RELAYOUT FASILITAS PRODUKSI DENGAN *CELLULAR MANUFACTRING SYSTEM*

(Studi Kasus di PT ALIS JAYA CIPTATAMA,Ceper, Klaten)

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Teknik Industri

TUGAS AKHIR

Nama : **Diyah Ratna Wahyuningsih**
No. Mahasiswa : **08 522 137**

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2012

PENGAKUAN

Demi Allah, Saya akui karya ini adalah hasil karya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang ada dalam karya tulis dan hak intelektual, maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 30 Mei 2012

Diyah Ratna Wahyuningsih

NIM. 08 522 137

SURAT KETERANGAN

PT. Alis Jaya Ciptatama

Klepu - Ceper, Kotak Pos 166, Telepon : (0272) 551932, 552886, Fax. 551932 Klaten - Indonesia

SURAT KETERANGAN

No. 39 /MG.HRD-05/AJC/IV/2012

Yang bertandatangan di bawah ini Kepala Sub Departemen Personalia PT. Alis Jaya Ciptatama Klaten menerangkan dengan sesungguhnya bahwa mahasiswa berikut :

Nama	: **Diyah Ratna Wahyuningsih**
No. Mhs	: 08 522 137
Jurusan	: Teknik Industri
Fakultas	: Teknologi Industri
Perg. Tinggi	: Universitas Islam Indonesia

telah melakukan penelitian Tugas Akhir di PT. Alis Jaya Ciptatama Klaten sejak tanggal 6 Maret 2012 sampai dengan 10 April 2012 dengan topik :
"Relayout Fasilitas Produksi dengan Penerapan Cellular Manufacturing System di PT. Alis Jaya Ciptatama"

Demikian Surat Keterangan ini untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Klaten, 10 April 2012
PT. ALIS JAYA CIPTATAMA

B. Mulyatno, SH.
Kasubdept. Personalia

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

RELAYOUT FASILITAS PRODUKSI DENGAN *CELLULAR MANUFACTRING SYSTEM*

(Studi Kasus di PT Alis Jaya Ciptatama,Ceper, Klaten)

TUGAS AKHIR

oleh

Nama : Diyah Ratna Wahyuningsih

No. Mahasiswa : 08 522 137

Yogyakarta, Mei 2012

Pembimbing

H. Agus Mansur, ST, M.Eng.Sc

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

RELAYOUT FASILITAS PRODUKSI DENGAN *CELLULAR MANUFACTRING SYSTEM*

(Studi Kasus di PT ALIS JAYA CIPTATAMA,Ceper, Klaten)

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Diyah Ratna Wahyuningsih
No. Mahasiswa : 08 522 137

Telah dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Mei 2012

Tim Penguji

H. Agus Mansur, ST,M.Eng.Sc _____
Ketua

Drs. Imam Djati W, M.Eng.Sc _____
Anggota I

Sri Indrawati, ST., M.Eng _____
Anggota II

Mengetahui,
Ka.Prodi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA ★ YOGYAKARTA ★ FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Drs. Mohammad Ibnu Mastur, MSIE

7/6 2012.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Teruntuk,

Bapak & Ibu dan Keluargaku

Terima kasih atas segala doa, kasih sayang, kepercayaan dan dukungan yang telah diberikan selama ini

MOTTO

فَبِأَيِّ ءَالَآءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ ﴿١٣﴾

Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?

(QS.Ar Rahman : 13)

يَـٰٓأَيُّهَا ٱلَّذِينَ ءَامَنُواْ ٱسْتَعِينُواْ بِٱلصَّبْرِ وَٱلصَّلَوٰةِۚ إِنَّ ٱللَّهَ مَعَ ٱلصَّـٰبِرِينَ ﴿١٥٣﴾

Hai orang-orang yang beriman, Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu,

Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.

(QS. Surat Al Baqarah : 153)

﴿٨﴾ فَٱرْغَب رَبِّكَ وَإِلَىٰ ﴿٧﴾ فَٱنصَبْ فَرَغْتَ فَإِذَا ﴿٦﴾ يُسْرًا ٱلْعُسْرِ مَعَ إِن

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.

(QS. surat Al Insyiraah : 6-8)

KATA PENGANTAR

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah, Maha Suci Allah penguasa alam semesta. Tidak lupa shalawat serta salam kepada junjungan kita nabi Muhammad SAW.

Sesungguhnya atas petunjuk, pertolongan dan bimbingan-Nya maka Tugas Akhir dengan judul *"Relayout* Fasilitas Produksi dengan *Cellular Manufacturing System"* ini dapat terselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang studi Strata 1 Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Keberhasilan terselesaikannya Tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Ir. Gumbolo Hadi Susanto, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak M. Ibnu Mastur, MSIE selaku Ketua Prodi Teknik Industri, Dosen beserta staf Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak H.Agus Mansur, ST, M.Eng.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan memberikan waktu, arahan, bimbingan dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
4. Ayah, Ibu dan keluarga yang selalu memberikan perhatian, do'a dan dorongan.

5. Kepala dan staf karyawan PT Alis Jaya Ciptatama, yang berkenan menerima dalam penelitian. Bapak Aris, Bu Erni, bapak Mulyatno, dan bapak Maryono, terimakasih atas nasihat dan bimbingan selama penelitian.
6. Bapak Joko Sulistio selaku Ka.Lab DELSIM dan segenap rekan di Lab.DELSIM, terima kasih atas dukungan dan kerjasamanya.
7. Pihak–pihak lain yang tidak mungkin penulis sebutkan satu per satu, terima kasih atas perhatian dan dukungannya.

Semoga Allah membalas berlipat ganda atas segala amalnya. Harapan penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, Mei 2012

Penulis

ABSTRAKSI

Tata letak fasilitas produksi merupakan salah satu bagian penting dalam sistem produksi. Hal ini menyangkut masalah basic shop floor dan berkaitan langsung dengan produk yang dibuat. Ada berbagai jenis tata letak produksi, salah satunya adalah Group Technology (GT). Tata letak ini memiliki dasar penyusunan berupa family produk atau kesamaan aliran proses pada komponen atau part yang dibuat. Cellular Manufacturing System merupakan salah satu penerapan GT layout. Permasalahan yang diambil pada PT Alis Jaya Ciptatama merupakan salah satu contoh kasus dimana sebuah perusahaan melakukan proses produksi yang bersifat make to order dengan variasi produk yang banyak. Sebagai penyelesaian permasalahan tingginya biaya material handling, dilakukan penerapan layout baru berdasarkan Cellular Manufacturing System. Pembentukan Cell manufactur dilakukan dengan 3 metode yaitu, metode Rank Order Clustering, Rank Order Clustering II,dan Direct Clustering Algorithm.Sebagai alat analisis dilakukan simulasi dengan software Promodel 7.0. Hasil penelitian yang didapatkan pembentukan cell manufactur ini dapat mengurangi biaya perpindahan material mencapai 30%. Sementara untuk pemilihan usulan tata letak produksi tidak hanya dilihat dari aspek pengurangan biaya perpindahan material, tetapi juga memperhatikan biaya investasi dari penerapan layout baru.

Kata kunci : Group Technology, Cellular Manufacturing System, Biaya material handling

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
SURAT PENGAKUAN ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
MOTTO vi
KATA PENGANTAR vii
ABSTRAKSI ix
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.6 Sistematika Penulisan 5
BAB II KAJIAN LITERATUR 7
2.1 Pendahuluan 7
2.2 Kajian Induktif 8
2.3 Kajian Pustaka 8
2.3.1 Konsep Dasar Tata Letak Pabrik 8
2.3.2 Biaya Material Handling 9
2.3.4 Group Technology 15
2.3.5 Cellular Manufacturing System 17
2.3.6 Pembentukan Cell Manufacturing 18
2.3.7 Pengukuran Performansi 20
2.3.8 Pemodelan Sistem 21
2.2.8.1. Pendekatan Sistem 21
2.2.8.2. Model 22
2.2.8.3. Simulasi 23
2.2.8.4. Keuntungan Simulasi 23
2.2.8.5. Bagian-Bagian Model Simulasi 24

2.2.8.7. Perangkat Lunak Promodel 30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 39
3.1. Penentuan Objek Penelitian 39
3.2. Model 39
3.3. Cara Pengumpulan data 43
3.4. Kerangka Penelitian 44
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 45
4.1. Tinjauan Singkat Perusahaan 46
4.2. Pengumpulan Data 47
4.2.1. Sistem Produksi Perusahaan 47
4.2.3. Data Struktur Produk 54
4.2.4. Data Part dan Aliran Proses 57
4.2.5. Lead Time Produksi 59
4.2.6. Jadwal Kerja Perusahaan 59
4.2.7. Peralatan Material Handling 59
4.2.8. Data Waktu Proses di Setiap Mesin 59
4.2.9. Data Alokasi Biaya Material Handling 67
4.3. Pengolahan Data 68
4.3.1. Penentuan jarak Antar Stasiun Kerja Layout Awal 68
4.3.2. Pembuatan Layout Usulan 73
4.3.2.1. Metode Rank Order Clustering 73
4.3.2.2. Rank Order Clustering II 79
4.3.2.3. Metode *Direct Clustering Algorithm* 83
4.4. Simulasi Sistem 86
4.4.1. Formulasi Sistem 86
4.4.2. Pengumpulan Data Simulasi 86
4.4.3. Validasi Data Input 88
4.4.3.1. Uji Keseragaman Data 88
4.4.3.2. Uji Kecukupan Data Waktu Proses 90
4.4.4. Pengolahan Data Waktu dengan *StatFit* 92
4.4.5. Jalankan Program (*Initial Layout*) 94
4.4.6. Output simulasi model awal 96
4.4.7. Validasi output simulasi model awal 97
4.4.8. Mendesain Model Eksperimen 103

