Widya

MEDIUM DESIGN TO REDUCE BACKBONE HURT THROUGH WORKING POSITION ANALYSIS AND BIOMECHANICS ANALYSIS

Ketut Artana dan Julianus Hutabarat

Program Studi Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Kampus I ITN, JL Bend.Sigura-Gura No.2 Malang
Email : anggita_paramita@yahoo.com

ABSTRACT

Usage of medium that doesn't ergonomics in working station might result in uncomfortable working in accomplishing job and result in hurt on worker's organs that ultimately will result in decreasing of productivity. Therefore, company needs to pay attention to the extent to which the usage of worker medium in providing comfortable and supporting working safety that makes working becomes comfortable and endure.

This research is conducted in PT X which operating in manufacture sector producing entertainment furniture. This research is started from observation and collecting documentation, photographs of working position, and interview. The documents are then processed and analyzed by using biomechanics analysis utilizing software of Managuin Pro v1.0 (Torsion analysis) and Ergomaster v2.5 (NIOS and RULA analysis) to know the cause of complaints perceived by operator. Then the researcher tries to simulate some working positions and choose the best ergonomics position from process of glue smearing and process of lamination.

Result of the research showed that in the first manner score of torsion weight is 113 Nm, and score of RULA is 7. NIOS analysis is not conducted because it doesn't lift up the burden. From simulation, it is gotten the best ergonomics working position, that is in standing position with has the least scores of torsion and RULA, in which torsion score in 96 and RULA score is 2. Design of medium in the from of table that can be automatically arranged up and down suits with ergonomics operator position (the chosen position), with table length and width are adjusted suit with working material. That is table with 120 cm in length and 80 cm width.

Keywords : Working position, operator position, biomechanics analysis, Torsion, RULA

PENDAHULUAN

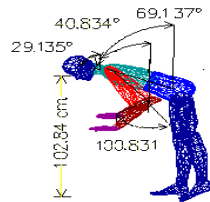
Latar Belakang Masalah

Dari survey yang dilakukan di PT X, ditemukan sikap operator yang kurang ergonomis, yaitu sikap operator pada proses laminasi pada waktu pengolesan lem yang semakin lama semakin membungkuk pada tiap-tiap lembaran komponen (pcs) setelah satu persatu komponen berkurang karena dilaminasi.

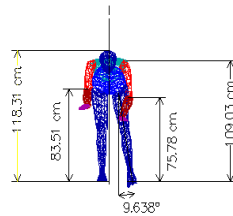
Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan sikap operator yang tidak ergonomis tersebut.



Gambar 1. Sikap Kerja Pengolesan Lem pada Proses Laminasi



Gambar 2. Sikap Awal Tampak Samping
(Sumber : Software Mannequin Pro v 1.0)



Gambar 3. Posisi Awal Tampak Depan
(Sumber : Software Mannequin Pro v 1.0)

Dari gambar diatas diperoleh suatu perbandingan sikap berdiri pekerja ukuran awal (Mannequin Pro v 1.0) dan standar ukuran ideal pada tabel, yaitu :

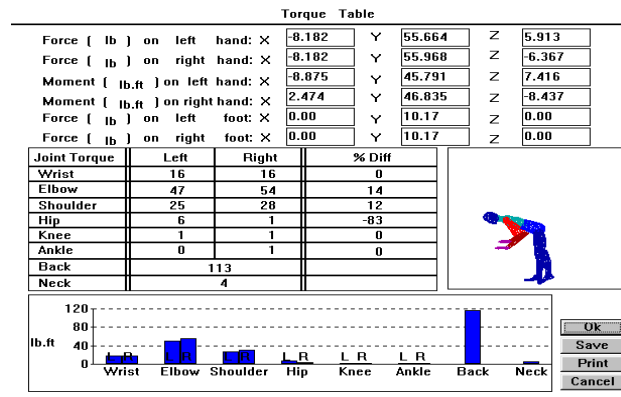
**Tabel 1. Perbandingan Posisi Pekerja Posisi Anthropometri Awal
Mannequin Pro v 1.0 dan Standart Ukuran Ideal**

Anthropometri	Ukuran Awal (cm)	Standart Ukuran Ideal(cm)
Tinggi Badan	118.31	163.2
Tinggi siku kanan	83.51	100.3
Tinggi siku kiri	75.78	100.3
Tinggi Bahu	109.03	133.8
Tinggi Mata	102.84	152

(Sumber : Software Mannequin Pro v 1.0 Eko Nurmiyanto, 2004 : 65)

Berdasarkan data tabel dan gambar di atas terlihat terjadi masalah pada tinggi siku kanan, tinggi siku kiri, sudut kemiringan tubuh, tinggi bahu, tinggi badan sehingga sikap tersebut tidak ergonomis.

Tabel 2. Analisa Torsi Posisi Awal



Pada analisa torsi posisi awal diatas, terlihat bahwa tingkat keluhan rasa sakit terbesar adalah pada bagian bahu terutama bagian tulang belakang

Identifikasi Permasalahan dengan Diagnosa Sakit Punggung Bawah (*Diagnosis of Acute Low Back Pain*)

Berdasarkan survey dengan melakukan dialog dapat disimpulkan bahwa ada keluhan yang dialami oleh operator pada bagian tubuh operator setelah bekerja dengan sikap kerja awal (*Discomfort Analysis*), rasa sakit/keluhan.

Jadi Berdasarkan analisa torsi posisi awal operator proses laminasi dan diagnosis umum **Borenstein**. Dilakukan kecocokan data, yaitu operator umur 20 sampai dengan 40 tahun (rentang umur operator laminasi PT X yang bekerja dengan tempo yang lama/ berlebihan dan membengkokkan tulang belakang akan mengalami keluhan ketegangan punggung dengan lokasi keluhan punggung bawah, tangan dan kaki. Keluhan yang terjadi berupa nyeri.

METODOLOGI

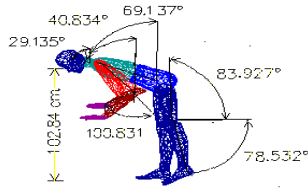
Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data
berupa foto dan wawancara dengan operator.
2. Analisis
 - a. Analisa Torsi disimulasikan dengan software Mannequin Pro v.1.0. untuk mengetahui besar beban torsi untuk masing – masing sikap kerja
 - b. Analisa Nios
Analisa Nios digunakan untuk menganalisa sikap kerja saat mengangkat beban.
 - c. Analisa RULA
Merupakan analisa sikap kerja pada bagian tubuh diatas kaki. Analisa RULA berfungsi untuk mengetahui skor keseluruhan dari pekerjaan yang kita analisa.
3. Pengukuran antropometri
Rata-rata hitung, simpangan baku, uji keseragaman data, dan uji kecukupan data.
4. Perbaikan
Dalam tahap ini dilakukan perancangan alat bantu berdasarkan anthropometri pekerja, dari hasil simulasi terpilih yaitu sikap yang dianggap ergonomis berdasarkan analisa TORSI, NIOS, dan RULA

HASIL PENELITIAN

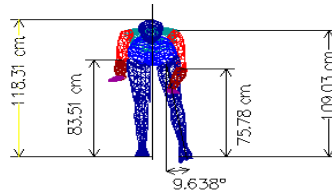
Pengolahan Data

Analisis Sikap Awal dengan Manequin Pro v1.0



(Sumber: data diolah dengan Manequin Pro v1.0)

Gambar 4. Sikap Operator Awal tampak samping



Gambar 5. Sikap Operator Awal tampak Depan

Tabel 3. Sudut Aktual (Horizontal Plane)

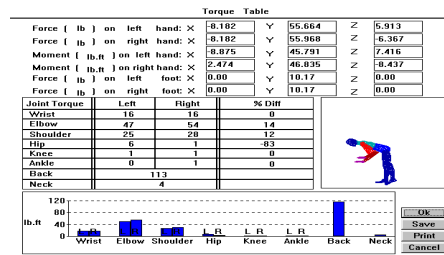
Body Segment Angle	Aktual
Neck	29,135 °
Lower/ Fore Arm	100,831 °
Upper Arm	40,834 °
Trunk Flexion	69,137 °
Upper Leg	83,927 °
Lower Leg	78,532 °

(Sumber: data diolah dengan Manequin Pro v1.0)