4.4.9. Menjalankan Model Eksperimen 105
4.5. Perhitungan Biaya Material handling 108
4.3.3.1. Biaya Material Handling Layout Awal 117
4.3.3.2. Biaya Material Handling Layout Rank Order Clustering 119
4.3.3.3. Biaya *Material Handling Layout Rank Order Clustering II* 122
4.3.3.4. Biaya Material Handling Layout Direct Clustering Algorithm 125
4.6. Analisis Investasi 127
4.6.1. Biaya Investasi *Layout* Usulan 1 Mill 1 128
4.6.2. Biaya Investasi *Layout* Usulan 2 Mill 1 128
4.6.3. Biaya Investasi *Layout* Usulan 3 Mill 1 129
4.6.4. Biaya Investasi *Layout* Usulan 1 Mill 2 129
4.6.5. Biaya Investasi *Layout* Usulan 2 Mill 2 130
4.6.6. Biaya Investasi *Layout* Usulan 3 Mill 2 130
BAB V PEMBAHASAN 131
5.1. Analisa Tata Letak Awal 131
5.1.1. Departemen Mill 1 131
5.1.2. Departemen Mill 2 132
5.2. Analisa Tata Letak Usulan 1 133
5.2.1. Departemen Mill 1 133
5.2.2. Departemen Mill 2 133
5.3. Analisa Tata Letak Usulan 2 134
5.4. Analisa Tata Letak Usulan 3 135
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 140
DAFTAR PUSTAKA 141
LAMPIRAN 171

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Mesin – mesin di Mill 1 49
Tabel 4.2 Mesin – mesin di Mill 2 50
Tabel 4.3 Tabel Koordinat Awal Mesin Mill 1 (meter) 52
Tabel 4.4 Tabel Koordinat Awal Mesin Mill 2 (meter) 53
Tabel 4.5 *Bill of Material* S-1024 55
Tabel 4.6 *Bill of Material* S-5201 55
Tabel 4.7 *Bill of Material* PD#630-4003/4004 56
Tabel 4.8 *Bill of Material* PD#630-1803/1804 56
Tabel 4.9 *Bill of Material* WE 08 03 56
Tabel 4.10 *Bill of Material* BJ 10 01 56
Tabel 4.11 *Bill of Material* BJ 10 06 57
Tabel 4.12 Daftar part dan urutan proses mill 1 58
Tabel 4.13 Waktu proses part WE di mesin Radial 59
Tabel 4.14 Waktu proses part WE di mesin Circle 60
Tabel 4.15 Waktu proses part WE di mesin Planner 60
Tabel 4.16 Waktu proses part WE di mesin Thicknesser 60
Tabel 4.17 Waktu proses part S di mesin Radial 61
Tabel 4.18 Waktu proses part S di mesin Dimension 61
Tabel 4.19 Waktu proses part S di mesin Planner 61
Tabel 4.20 Waktu proses part S di mesin Circle 62
Tabel 4.21 Waktu proses part BJ di mesin Radial 62
Tabel 4.22 Waktu proses part BJ di mesin Circle 62
Tabel 4.23 Waktu proses part BJ di mesin Planner 63
Tabel 4.24 Waktu proses part BJ di mesin Thicknesser 63
Tabel 4.25 Waktu proses part BJ di mesin Router 63
Tabel 4.26 Waktu proses di mesin Router 64
Tabel 4.27 Waktu proses di mesin Spindle 64
Tabel 4.28 Waktu proses di mesin Dimension 64
Tabel 4.29 Waktu proses di mesin Band Saw 65
Tabel 4.30 Waktu proses di mesin Mortizer 65
Tabel 4.31 Waktu proses di mesin Thinozer 65
Tabel 4.32 Waktu proses di mesin Horisontal Bor 66

Tabel 4.33 Waktu proses di mesin Vertikal Bor 66
Tabel 4.34 Waktu proses di mesin Radial 66
Tabel 4.35 Waktu proses di mesin Sanding Master 67
Tabel 4.36 Koordinat awal mesin di Mill 1 69
Tabel 4.37 Koordinat awal mesin di Mill 2 69
Tabel 4.38 Jarak antar mesin departemen Mill 1 72
Tabel 4.39 Incidence Matrik 73
Tabel 4.40 *Rearranged rows* matriks 74
Tabel 4.41 *Rearranged Final Matrik* Mill1 76
Tabel 4.42 Penyusunan baris 79
Tabel 4.43 Penyusunan kolom 79
Tabel 4.44 *Final rearranged matrix* 80
Tabel 4.45 Matrik DCA 83
Tabel 4.46 Final rearranged matrix dengan DCA 84
Tabel 4.47 Data dan Informasi untuk model Mill 1 87
Tabel 4.48 Data dan Informasi untuk model Mill 2 88
Tabel 4.49 Uji keseragaman data waktu proses Mill 1 90
Tabel 4.50 Uji keseragaman data waktu proses Mill 2 90
Tabel 4.51 Uji kecukupan data waktu proses Mill 1 91
Tabel 4.52 Uji kecukupan data waktu proses Mill 2 92
Tabel 4.53 Output simulasi 96
Tabel 4.54 Data Historis Mill 1 97
Tabel 4.55 Data Simulasi dan Data Historis 98
Tabel 4.56 Data Simulasi dan Data Historis 99
Tabel 4.57 Data Historis Mill 2 100
Tabel 4.58 Data Simulasi dan Data Historis 101
Tabel 4.59 Data Simulasi dan Data Historis 102
Tabel 4.60Urutan proses part di Mill 1 110
Tabel 4.61Urutan proses di Mill 2 112
Tabel 4.62 frekuensi perpindahan di Mill 1 115
Tabel 4.63 frekuensi perpindahan di Mill 2 115
Tabel 4.64 biaya material handling layout awal di Mill 1 117
Tabel 4.65 Biaya material handling layout awal di Mill 2 118
Tabel 4.66 Biaya material handling layout usulan 1 Mill 1 120

Tabel 4.67 Biaya *material handling layout* usulan 1 Mill 2 120
Tabel 4.68Biaya material handling layout usulan 2 Mill 1 122
Tabel 4.69 Biaya *material handling layout* usulan 2 Mill 2 123
Tabel 4.70 Biaya *material handling layout* usulan 3 Mill 1 125
Tabel 4.71 Biaya *material handling layout* usulan 3 Mill 2 125
Tabel 4.72 Investasi *Layout* usulan 1 Mill 1 128
Tabel 4.73Investasi *Layout* usulan 2 Mill 1 128
Tabel 4.74 Investasi *Layout* usulan 3 Mill 1 129
Tabel 4.75 Investasi *Layout* usulan 1 Mill 2 129
Tabel 4.76 Investasi Layot usulan 2 Mill 2 130
Tabel 4.77 Investasi Layout usulan 3 Mill 2 130

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Product Layout* 11
Gambar 2.2 *Process Layout* 12
Gambar 2.3 *Group Technology* 13
Gambar 2.4 *Fixed Layout* 15
Gambar 2.5. *Group Technology Flow Line Layout* 16
Gambar 2.6. *Group Technology Group Technology Cell Layout* 16
Gambar 2.7. *Group Technology Center Layout* 16
Gambar 2.8 Bangun model, verifikasi, dan validasi 26
Gambar 3.1. Diagram alir kerangka penelitian 44
Gambar 3.2. Diagram alir Simulasi 45
Gambar 4.1 Departemen Produksi 48
Gambar 4.2 Layout awal departemen Mill 1 52
Gambar 4.3 Layout awal departemen Mill 2 51
Gambar 4.5 Grafik keseragaman data waktu proses part pada mesin Router 89
Gambar 4.5 Data Waktu Proses pada *Stat Fit* 93
Gambar 4.6 Distribusi data pada *Stat Fit* 93
Gambar 4.7 *Export Fit* Pada Stat Fit 94
Gambar 4.8 Grafik Distribusi Normal L(0.315, 7.91e-003) 94
Gambar 4.9 *Initial Model* Awal Mill 1 95
Gambar 4.10 *Initial Model* Awal Mill 2 95
Gambar 4.11 Daerah Penerimaan 98
Gambar 4.12 Daerah penerimaan 99
Gambar 4.13 Daerah Penerimaan 101
Gambar 4.14 Daerah penerimaan 102
Gambar 4.15Layout *run mode* alternatif 1 Mill 1 105
Gambar 4.16Layout *run mode* alternatif 2 Mill 1 106
Gambar 4.17 Layout *run mode* alternatif 3 Mill 1 106
Gambar 4.18 Layout run mode alternatif 1 Mill 2 107
Gambar 4.19 Layout *run mode* alternatif 2 Mill 2 107
Gambar 4.20 Layout *run mode* alternatif 3 Mill 2 108

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini ikut mendorong perkembangan dalam dunia industri, hal ini juga mengakibatkan persaingan dalam bidang industri semakin ketat. Permasalahan yang muncul juga semakin kompleks. Dikarenakan sistem industri yang berkembang semakin kompleks, pemilik industri saat ini harus melihat permasalahan yang dihadapi dengan pandangan luas dan tidak hanya mempertimbangkan salah satu aspek saja. Sebagai contoh dalam pendirian sebuah industri tidak hanya menyangkut berapa besar investasi yang ditanam, sistem dan prosedur produksi, pemasaran hasil produksi, tetapi juga menyangkut dalam hal perencanaan fasilitas. Perencanaan fasilitas ini juga termasuk dalam penentuan lokasi dan tata letak fasilitas. (Purnomo, 2004)

Begitu juga dengan PT Alis Jaya Ciptatama, mulai berdiri dari tahun 1985, permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan semakin kompleks. PT Alis Jaya Ciptatama melakukan produksi secara *make to order* karena disesuaikan dengan pesanan konsumen. Semakin tahun terjadi perubahan dengan kapasitas produksi dan produk yang diproduksi juga semakin banyak. Dengan perubahan yang terjadi maka perusahaan merasa perlu diadakan evaluasi kembali salah satunya berkaitan dengan masalah tata letak fasilitas produksi. Hal ini juga disebabkan karena dalam beberapa tahun ini pabrik menerima limpahan mesin dari cabang pabrik yang lain dan hanya diletakkan begitu saja di area produksi. Pertambahan mesin ini seharusnya dapat mendukung produksi yang berlangsung, asalnya didukung dengan penataan yang sesuai.

Produksi merupakan kegiatan mengubah bahan baku menjadi barang atau produk jadi. Untuk mengubah bahan baku menjadi produk jadi diperlukan aktivitas perpindahan setidaknya tiga dari elemen dasar sistem produksi, yaitu bahan baku, pekerja, dan peralatan atau mesin, dalam hal ini perpindahan bahan baku paling sering terjadi. Sehingga diperlukan sebuah teknik dalam pengaturan tata letak pabrik. Tujuan dari pengaturan tata letak pabrik adalah untuk mengurangi proses pemindahan bahan.

Sehingga dengan pengaturan tata letak yang tepat jarak perpindahan dapat diminimalkan. (Wignjosoebroto, 2009)

Pengaturan tata letak fasilitas yang tidak tepat akan menyebabkan jarak antar fasilitas produksi terlalu jauh, sehingga jarak perpindahan material semakin jauh. Hal ini akan menyebabkan biaya material handling semakin mahal.(Adriantantri, 2008). Biaya *material handling* memiliki hubungan yang erat dengan tata letak fasilitas dan merupakan salah satu biaya yang membebani produk. (Mulyana, 2004)

Menurut Tompkins dan White (1984) biaya *material handling* terhitung dalam 20% - 50% dari total biaya produksi(Heragu, 1997). Dengan perencanaan fasilitas yang efektif dapat mengurangi biaya sekitar 10% sampai dengan 30%.(Purnomo, 2004)

Biaya *material handling* merupakan variabel yang cukup penting diperhatikan karena biaya *material handling* yang dilakukan terus menerus akan menjadikan biaya yang besar. Padahal pada dasarnya kegiatan material handling bukan merupakan kegiatan yang produktif, karena tidak memberikan *value added* pada produk. Biaya *material handling* perlu diperhatikan dalam menyususn tata letak karena ongkos *material handling* proporsional terhadap jarak perpindahan. (Susetyo, Simanjuntak, & Ramos, 2010)

Ada beberapa penelitian mengenai *cellular manufacturing system* antara lain yang dilakukan oleh (Mubarak, Canel, & M.Khumawala, 2003) melakukan penelitian mengenai alternatif untuk proses dengan pengelompokan material. Penelitian yang dilakukan oleh Hachicha,dkk.(2007) simulasi digunakan sebagai alat analisis untuk mengatasi permasahan *exceptional elements* pada *cellular manufactur*. Sementara itu, penelitian berkaitan mengenai biaya *material handling* pernah dilakukan sebelumnya antara lain yang dilakukan oleh Joko Susetyo,dkk. (2010) mengenai perancangan ulang tata letak fasilitas yang dilakukan dengan pendekatan *group technology*. Penyusunan mesin dilakukan dengan ROC (*Rank Order Clustering*) sementara untuk perhitungan jarak dan ongkos *material handling* dengan menggunakan *Algoritma Blocplan*. Much.Djunaidi,dkk.(2006) melakukan *relayout* dengan tiga metode yaitu *Bond Energy Algorithm* (BEA), *Rank Order Clustering*(ROC) dan *Rank Order Clustering 2* (ROC2). Sh. Ariafar,dkk.(2011) melakukan penelitian untuk meminimalisasi biaya *material handling* dengan model matematis dengan bantuan *software LINGO* pada *CMS (Cellular manufacturing system)*.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, hanya dilakukan penelitian pada sistem yang menghasilkan satu atau dua jenis produk saja dan belum ada penyelesaian masalah dengan pendekatan simulasi dengan variasi produk yang cukup banyak dalam penyelesaian permasalahan biaya perpindahan material. Oleh karena itu berdasarkan permasalahan yang dihadapi PT Alis Jaya Ciptatama ini dilakukan penelitian mengenai pengaturan tata letak fasilitas produksi dengan variasi produk yang banyak dan bersifat *make to order*. Hal ini akan sangat berpengaruh terhadap tata letak *layout* produksi dan hal ini belum menjadi perhatian pada penelitian-penelitian sebelumnya.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah konsep pendekatan simulasi dalam penyelesaian permasalahan biaya perpindahan material (*material handling*) dalam sistem yang memiliki variasi produk cukup banyak dan bersifat *make to order.*

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan tingginya biaya perpindahan material di perusahaan *furniture* PT Alis Jaya Ciptatama dimana banyaknya variasi produk yang bersifat *make to order* semakin menambah kompleksitas permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan. Sehingga dalam kajian ini timbul permasalahan-permasalahan yang perlu diselesaikan, sebagai berikut :

1. Bagaimana alternatif solusi layout yang didapatkan dengan *cellular manufacturing system*?
2. Berapakah biaya *material handling* untuk setiap alternatif layout?
3. Rancangan layout manakah yang dipilih dengan mempertimbangkan pengurangan biaya *material handling* dan jumlah investasi?

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan menjadi lebih terfokus, maka perlu adanya batasan-batasan masalah antara lain :

1. Objek penelitian di PT Alis Jaya Ciptatama
2. Penelitian dilakukan pada departemen Mill 1 dan Mill 2 dengan memfokuskan pada masalah tata letak fasilitas produksi ditinjau dari ongkos perpindahan material.
3. Seluruh asumsi, data maupun pembahasan sesuai model matematis yang diajukan.
4. Kebutuhan luas area dianggap tetap.
5. Jumlah mesin yang digunakan dianggap tetap.
6. Mesin yang akan diatur layoutnya adalah mesin yang digunakan dalam pembuatan produk yang diteliti saja.
7. Kecepatan perpindahan material dianggap konstan.
8. Alat simulasi komputer yang digunakan adalah ProModel® 7.0
9. Simulasi digunakan sebagai alat bantu visualisasi penerapan layout dan validasi model.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan alternatif solusi layout untuk permasalahan di perusahaan tersebut.
2. Mengetahui biaya investasi untuk penerapan layout baru.
3. Menentukan layout dengan biaya perpindahan material terkecil dengan mempertimbangkan biaya invetasinya.

1.5.Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Memberikan alternatif *layout* fasilitas pabrik yang optimal.
2. Dengan adanya penentuan tata letak yang optimal maka meminimalkan biaya *material handling*.

1.6. Sistematika Penulisan

Pada tugas akhir ini akan disusun sistematika penulisan seperti berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan menguraikan secara singkat mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah yang dihadapi, batasan masalah yang ditemui, tujuan penelitian, manfaat penelitian, hipotesis jika ada, objek peneltian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian, dasar–dasar teori untuk mendukung kajian yang akan dilakukan. Disamping itu juga memuat uraian tentang hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang kerangka dan bagan aliran penelitian, teknik yang dilakukan, analisis model, program komputer yang dibangun, bahan atau materi penelitian yang digunakan, alat, tata cara penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai dan sesuai dengan bagan alir yang telah dibuat.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menguraikan tentang cara pengumpulan data dan bagaimana pengolahan datanya, analisis dan hasilnya termasuk gambar dan grafik-grafik yang diperolehnya. Pada bab ini merupakan acuan untuk pembahasan hasil yang akan ditulis pada bab V yaitu tentang pembahasan.

BAB V PEMBAHASAN

Bab ini melakukan pembahasan hasil yang diperoleh selama penelitian dan kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga dapat menghasilkan rekomendasi.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan terhadap analisis yang dibuat dan serta saran atas hasil yang telah dicapai yang ditemukan selama penelitian, sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk kepada para peneliti selanjutnya, yang ingin melanjutkan dan mengembangkan penelitian yang telah dilakukan ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pendahuluan

Salah satu tujuan utama dari sebuah perusahaan adalah untuk mengasilkan laba. Untuk perusahaan manufaktur laba didapatkan dari hasil penjualan dari produk. Tetapi, pada kenyataannya tidaklah mudah untuk menghasilkan laba begitu saja. Banyak sekali biaya-biaya yang membebani produk, antara lain biaya bahan baku, biaya produksi yang termasuk didalamnya biaya perpindahan material. Biaya perpindahan material ini erat hubungannya dengan fasilitas produksi

Pekerjaan merancang fasilitas biasanya diawali dengan melakukan analisis tentang produk yang dibuat dan perhitungan mengenai aliran barang atau kegiatan secara menyeluruh. Aliran barang merupakan hal yang penting untuk diperhatikan dalam penyusunan fasilitas produksi. Susunan fasilitas yang baik akan menghasilkan sistem produksi yang efisien. Sistem produksi yang efisien akan meminimumkan biaya produksi sehingga dapat meningkatkan keuntungan perusahaan.

PT Alis Jaya Ciptatama merupakan perusahaan *furniture* yang berskala internasional yang melakukan produksi dengan variasi produk yang tinggi. *Layout* fasilitas produksi di pabrik ini berupa proses *layout*, namun karena adanya penambahan mesin dari cabang pabrik lain yang saat ini tidak beroperasi lagi, maka ada beberapa mesin yang tidak beroperasi optimal.

Diharapkan dengan penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu pertimbangan dalam evaluasi *layout* fasilitas produksi di pabrik tersebut. Bantuan *software* simulasi dalam penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan visualisasi proses produksi yang ada dan sebagai *tools* dalam analisa *layout* usulan.

2.2 Kajian Induktif

Ada beberapa penelitian mengenai *cellular manufacturing system* antara lain yang dilakukan oleh (Mubarak, Canel, & M.Khumawala, 2003) melakukan penelitian mengenai alternatif untuk proses dengan pengelompokan material, dalam penelitian ini dibandingkan *layout Job shop* dan *Cellular Manufactur*. Hasilnya layout dengan *Cellular Manufactur* dapat mengurangi waktu *delay* dalam proses.Dalam penelitian yang dilakukan oleh Hachicha,dkk.(2007) simulasi digunakan sebagai alat analisis untuk mengatasi permasahan *exceptional elements* yang ada dalam formasi sel manufaktur yang terbentuk. Hasil dari penelitian ini didapatkan dua alternatif solusi yang pertama dengan mengizinkan transfer antar sel dan alternatif kedua adalah melakukan duplikasi mesin.

Sementara itu, penelitian berkaitan mengenai biaya material handling berkaitan dengan penerapan CMS pernah dilakukan sebelumnya antara lain yang dilakukan oleh Joko Susetyo,dkk. (2010) mengenai perancangan ulang tata letak fasilitas yang dilakukan dengan pendekatan *group technology*. Penyusunan mesin dilakukan dengan ROC (*Rank Order Clustering*) sementara untuk perhitungan jarak dan ongkos material handling dengan menggunakan *Algoritma Blocplan*. Much.Djunaidi,dkk.(2006) melakukan relayout dengan tiga metode yaitu *Bond Energy Algorithm* (BEA), *Rank Order Clustering*(ROC) dan *Rank Order Clustering II* (ROC2) dengan hasil minimalisasi biaya material handling yang terbesar diperoleh dengan metode BEA. Sh. Ariafar,dkk.(2011) melakukan penelitian untuk meminimalisasi biaya *material handling* dengan model matematis dengan bantuan *software LINGO* pada CMS (*Cellular manufacturing system*).