Tabel 4. Asumsi Awal

Body Segment Angle	Aktual
Tinggi Badan	118.31
Tinggi siku kanan	83.51
Tinggi siku kiri	75.78
Tinggi Bahu	109.03
Tinggi Mata	102.84

(Sumber: Rata-rata pengamatan langsung)



(Sumber: data diolah dengan Manequin Pro v1.0)

Gambar 6. Analisa Torque Manequin Pro v1.0 Posisi Awal

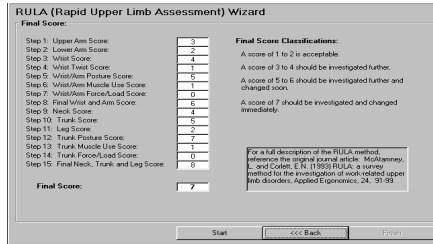
Pada sikap awal operator yang mengerjakan pekerjaan pada posisi yang terlalu membungkuk. Dari analisa torsi awal terlihat beban pada punggung sangat Besar sekali yaitu sebesar 113 lb.ft..

Perhitungan Recommended Weight of Lift (RWL) dengan menggunakan Software Ergomaster.

Perhitungan RWL atau NIOS tidak dilakukan karena pekerjaan pengolesan lem pada proses laminasi tidak terjadi pengakatan pada kerja.

Analisa Sikap Awal dengan RULA (Software Ergomaster V 2.5)

Karena pada simulasi RULA dapat menguji pekerjaan mengangkat beban dan atau tidak mengangkat beban, maka sikap awal dapat diuji dengan simulasi RULA, dengan hasil sbb:



(Sumber: Software Ergomaster V 2.5)
Gambar 7. Final Score RULA Sikap Awal

Jika dilihat dari data akhir diatas, maka skor keseluruhan dari posisi pekerjaan proses pengolesan lem dalam proses laminasi sebesar 7. Dari skor tersebut maka dapat ditarik kesimpulan sikap operator pada pekerjaan perlu diredesain, dan yang perlu diredesain adalah posisi bagian lengan, sudut tubuh (trunk) dan leher (neck).

Rekapitulasi Beban Torque, dan Skor RULA

- **Rekapitulasi beban Torque** semua bagian tubuh adalah seperti pada tabel berikut

Tabel 5. Rekapitulasi Beban Torque

Sikap usulan ke	Beban Torque Nm (dirasakan seketika)							
	Wrist	Elbow	Shoulder	Hip	Knee	Ankle	Back	Neck
1	13	47	78	3	3	3	202	4
2	21	79	247	5	1	1	372	4
3	17	64	78	11	3	0	191	3
4	16	57	76	1	2	0	198	3
5	17	62	82	11	1	1	212	3
6	18	65	89	10	3	0	203	3
7	18	68	44	1	0	0	110	1
8	16	57	41	1	1	1	124	4
9	18	65	35	18	0	0	108	3
10	14	52	50	0	0	0	96	1

(Sumber :Pengolahan data dengan Software Manequin Pro v.1.0)

Sikap terpilih diambil dari nilai torque yang paling kecil untuk bagian tubuh yang sensitif, yaitu **sikap usulan ke 10**.

- **Rekapitulasi Skor RULA (Rapid Upper Limb Assesment)**

sikap usulan pekerjaan operator (untuk semua sikap usulan hasil simulasi) adalah seperti pada tabel berikut

Tabel 6. Rekapitulasi Final Skor RULA

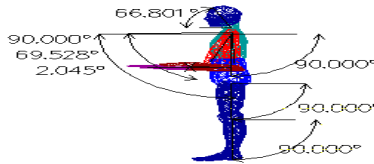
Sikap ke	Skor tiap ke															Final skor
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	4	2	1	2	4	1	0	5	3	5	1	6	1	0	7	7
2	4	2	1	1	3	1	0	4	3	5	1	6	1	0	7	6
3	3	2	1	1	2	1	0	3	2	4	2	5	1	0	6	5
4	2	1	1	1	2	1	0	3	1	3	1	3	1	0	4	4
5	2	2	3	1	3	1	0	4	5	3	1	7	1	0	8	6
6	1	2	1	1	2	1	0	3	3	4	1	5	1	0	6	5
7	3	1	1	1	2	1	0	3	2	2	1	2	0	0	2	3
8	2	2	2	1	2	1	0	3	2	4	2	5	1	0	6	5
9	2	1	1	1	2	1	0	3	1	1	1	1	0	0	1	3
10	2	1	1	1	2	0	0	2	1	2	1	2	0	0	2	2