2.3 Kajian Pustaka

2.3.1 Konsep Dasar Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik yaitu suatu tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas pabrik guna menunjang kelancaran dari segala proses industri (Wignjosoebroto, 2009). Dapat juga diartikan sebagai susunan dari mesin – mesin dan peralatan produksi di dalam suatu pabrik.

Tujuan utama didalam desain tata letak pabrik pada dasarnya adalah untuk meminimalkan total biaya yang antara lain menyangkut elemen-elemen biaya sebagai berikut(Wignjosoebroto, 2009) :

1. Biaya untuk konstruksi dan instalasi baik untuk bangunan mesin, maupun fasilitas produksi lainnya.
2. Biaya pemindahan bahan (*material handling cost*)
3. Biaya produksi, *maintenance, safety*, dan biaya penyimpanan produk setengah jadi.

Tujuan dari perencanaan dan pengaturan tata letak fasilitas adalah :

1. Menaikkan output produksi.
2. Mengurangi waktu tunggu atau *delay.*
3. Mengurangi proses pemindahan bahan.
4. Penghematan penggunaan areal produksi, gudang dan servis.
5. Menigkatkan daya guna mesin, tenaga kerja, maupun fasilitas produksi lainnya.
6. Mengurangi *inventory in-process*.
7. Proses manufaktur yang lebih singkat.
8. Mengurangi resiko bagi kesehatan dan keselamatan kerja dari operator.
9. Memperbaiki moral dan kepuasan kerja.
10. Mempermudah aktivitas *supervise*.
11. Mengurangi *bottleneck.*
12. Mengurangi faktor yang bisa merugikan dan mempengaruhi kualitas bahan baku maupun produk jadi.

2.3.2 Biaya Material Handling

Penentuan ongkos *material handling* dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan tata letak fasilitas. Tata letak fasilitas yang baik merupakan tata letak dengan biaya material handling kecil, meskipun ini bukan satu-satunya indikator untuk menentukan baik tidaknya sebuah tata letak fasilitas.

Secara umum biaya yang termasuk kedalam perancangan dan operasi sistem penanganan material adalah sebagai berikut (Purnomo, 2004) :

1) Biaya Investasi

   Yang termasuk dalam biaya ini adalah harga pembelian peralatan, harga komponen alat bantu dan biaya instalasi.

2) Biaya Operasi
   a. Biaya perawatan
   b. Biaya bahan bakar
   c. Biaya tenaga kerja yang terdiri dari upah dan jaminan kecelakaan
3) Biaya pembelian muatan, yang digolongkan dalam pembelian *pallets* dan *container*.
4) Biaya yang menyangkut masalah pengepakan dan kerusakan material.

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi biaya *material handling*, antara lain (Purnomo, 2004):

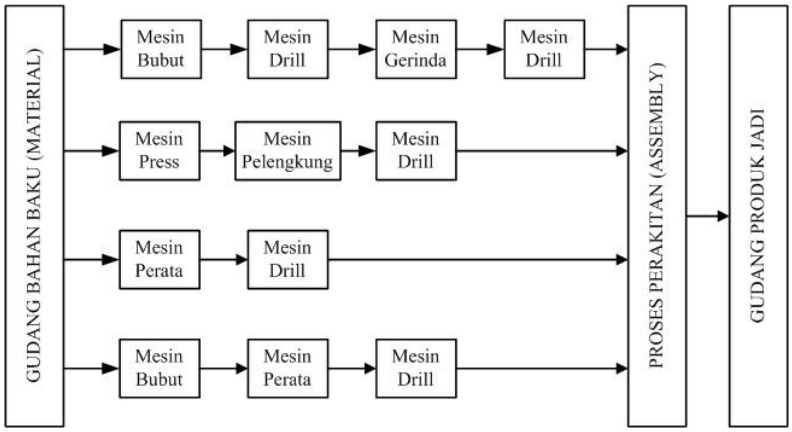
1) Mengurangi waktu menganggur peralatan.
2) Pemakaian maksimum peralatan untuk mendapatkan satuan muatan yang tinggi.
3) Meminimumkan perpindahan penanganan material dan mengurangi biaya operasi.
4) Mengatur departemen-departemen sedekat mungkin agar perpindahan material menjadi pendek.
5) Mencegah perbaikan yang besar dengan melakukan perencanaan aktivitas perawatan yang lebih baik.
6) Harus menggunakan peralatan yang tepat untuk mengurangi kerusakan material dan menggnakan muatan satuan yang sesuai.
7) Sedapat mungkin menggunakan prinsip gravitasi, yang dapat mengurangi biaya operasi.
8) Menghindarkan pekerjaan-pekerjaan yang tidak aman bagi tenaga kerja seperti mengangkat beban yang terlalu berat.
9) Mengurangi keanekaragaman jenis peralatan untuk mengurangi kebutuhan investasi dan keanekaragaman komponen/*spare part*.
10) Mengganti peralatan yang sudah usang dengan yang baru agar lebih efisien.

2.3.3 Macam – Macam Tata Letak Pabrik

Beberapa macam *layout* fasilitas (mesin/peralatan), antara lain sebagai berikut(Singh & Rajamani, 1996):

a. *Product layout*

Adalah metode pengaturan dan penempatan semua fasilitas produksi yang diperlukan kedalam suatu departemen tertentu. Dalam layout ini mesin-mesin atau alat bantu disusun menurut urutan proses dari suatu produk. Produk-produk bergerak secara terus menerus dalam suatu garis perakaitan. Layout ini digunakan apabila volume produksi cukup tinggi dan variasi produk yang tidak banyak dan sesuai untuk produksi yang kontinyu.



Gambar 2.1 *Product Layout* (Wignjosoebroto, 2009)

Keuntungan – keuntungan dari *product layout* antara lain sebagai berikut :

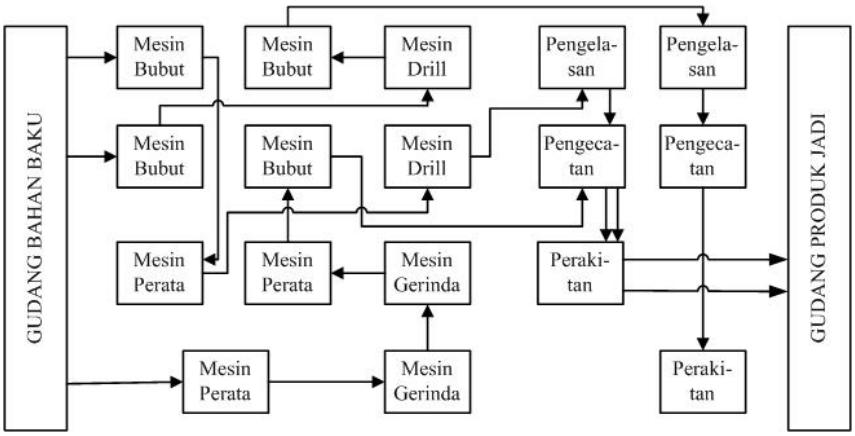
1. Aliran pemindahan material berlangsung lancar, sederhana, logis, dan biaya material handling disini rendah, karena disini aktivitas pemindahan bahan menurut jarak diperpendek.
2. Total waktu produksi lebih singkat.
3. Jarang adanya WIP (*work in process)* karena lintasan produksi sudah diseimbangkan.
4. Luas area untuk setiap stasiun kerja minimal.
5. Pengendalian proses produksi mudal dilakukan.

Meskipun banyak keuntungan yang didapatkan, ada beberapa kerugian dari *product layout* ini, yaitu :

1. Kerusakan atau *break down* pada salah satu mesin akan mengakibatkan seluruh aliran produksi terhambat.
2. Tidak adanya fleksibilitas untuk membuat produk yang berbeda.
3. Stasiun kerja yang paling lambat akan menjadi hambatan bagi aliran produksi.
4. Adanya investasi yang besar untuk pengadaan mesin baik dari segi jumlah, maupun akibat spesialisasi fungsi yang harus dimilikinya.

b. Process layout

Adalah metode pengaturan semua fasilitas produksi yang mempunyai sifat yang sama dikelompokkan ke dalam suatu departemen yang sama. Dengan kata lain material (bahan baku) dipindah menuju departemen-departemen sesuai dengan urutan proses yang dilakukan. *Layout* ini biasanya digunakan untuk variasi produk yang tinggi.



Gambar 2.2 *Process Layout*(Wignjosoebroto, 2009)

Keuntungan dari layout menurut aliran proses ini adalah :

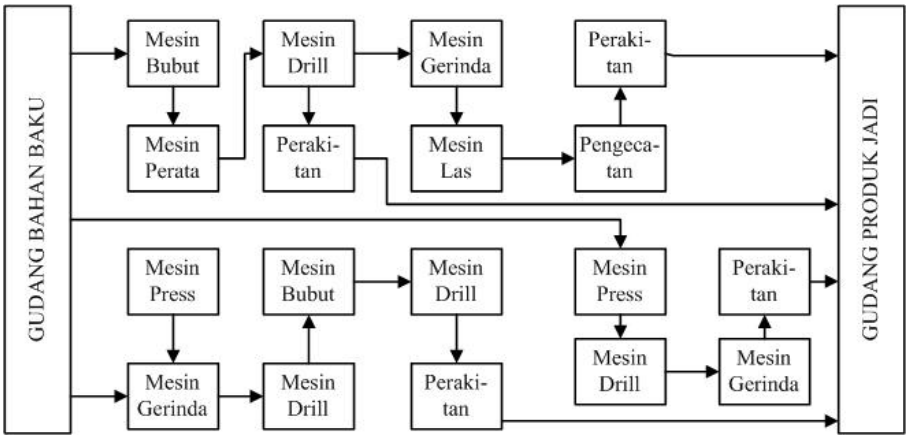
1. Biaya investasi untuk pembelian mesin/peralatan rendah karena dalam layout ini dipergunakan mesin umum (*general purpose).*
2. Fleksibilitas tenaga kerja dan fasilitas produksi tinggi dan sanggup mengerjakan variasi produk.
3. Pengendalian dan pengawasan akan lebih mudah dan baik terutama untuk pekerjaan yang sukar dan membutuhkan ketelitian tinggi.
4. Kerusakan atau *breakdown* pada mesin mudah untuk diatasi dengan memindahkan ke mesin yang lain dan tidak akan menghambat keseluruhan proses produksi.

Selain memberikan keuntungan pada *product layout* juga terdapat beberapa kekurangan, antara lain :

1. Karena pengaturan mesin berdasarkan macam proses, maka mengakibatkan tingginya aktivitas pemindahan material.
2. Adanya kesulitan dalam hal menyeimbangkan kerja dari setiap fasilitas produksi yang ada akan memerlukan penambahan *space area* untuk *work in process*.
3. Jenis *general purpose* mesin dan produk yang variatif menyebabkan proses dan pengendalian produksi menjadi kompleks.
4. Diperlukan *skill* operator yang tinggi untuk menangani berbagai macam aktivitas produksi yang memiliki variasi besar.

c. Product family / Group Technology layout

Tipe tata letak ini biasanya komponen yang tidak sama dikelompokkan ke dalam satu kelompok berdasarkan kesamaan bentuk komponen, mesin atau peralatan yang dipakai. Pengelompokan bukan didasarkan pada kesamaan penggunaan akhir. Mesin-mesin dikelompokkan dalam suatu kelompok dan ditempatkan dalam sebuah *"manufacturing cell"*.



Gambar 2.3 *Group Technology Layout*(Wignjosoebroto, 2009)

Beberapa keuntungan yang didapat dengan penerapan *layout* jenis ini adalah :

1. Dengan adanya pengelompokan produk sesuai dengan proses pembuatannya, maka akan memaksimalkan penggunaan mesin.

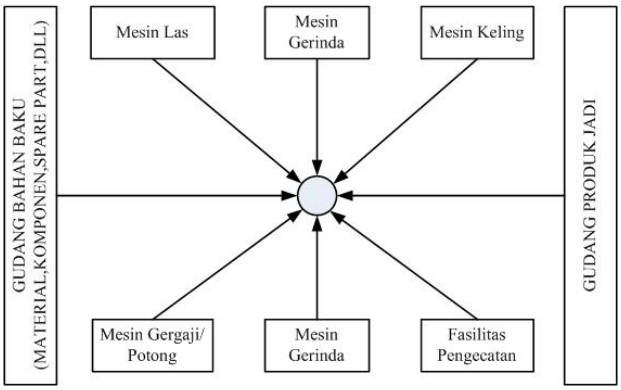
2. Lintasan aliran kerja lebih lancar dan jarak perpindahan material diharapkan lebih pendek dibandingkan tata letak berdasarkan fungsi atau *process layout.*
3. Dapat dibentuk kelompok – kelompok kerja (keahlian).
4. Pada dasarnya layout ini merupakan gabungan dari *product layout* dan *process layout* sehingga keuntungan-keuntungan dari kedua jenis layout tersebut bisa didapatkan.
5. Pada umumnya menggunakan mesin *general purpose* sehingga biaya investasi juga lebih rendah.

Beberapa kekurangan dari penerapan *layout* jenis ini adalah :

1. Diperlukan ketrampilan tebaga kerja yang tinggi.
2. Pengendalian produksi harus benar-benar diperhatikan untuk menjaga keseimbangan antar sel.
3. Apabila keseimbangan aliran setiap sel sulit dicapai diperlukan *buffer dan work in process storage.*
4. Kesempatan untuk mengaplikasikan fasilitas *special purpose* agak sulit dilakukan.

d. Fixed Position Lay Out

Pada tata letak fasilitas berdasarkan product layout maupun process layout, produk bergerak menuju mesin sesuai dengan urutan proses yang dibutuhkan. *Fixed position layout* diartikan sebagai suatu tipe tata letak fasilitas dimana mesin, manusia serta komponen-komponen kecil bergerak menuju lokasi material untuk menghasilkan suatu produk. *Layout* ini biasanya digunakan untuk memproses produk yang relatif besar dan berat sedangkan peralatan yang digunakan ringan dan mudah untuk dipindahkan.



Gambar 2.4 *Fixed Layout*(Wignjosoebroto, 2009)

Keuntungan penerapan tata letak jenis ini adalah sebagai berikut :

1. Karena yang berpindah adalah fasilitas produksi, maka perpindahan material bisa dikurangi.
2. Apabila dilakukan pendekatan kelompok kerja dalam kegiatan produksi, maka kontinyuitas dan tanggung jawab kerja bisa dicapai dengan sebaik-baiknya.

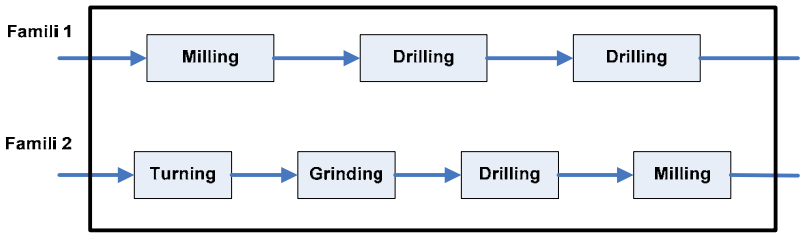
2.3.4 Group Technology

Group technology merupakan sebuah perkembangan dalam sistem manufaktur yang bertujuan untuk mengatasi permasalahan keberagaman yang muncul dengan didasari oleh kesamaan produk maupun proses manufaktur. *Group technology* mengidentifikasi part-part yang sama ke dalam sebuah kelompok maupun berdasarkan kesamaan dari proses manufakturnya. Salah satu aplikasi dari *Group technology* adalah *cellular manufacturing*.(Hachicha & Masmoudi, 2007)

Secara teknis pengaturan mesin dalam *Group Technology* ada tiga kategori yaitu (Singh & Rajamani, 1996) :

1) *Group Technology Flow Line Layout*.

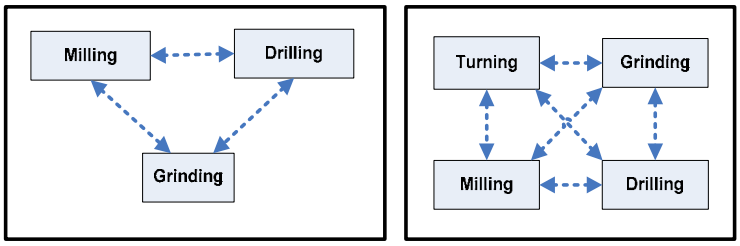
   Tipe *layout* ini digunakan ketika semua komponen pada *group* mengikuti aturan mesin yang sama. Mekanisme *transfer* otomatis terkadang digunakan untuk penanganan komponen dalam *group*.



Gambar 2.5. *Group Technology Flow Line Layout*

2) *Group Technology Cell Layout*

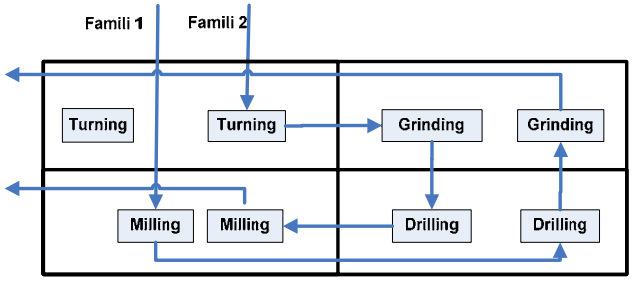
Pada *Group Technology Cell Layout* mengijinkan untuk bergerak / pindah dari satu mesin ke mesin lainnya. Hal ini sangat berbeda dengan *Group Technology Flow Line Layout* dimana komponen-komponen didalam group mengikuti urutan mesin yang sama. Aliran komponen dimungkinkan tidak terarah.



Gambar 2.6. *Group Technology Group Technology Cell Layout*

3) *Group Technology Center Layout*

Tipe *layout* ini didasarkan pada penyusunan mesin. Penyusunan ini dapat meningkatkan perubahan penanganan material dan sesuai pada saat *product mix* sering diubah.



Gambar 2.7. *Group Technology Center Layout*

2.3.5 Cellular Manufacturing System

Cellular manufactur merupakan aplikasi dari *Group technology*. CM sudah cukup banyak diterapkan di perusahaan dan memberikan pengaruh positif, diantaranya (Heragu, 1997):

1. Mengurangi *setup time*
2. Mengurangi inventory dari WIP
3. Mengurangi biaya *material handling*
4. Peningkatan kualitas produk
5. Pengurangan biaya tenaga kerja langsung dan tidak langsung
6. Meningkatkan utilitas mesin

Selain pengaruh positif yang diberikan, ada juga beberapa keterbatasan *cellular manufactur,* antara lain (Hadiguna & Setiawan, 2008) :

1. Memerlukan biaya implementasi yang tinggi, karena diperlukan kegiatan pemindahan mesin menjadi seluler manufaktur dan kegiatan pemindahan mesin ini bukan merupakan kegiatan yang murah.
2. Setiap mesin memiliki fungsi yang kritis dalam selnya, oleh karena itu mungkin terjad permasalahan berkaitan dengan breakdown, overload, dan underload pada mesin.
3. Sinkronisasi pada perakitan produk perlu diperhatikan apabila part diproduksi dalam sel yang berbeda.

Dalam *cellular* manufactur dilakukan identifikasi part-part kedalam *part* families, tujuannya tidak lain adalah untuk mengurangi perpindahan komponen antar seluler. Berdasarkan formasi yang didasari oleh ukuran sel dibedakan menjadi 2 jenis yaitu (Hadiguna & Setiawan, 2008):

1) Larger number of smaller cells

Formasi ini adalah formasi dengan jumlah sel banyak dan jumlah mesin dalam setiap sel sedikit. Jenis ini sesuai untuk produksi yang membutuhkan kecepatan karena perpindahan antar mesin jauh lebih sedikit, pengecekan kualitas juga lebih mudah, namun fleksibilitasnya rendah.

2) Smaller number of larger cells

Formasi ini adalah formasi dengan jumlah sel sedikit namun jumlah mesin penyusun sel banyak. Dengan formasi ini jauh lebih fleksibel, volume produksi lebih besar, dan juga mengurangi biaya duplikasi mesin.