(Sumber :Pengolahan data dengan Software Ergomaster v2.5)

Sikap terpilih (untuk desain alat bantu meja) diambil dari skor akhir **RULA** yang paling kecil yaitu 2, sebagai pertimbangan dengan melihat sudut kaki (*Limbs*) yang paling mendekati sudut natural (*Biomechanical Analyst, Ergomaster v2.5*).

Hasil Simulasi Terpilih

Pada Sikap usulan ini merubah ke sikap yang lebih benar menurut kaidah ergonomi yang dapat dibantu dengan desain alat bantu, sehingga hasil simulasi sikap usulan yaitu :



(Sumber: data diolah dengan Manequin Pro v1.0)

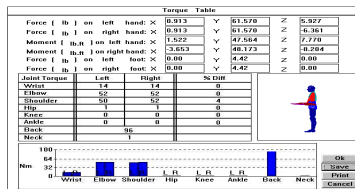
Gambar 8. Sikap Usulan

Tabel 7. Selisih Antara Sudut Aktual dan Sudut Netral Berdiri

Body Segment Angle	Aktual		Netral Duduk *)	Selisih	
	L	R		L	R
Neck	66,801°	66,801°	90°	23,199°	23,199°
Lower/ Fore Arm	2,045°	2,045°	0-90°/15°	87,955°/12,9552°	87,955°/12,9552°
Upper Arm	90,000°	69,528°	90°	0°	4,844°
Trunk Flexion	90,000°	90,000°	90°	0°	0°
Upper Leg	90,000°	90,000°	90°	0°	0°
Lower Leg	90,000°	90,000°	90°	0°	0°

*)Netral Posture didapat dari Biomechanics analist, Ergomaster

Dari sikap kerja hasil simulasi di atas, dapat dihitung besar beban torque, yaitu :

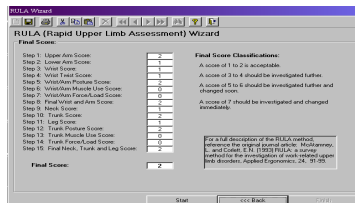


(Sumber: data diolah dengan Manequin Pro v1.0)

Gambar 9. Torque Table untuk Sikap Usulan 10

Pada gambar simulasi torque table untuk sikap usulan keenam didapat besar beban torque yaitu sebesar 96

Rekomendasi RULA untuk sikap usulan ini sebagai berikut :



(Sumber: Software Ergomaster V 2.5)

Gambar 10. Final Score RULA Sikap Usulan 10

Skor keseluruhan dari sikap pekerjaan pengolesan lem pada proses laminasi sikap usulan 10 sebesar 2, maka dapat ditarik kesimpulan sikap operator sudah sudah mendekati posisi yang benar dan dapat dikatakan dalam posisi ergonomis

Data Antropometri untuk Perancangan Alat Bantu

Dalam perancangan alat bantu diperlukan data-data antropometri agar yang dirancang dapat benar-benar sesuai dengan ukuran tubuh pemakainya sebagai operator kerja yang disesuaikan pada sikap simulasi yang terpilih Sikap usulan 10, dan sesuai dengan prinsip-prinsip ergonomi yang diterapkan. Apabila alat Bantu yang direkomendasikan ini sesuai dengan posisi kerja operator yaitu pada sikap usulan terpilih, maka operator dapat bekerja lebih produktif dan dapat mengurangi cedera dalam bekerja.