2.3.6 Pembentukan Cell Manufacturing

Ciri penting dari *cellular manufacturing* atau *group technology* adalah adanya sel-sel pada lantai produksi, dimana sel-sel tersebut berisi sekelompok mesin yang akan digunakan untuk memproses suatu *part family* tertentu. Untuk dapat mengidentifikasi part families dan mesin-mesin yang dibutuhkan untuk memprosesnya, digunakan *production flow analysis* (PFA). PFA dan selanjutnya disebut *incidence* matriks merupakan suatu prosedur sistematis yang menganalisa informasi dari rute proses pembuatan suatu part atau produk. *Incidence matrik* menampilkan mesin-mesin yang dibutuhkan oleh tiap-tiap komponen (*part* atau *job*) saat kegiatan produksi dalam bentuk matrik. *Incidence matrix* ini terdiri dari masukan 0 dan 1, dimana 1 jika part yang bersangkutan diproses di mesin tersebut dan 0 jika part yang bersangkutan tidak diproses di mesin tersebut.

Adapun langkah-langkah pembentukan PFA adalah sebagai berikut :

1. Daftar semua part yang akan dibuat secara horizontal.
2. Daftar semua mesin yang digunakan untuk memproses part tersebut secara vertikal.
3. Isikan angka 1 pada koordinat pertemuan antara part dengan mesin bila part yang bersangkutan diproses di mesin tersebut.

Ada beberapa metode *heuristic* yang didasarkan pada penggunaan *Incidence Matrix*, yang umumnya digunakan untuk pembentukan sel manufaktur. Misalnya *Bond Energy Algorithm (BEA), Rank Order Clustering I(ROC I), Rank Order Clustering II (ROC II), Modification ROC (MODROC), Single Lingkage Clustering (SLC), P-Median Model, Assigment Model* dan *Similarity Coefficient Algorithm.*

Penerapan *group technology* dimulai dengan mengidentifikasikan keluarga part dan kelompok mesin sedemikian hingga setiap keluarga part diproses dalam kelompok mesin dengan meminimumkan interaksi antar kelompok. Kebutuhan pemrosesan part-part dalam mesin –mesin dapat dilakukan dengan melihat kartu urutan (*routing card*) yang

umumnya ditampilkan dalam suatu matrik yang disebut matrik part-mesin. Dari matrik part-mesin ini dilakukan perbaikan formasi pengelompokan dari part-mesin yang ada. Matrik ini disusun dari kolom p dan baris m yang mengindikasikan part p membutuhkan mesin m untuk suatu operasi. Urutan pemrosesan di abaikan oleh matrik ini sehingga suatu part yang membutuhkan lebih dari satu operasi dalam satu mesin hal ini tidak dapat diidentifikasi. Matrik ini bisa berisi angka 0 dan 1 yang menunjukkan apakah part tertentu diproses pada mesin tertentu. Asumsi dasar dari matrik ini adalah tipe mesin dalam kelompok mesin dimana part tersebut diproses memiliki kapasitas yang cukup untuk melakukan pemrosesan.

Adapun macam-macam metode yang termasuk dalam *algoritma heuristic* analisis part-mesin adalah (Singh & Rajamani, 1996) :

1. *Rank Order Clustering I dan Rank Order Clustering II (ROC I dan ROC II)*

   Metode ini lebih mudah dilakukan dan lebih cepat mencapai kekonvergenan. Metode ini menggunakan bantuan prinsip biner. Setiap baris atau kolom dari matrik part-mesin dibaca sebagai suatu kata biner. Prosedur ini mengubah penulisan biner ke desimal.

   Adapun algoritma ROC I adalah sebagai berikut (Singh & Rajamani, 1996):

   1) Untuk baris m = 1,…,M hitung decimal ekuivalen C_m dengan membaca entity dalam biner dengan $\mathrm{Cm} = \sum_{p-1}^{p} 2^{P-p}\, a_{pm}$ $(a_{pm} = 0\ atau\ 1)$. Urutkan baris berdasarkan C_m secara menurun. Jika ada yang sama, urutan baris yang sama tersebut tidak berubah.
   2) Untuk kolom p = 1,…,P hitung decimal ekuivalen r_p dengan membaca entity dalam biner dengan $r_p = \sum_{m-1}^{M} 2^{M-m}\, a_{pm} (a_{pm} = 0\ atau\ 1)$. Urutkan baris berdasarkan r_p secara menurun.
   3) Jika matrik part-mesin baru tidak berubah, hentikan proses.

   Keterangan :

   C_m = Angka yang senilai dengan decimal dari perhitungan nilai *incidence* matrik (0 atau 1) dengan $\sum_{p-1}^{p} 2^{P-p}\, a_{pm}$

   apm = Nilai *incidence* matrik yang terdiri dari angka 0 dan 1 (biner)

   rp = Angka yang senilai dengan desimal dari perhitungan *incidence*

matrik (0 atau 1) dengan rp = $\sum_{m-1}^{M} 2^{M-m} a_{pm}$

Algoritma ROC II adalah sebagai berikut (Singh & Rajamani, 1996):

1. Pengaturan baris. Dari p = P (kolom terakhir) sampai kolom 1, tandai baris dengan nilai "1", pindahkan baris dengannilai "1" tersebut ke bagian depan, pertahankan urutan penempatan sebelumnya.
2. Pengaturan kolom. Dari m = M (baris terakhir) sampai baris 1, tandai kolom dengan nilai "1", pindahkan kolom dengan nilai "1" tersebut ke bagian depan, pertahankan urutan penempatan sebelumnya.
3. Ulangi langkah 1 dan 2 sampai tidak ada perubahan.

2. Algoritma *Direct Clustering Algorithm* adalah sebagai berikut (H.M. Chan):
   1. Jumlahkan elemen setiap baris dan kolom. Lakukan pengaturan berdasarkan prinsip menarik elemen biner ke kiri, sehingga nantinya terbentuk kumpulan elemen biner 1 yang minimum elemen biner 0.
   2. Tarik elemen-elemen biner 1 ke atas agar elemen biner 1 sebanyak mungkin terkumpul. Aturlah berdasarkan nilai jumlah terbesar hingga terkecil.
   3. Apabila hasil pengelopokan tidak berbeda, maka iterasi berhenti.

2.3.7 Pengukuran Performansi

Pengukuran performansi berfungsi untuk mengetahui performansi dari sel manufaktur yang dibentuk. Ada tiga jenis *permormance measures* yang biasa digunakan (Singh & Rajamani, 1996) yaitu :

1. *Grouping Efficiency η*

   Kegunaan dari jenis pengukuran ini adalah untuk mengetahui keefisienan dari fungsi atau kegunaan mesin dalam jumlah sebuah sel dan pergerakan inter sel. Adapun formulanya adalah :

   $\eta = w\eta_1 + (1 - w)\eta_2$ ……(2.1)

   $\eta_1 = \frac{o-e}{o-e-v}$ ……..(2.2)

   $\eta_2 = \frac{MP-o-v}{MP-o-v+e}$ ……...(2.3)

2. *Grouping Efficacy τ*

Kegunaan dari pengukuran jenis pengukuran ini adalah mengetahui kelebihan sebuah diskriminasi yang lebih rendah dari *Grouping Efficiency* antara struktur matrik yang bagus dan yang jelek.

$$\tau = \frac{o-e}{o+v} \quad \text{..... (2.4)}$$

3. Grouping measure

Kegunaan adalah untuk mengukur keefektifan dari matrik final,jika hasilnya tinggi maka utilitas mesin juga tinggi. Formulanya

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m \quad \text{..... (2.5)}$$

$$\eta_u = \frac{d}{(d+v)} \quad \text{..... (2.6)}$$

$$\eta_m = 1 - \left(\frac{d}{o}\right) \quad \text{..... (2.7)}$$

Dimana :

M = Jumlah mesin

P = Jumlah part/komponen

d = Jumlah angka 1 dalam blok diagonal

o = Jumlah angka 1 dalam matriks keseluruhan

e = Jumlah angka 1 diluar kelompok (*exceptional*)

v = Jumlah angka 0 dalam kelompok (*voids*)

η_1 = Perbandingan angka 1 dalam kelompok terhadap angka 0 dan 1 dalam kelompok

η_1 = Perbandingan angka 0 diluar kelompok terhadap angka 0 dan 1 diluar kelompok

w = Bobot, dalam perhitungan direkomendasikan 0,5

2.3.8 Pemodelan Sistem

2.2.8.1. Pendekatan Sistem

Untuk mempelajari, mengamati, dan memahami suatu sistem tertentu dibutuhkan pengetahuan tentang pendekatan sistem yang membantu, pendekatan sistem memusatkan

perhatian pada keseluruhan sistem dan interaksinya. Dengan demikian, sudah semestinya jika pendekatan sistem bersifat *komprehensif, holistik*, dan lintas disiplin. Dua tema pokok dari pendekatan sistem adalah :

1. Mengelola apa yang ada pada saat ini *(managing the present)*
2. Merancang apa yang diinginkan pada masa yang akan datang *(redesigning the future).*

Sedangkan tipologi dari pendekatan sistem sendiri ada dua, pendekatan sistematik yang dipelopori oleh orang barat dan pendekatan sistemik yang dijiwai oleh filosofi oleh orang timur. Pendekatan sistematik digolongkan menjadi tiga pendekatan yaitu Introspeksi, Ekstraspeksi, dan Konstruksi. Ketiga pendekatan sistem tersebut memiliki perbedaan pada faktor-faktor yang ada pada peneliti sistem seperti superioritas peneliti, independensi, lintas disiplin, maupun cara pembagian tugas dalam penelitian akan sistem tersebut. Sedang pendekatan sistemik disebut juga sebagai pendekatan kontemplasi yang didasari filosofi bahwa sesuatu yang ada di dunia ini tidak dapat dipisah-pisahkan.

2.2.8.2. Model

Model merupakan suatu representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu dari suatu sistem nyata yang disepakati. Sehingga model dapat dikatakan sebagai sebuah kesatuan yang menggambarkan karakteristik suatu sistem. Model dibuat dengan cara simplifikasi dari sistem yang ada sehingga untuk mempelajari sebuah sistem, dapat dilakukan dengan pengamatan pada model sistem tersebut. Walaupun model merupakan bentuk sederhana dari sebuah sistem, tapi dalam pembentukannya harus tetap memperhatikan kompetensi dari karakteristik sistem yang diamati.

Beberapa model dari sebuah sistem yang sama, bisa saja berbeda, tergantung pada persepsi, kemampuan, dan sudut pandang analis sistem yang bersangkutan. Ditegaskan kembali bahwa pada dasarnya model adalah suatu representasi yang memadai dari sebuah sistem.

2.2.8.3. Simulasi

Simulasi adalah suatu metode untuk melakukan percobaan dengan menggunakan model dari sistem nyata. Oleh karena simulasi bukan merupakan alat optimasi yang dapat memberi suatu keputusan hasil namun hanya merupakan alat pendukung keputusan sehingga terutama sekali berkenaan dengan percobaan untuk mengestimasi perilaku dari sistem nyata untuk maksud perancangan sistem.

Apabila secara analitis permasalahan itu sangat sulit atau tidak dapat diselesaikan maka simulasi diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, penggunaan komputer dalam melakukan perhitungan merupakan keharusan agar proses kalkulasi berjalan cepat dengan menghasilkan penyelesaian yang cukup akurat. Dengan demikian, hasil simulasi akan tergantung pada pemodel

Dalam melakukan studi sistem bahwa sebenarnya simulasi merupakan turunan dari model matematik dimana sistem sendiri dikategorikan menjadi 2, yaitu sistem diskret dan sistem kontinyu.

Sistem diskret mempunyai maksud bahwa jika keadaan variabel-variabel dalam sistem berubah seketika itu juga pada poin waktu terpisah. Sedangkan sistem kontinyu mempunyai arti jika keadaan variabel-variabel dalam sistem berubah secara terus menerus (kontinyu) mengikuti jalannya waktu.

2.2.8.4. Keuntungan Simulasi

Dalam pelaksanaannya, simulasi memiliki keuntungan dan kekurangan, keuntungan simulasi adalah sebagai berikut (Kakiay, 2003):

1. Simulasi relatif fleksibel dan dapat secara langsung dirubah.
2. Simulasi dapat digunakan untuk menganalisa keadaan sistem nyata yang kompleks dan luas yang tidak dapat diselesaikan dengan model operasi konvensional.
3. Kesulitan-kesulitan pada sistem nyata dapat disertakan dalam simulasi dimana pada model P/OM tidak dapat diijinkan. Simulasi dapat menggunakan distribusi probabilitas yang didefinisikan pengguna.

4. Penyingkatan waktu yang memungkinkan dalam simulasi apabila menggunakan simulasi komputer.
5. Simulasi mengijinkan pertanyaan "*what-if*".
6. Simulasi tidak bertentangan dengan sistem nyata.
7. Dengan simulasi, kita dapat mempelajari pengaruh secara interaktif dari komponen atau variable yang diinginkan untuk dihitung bagian mana yang penting

Sedangkan kekurangan Simulasi adalah sebagai berikut:

1. Model simulasi yang baik dapat menjadi mahal, karena mungkin membutuhkan waktu yang lama untuk mengembangkannya.
2. Simulasi diciptakan bukan untuk solusi optimal dalam menyelesaikan suatu masalah, karena simulasi mengunakan pendekatan *trial-eror* yang memungkinkan berbagai jenis solusi dalam menjalankannya.
3. Pemodel harus memasukkan semua kondisi dan batasan permasalahan untuk solusi yang akan dihitung.
4. Solusi dari simulasi tidak akan menjawab dengan baik jika tidak disertakan data masukan yang baik.
5. Tiap model yang disimulasikan memiliki perbedaan tersendiri. Solusi dan kesimpulannya biasanya tidak dapat disesuiakan dengan masalah lain

2.2.8.5. Bagian-Bagian Model Simulasi

Beberapa bagian model simulasi yang berupa istilah-istilah asing perlu dipahami oleh pemodel karena bagian-bagian ini sangat penting dalam menyusun suatu model simulasi (Simatupang, 1995).

a. Entiti (*Entity*)

   Kebanyakan simulasi melibatkan pemain yang disebut entiti yang bergerak, merubah status, mempengaruhi dan dipengaruhi oleh entiti yang lain serta mempengaruhi hasil pengukuran kinerja sistem.

b. Atribut (*Attribute*)

Atribut adalah karakteristik atau ciri-ciri tertentu yang dimiliki oleh setiap entiti yang membedakan antara satu dengan yang lain. Misalnya waktu antar kedatangan, prioritas.

c. Variabel (*Variablel*)

Variabel merupakan potongan informasi yang mencerminkan karakteristik suatu sistem. Misalnya panjang antrian, *batch size*.

d. Sumber daya (*Resource*)

Entitas-entitas seringkali saling bersaing untuk mendapat pelayanan dari *resource* yang ditunjukkan oleh operator, peralatan, atau ruangan penyimpanan yang terbatas. Suatu *resource* dapat berupa group atau pelayanan individu

e. Antrian (*Queue*)

Ketika entiti tidak bergerak, hal ini dimungkinkan karena *resource* menahan (*seize*) suatu entiti sehingga mengikat entiti yang lain untuk menunggu.

f. Kejadian (*Event*)

Kejadian adalah sesuatu yang terjadi pada waktu tertentu yang kemungkinan menyebabkan perubahan terhadap atribut atau variabel. Ada tiga kejadian umum dalam simulasi, yaitu *Arrival* (kedatangan), *Departure* (entiti meninggalkan sistem), dan *The End* (simulasi berhenti)

g. *Simulation Clock*

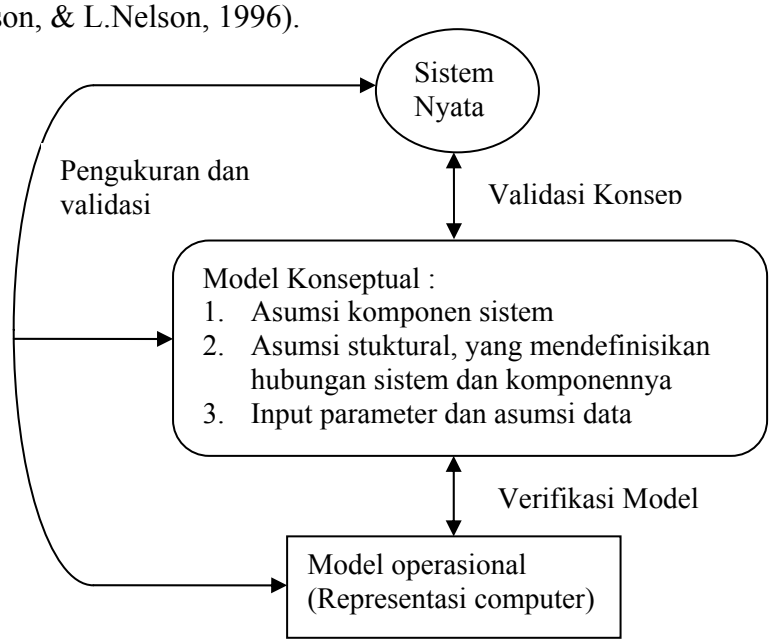
Simulation Clock adalah nilai sekarang dari waktu dalam simulasi yang dipengaruhi oleh variabel.

h. Replikasi

Replikasi mempunyai pengertian bahwa setiap menjalankan dan menghentikan simulai dengan cara yang sama dan menggunakan set parameter input yang sama pula (*identical part*), tetapi menggunakan masukan bilangan random yang terpisah (*independent part*) untuk membangkitkan waktu antar kedatangan dan pelayanan (hasil-hasil simulasi). Sedangkan panjang waktu simulasi yang diinginkan untuk setiap replikasi disebut *length of replication*.

2.2.8.6. Validasi data dan Verifikasi

Ketika mengerjakan suatu model dan kadangkala disaat kita membangun model tersebut maka disanalah waktu untuk melakukan verifikasi dan validasi terhadap model tersebut. Verifikasi adalah suatu langkah untuk meyakinkan bahwa model berkelakuan atau bersifat seperti yang dikehendaki. Validasi merupakan langkah untuk meyakinkan bahwa model berkelakuan seperti sistem nyatanya. Kedua langkah ini tidak dapat dilakukan dengan asumsi begitu saja namun harus dengan teknik teknik statistik. Secara sederhana hubungan antara verifikasi dan validasi dapat dilihat pada gambar berikut (Banks, Carson, & L.Nelson, 1996).



Gambar 2.8 Bangun model, verifikasi, dan validasi

Dalam menguji validasi dari suatu data pengamatan yang sudah ada, langkah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut

a. Uji Distribusi Data Input

Data input dalam model simulasi adalah bagian terpenting yang harus mendapat perhatian tersendiri. Dalam simulasi sistem antrian misalnya, dikenal dengan input data dengan bentuk distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan.

Untuk menghasilkan simulasi sistem nyata yang baik, penentuan bentuk distribusi dari input data merupakan tugas utama dan sangat penting, karena akan berdampak pada

hasil atau output yang akan diinterpretasikan dan dianalisaPengujian ini dilakukan untuk menguji data input, dimana data masukan data tersebut mengikuti suatu distribusi tertentu. Alat statistik untuk menguji kesesuaian fungsi didtribusi probabilitas teoritis terhadap fungsi distribusi probabilitas empiris, dalam penelitian ini menggunakan dua jenis metode yaitu "*Chi Square Goodness of Fit Test" dan metode "Kolmogorov-Smirnov Test*" (Walpole & Myers, 1995)

Langkah yang dilakukan untuk uji *Chi Square:*

1. Data yang sudah tersedia dibuat range dengan rumus

   Range = $D_{max} - D_{min}$ ..... (2.8)

2. Menetukan banyak kelas. Dengan menggunkan aturan sturgess, jumlah intervalnya adalah:

   k = 1 + 3,3 (log n)..... ..... (2.9)

3. Penentuan panjang kelas inteval

   $$p = \frac{range}{jumlahkelas} \text{ ..... (2.10)}$$

4. Pembuatan Histogram. Untuk menentukan dengan distribusi probabilitas apa sample akan disesuaikan, maka dibuatlah histogramnya dan secara visual dilihat kecocokannya dengan sebuah distribusi probabilitas tertentu.