Rekapitulasi Hasil Pengolahan Dimensi Anthopometri

Dari pengolahan data antropometri diatas dapat disimpulkan atau diringkas seperti pada tabel dibawah ini

Tabel 8. Pengolahan Data Anthopometri

Dimensi	Rata-rata Hitung (cm)	Simpangan Baku	Uji Keseragaman Data		Test Keseragaman Data
			BKA	BKB	
Tinggi siku posisi berdiri	109,60	2,164	113,928	105,272	Seragam
Jangkauan Samping	165,77	0,73	167,23	164,29	Seragam
Jangkauan Depan	74,85	0,557	75,964	73,736	Seragam

Ukuran antropometri alat bantu adalah :

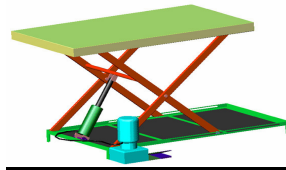
- a. Tinggi Alat Bantu: (dapat disesuaikan)
 - Tinggi siku pada posisi berdiri (P_{50}) = **109.60 cm**

Pada tinggi alat bantu dapat disesuaikan berdasarkan tinggi siku antropometri pekerja. karena alat bantu dapat disuaikan secara otomatis.
- b. Panjang Alat Bantu (Meja) :
 - Panjang jangkauan tangan kesamping (P_{50}) = 165.77 cm

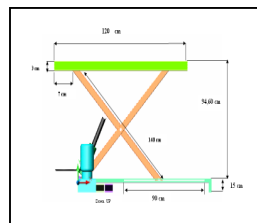
Untuk panjang meja disesuaikan dengan benda kerja (ukuran dapat berbeda). Panjang untuk dain alat bantu **120 cm**
- c. Lebar Alat Bantu (Meja) :.
 - Panjang jangkauan tangan ke depan (P_{50}) = 74.85 cm

Pada lebar alat bantu disesuaikan dengan benda kerja. Ukuran lebar alat bantu untuk dua lebar (pcs) yang berjajar seperti pada data (2 operator) awal adalah **80 cm**

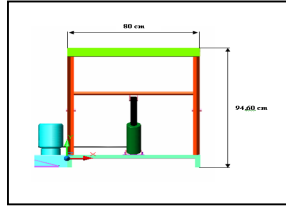
Desain Alat Bantu



Gambar 11. Meja Tampak Isometris



Gambar 12. Meja Tampak Samping



Gambar 13. Meja Tampak Depan

Dalam Pembuatan desain alat agar kokoh dan kuat, rangka terbuat dari besi. Untuk besi silang diperbesar kurang lebih ($T=10\text{cm}$, $L=4\text{cm}$, $\text{Tebal}=5\text{mm}$). Untuk kekuatan angkat untuk desain alat dipengaruhi oleh Hidrolis dan dinamo. Besar beban yang diangkat sekitar $\pm 120\text{ kg}$ untuk tumpukan pcs papan.

KESIMPULAN

Dari hasil simulasi (Manequin Pro V1.0 dan Ergomaster V 5.2) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Usulan yang terbaik yaitu usulan posisi ke-10, dengan hasil beban torque pada Back sebesar 96 Nm dan Skor Rula Yaitu 2.
2. Desain Alat Bantu adalah meja yang dapat diatur tingginya sesuai dengan sikap berdiri yang ergonomis:
 - a. Tinggi Pengangan Meja = 109,60cm
 - b. Panjang Meja = 120 cm
3. Perbandingan beban torsi , posisi awal sebesar 113 Nm dan posisi terpilih sebesar 96 Nm

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, 2002, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*, Edisi Revisi V, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Panero Julius, *Martin Zelnik, Dimensi Manusia & Ruang Interior*, Erlangga, Jakarta, 2003.
- Nasir Moch, 2003, *Metode Penelitian*, Ghalia Indonesia.
- Nurmianto Eko, (2004), *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Edisi Kedua, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Sujana, (1979), *Metode Statistika*, Edisi Keenam, Tarsito Bandung.
- Sutalaksana Iftikar, *Teknik Tata Cara Kerja*, Departemen Teknik Industri ITB,.
- Wignjosoebroto Sritomo, (2003), *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*, Edisi Pertama, PT. Guna Widya, Jakarta.
- Madyana A. M, (1996), *Analisa Perancangan Kerja dan Ergonomi*, Edisi Pertama, Universitas Atma Jaya.
- Santoso Gempur, (2004), *Ergonomi Manusia, Peralatan dan Lingkungan*, Cetakan Pertama, Penerbit Prestasi Pust