5. Uji Chi Square, dengan menggunakan statistik uji sesuai dengan persamaan (2.12) maka dapat diyakinkan bahwa nilai statistiknya dapat mewakili bahwa nilai hitung sesuai dengan nilai tabel.

   $$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \text{ ..... .(2.12)}$$

   Oi = frekuensi observasi

   Ei = Frekuensi teoritis

6. Uji Hipotesis

   Ho : data waktu berdistribusi normal

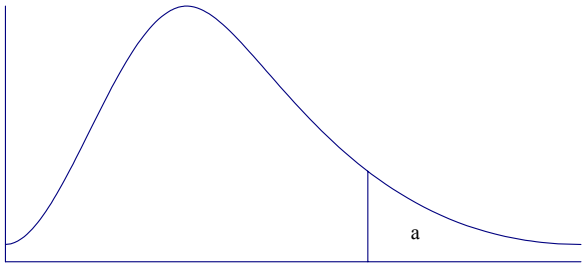
   Hi : data waktu tidak berdistribusi normal

   daerah kritis $\alpha = 0,05$

statistik uji $\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ ..... …… (2.13)

derajat bebas n-k-1

Kurva daerah penerimaan



kurva daerah penolakan

Kesimpulan :

Terdapat empat langkah umum untuk pengembangan model input data :

1. Mengumpulkan data dari sistem nyata
2. Mengidentifikasi distribusi probabilitas sebagai representasi dari input proses.
3. Memilih parameter dari data
4. Mengevaluasi ditribusi probabilitas terpilih dengan menggunakan grafik (uji statistik) atau dengan alat untuk mempermudah seperti *Input Analyzer* (ARENA), *StatFit* (ProModel) dan lain sebagainya.

Beberapa distribusi probabilitas yang telah ada, diantaranya adalah Binomial, Poisson, Normal, Lognormal, Eksponensial, Gamma, Beta, Erlang, Diskrit atau kontinyu, uniform dan Triangular.

Pada Software ProModel 7.0 telah disediakan alat bantu untuk menguji distribusi data masukan. Dalam penelitian ini, data masukan akan diuji di alat ini untuk mempermudah dalam masukan data simulasi dengan menggunakan *Stat Fit.*

b. Analisa Output Hasil Simulasi

Model simulasi kejadian diskret memiliki karakteristik yang berbeda dari sebagian besar jenis model yang ada. Hal itu dikarenakan model simulasi kejadian diskret terdiri dari banyak variabel random yang muncul bersamaan dalam suatu *state* yang membentuk

karakteristik suatu mekanisme perubahan sistem yang diamati. Variabel random yang ada pada simulasi sistem kejadian diskret tidak hanya pada probabilitas input yang ada, bahkan hasil *output* simulasinyapun merupakan variabel random, karena memiliki probabilitas dan tidak dapat diestimasikan sebagai sesuatu yang pasti (definitif).

Sebuah pilihan pendekatan, untuk menentukan metode analisis yang tepat dari suatu model simulasi adalah dengan menilai tipe simulasi yang ada. Berkenaan dengan metode analisis, maka simulasi dibedakan menjadi dua jenis yaitu *terminating simulation* dan *non-terminating simulation*. Perbedaan antara kedua jenis tipe tersebut adalah ketergantungannya pada kejelasan untuk menghentikan proses simulasi. Kedua jenis simulasi tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. *Terminating Simulation*

Simulasi *terminating* adalah simulasi yang mempresentasikan sebuah mekanisme kejadian yang memiliki "*initial condition*", dimana simulasi ini dijalankan pada durasi waktu yang tetap(ditentukan). Kondisi inisial dapat difahami sebagai sebuah kondisi dimana keadaan sistem akan di setup seperti keadaan semula setiap akan melakukan simulasi. Sebagai contoh adalah adalah sebuah sistem yang disimulasikan dimulai pada kondisi awal yang telah ditentukan, dan dihentikan setelah durasi waktu tertentu. Satu simulasi yang dapat dijadikan contoh adalah simulasi pada suatu bank dengan kondisi awal yang selalu 0 pelanggan dan memiliki durasi waktu kerja yang sama tiap harinya

.**b. *Non terminating Simulation***

Pada simulasi jenis terminating simulation berbeda dengan sistem produksi sebuah perusahaan manufaktur. Misalnya diketahui sebuah perusahaan manufaktur yang memiliki kegiatan produksi untuk membuat suatu produk yang dibagi-bagi kedalam beberapa stasiun kerja yang berurutan samapi selesainya produk tersebut. Meskipun perusahaan tersebut menetapkan bahwa setiap hari memiliki waktu kerja 10 jam dan 5 hari kerja dalam seminggu, akan tetapi sistem diatas termasuk dalam sistem *non-terminating simulation*

Pada kondisi *nonterminating* penghentian simulasi tidak didasrkan pada jam kerja sebagai mana pada sistem antrian, akan tetapi karena sistem pada dasarnya

berjalan sepanjang waktu hanya dipotong oleh waktu istirahat tanpa ada inisialisai baru.

2.2.8.7. Perangkat Lunak Promodel

2.2.8.7.1. Bahasa Pemograman Simulasi

PROMODEL adalah salah satu program simulasi yang merupakan evolusi dari bahasa pemrograman terdahulu.

Beberapa bahasa simulasi yang dapat dipelajari saat ini adalah GPSS-PC, SIMSCRIPT, SLAM, SIMAN, ARENA, POWERSIM dan lain sebagainya. (Banks, John.S Carson, & L.Nelson, Discrete-Event System Simulation, 1996) Secara umum bahasa pemrograman untuk simulasi dapat di kategorikan menjadi 2 :

1. Tujuan atau kepentingan pemrograman
   a. *General Purpose Simulation Language* (GPSL)
      General Purpose Simulation Language (GPSL) adalah bahasa simulasi yang didesain untuk membuat program simulasi sesuai dengan kreatifitas programer. Artinya bahasa simulasi ini tidak didesain untuk menyelesaikan beberapa masalah secara spesifik dan keragaman serta ketelitian program sangat dipengaruhi oleh ketrampilan dan pengetahuan programer. Oleh karena itu GPSL sangat fleksibel digunakan untuk membuat program simulasi.
   b. *Special Purpose Simulation Language* (SPLL)
      Sebaliknya Special Purpose Simulation Language lebih spesific didesain untuk beberapa permasalahan yang dihadapi sebuah sistem.
2. Tingkat bahasa
   a. High Level Simulation Language
   b. Low Level Simulation Language

Adanya level menunjukan sejauh mana bahasa pemrograman tadi dapat dimengerti oleh programmer. Hal ini berkaitan dengan kemampuan program untuk mengkomunikasikan dirinya dengan pengguna (*user interface*). Semakin rendah level suatu bahasa pemrograman, maka semakin kompleks alur pemahaman bahasa simulasi

tadi (semakin sulit digunakan). Dan sebaliknya semakin tinggi sebuah bahasa pemrograman, maka semakin kurang kompleks alur pemahaman bahasa tersebut (semakin mudah digunakan).

Selain itu dalam bahasa simulasi dikenal juga istilah *event orientation* dan *process orientation*. *Event orientation* melihat sebuah simulasi dari sisi kejadian yang menimpa sistem sedangkan *process orientation* melihat simulasi dari sisi perjalanan entiti yang terkait. Sebagai ilustrasi : Dalam sebuah sistem antrian. *event orientation* melihat kedatangan entiti , proses dan kepergian entiti sebagai hal utama yang diamati kemudian mencatatnya secara statistik sedangkan *process orientation* melihat entiti datang dan masuk kedalam sistem kemudian ia menunggu dalam antrian lalu diproses dan keluar. Atau secara gampang dapat dikatakan *event orientation* adalah seorang profesor dalam sebuah simulasi sedangkan *process orientation* adalah seorang seniman. (Banks, John.S Carson, & L.Nelson, Discrete-Event System Simulation, 1996)

2.2.8.7.2. Keunggulan ProModel

Dengan menggunakan PROMODEL, keuntungan yang didapatkan antara lain :

1. Memberikan kombinasi yang baik dalam pemakaian dan kemampuan untuk memodelkan suatu sistem nyata agar tampak lebih realistik.
2. Beragamnya modul dan blok yang ada pada PROMODEL dan tersedianya fitur animasi membawa fleksibilitas yang sangat besar dalam membangun model yang sesuai dengan sistem sesungguhnya yang biasanya ada pada GPSL.
3. Adanya koreksi eror otomatis yang akan membantu dalam pembuatan suatu model simulasi sistem.

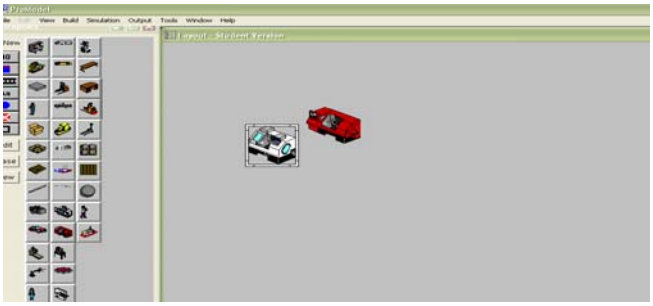
Selain itu, PROMODEL sangat cocok untuk pemodelan dan simulasi sistem manufactur seperti : *Process Reengineering, Cycle Time Reduction, Material Handling System, TQM, Factory Layout,* dan sebagainya.

2.2.8.7.3.ProModel dalam Pemodelan Sistem

Sebagaimana telah dikemukakan sebelumnya, bahwa software PROMODEL memiliki kemampuan yang baik dalam menjalankan simulasi khususnya pada sistem yang bersifat diskret. Untuk dapat memfungsikannya, terlebih dahulu kita harus memodelkan sistem tersebut, dengan format yang dapat dipahami oleh PROMODEL. PROMODEL menerjemahkan berbagai model sistem dengan menggambarkan karakteristik elemen sistem dengan sebuah blok yang dinamakan *Module*/*Element*. Untuk itu kita harus dapat menggunakan berbagai *Module* yang ada dalam *software* ini secara tepat agar mendapatkan model yang kita inginkan. Ada beberapa module panel yang disediakan, yaitu *Basic Modules* dan *Optional Modules*. Untuk *Basic Modules* termasuk didalamnya adalah *Locations, Entities, Processing*, dan *Arrivals*. Sedangkan *Optional Modules* antara lain *Resources, Table Functions, Variables, Shifts, Costs, Attributes, Macros*, dan *Path Networks.*

1. Penggunaan *Modul Basic*

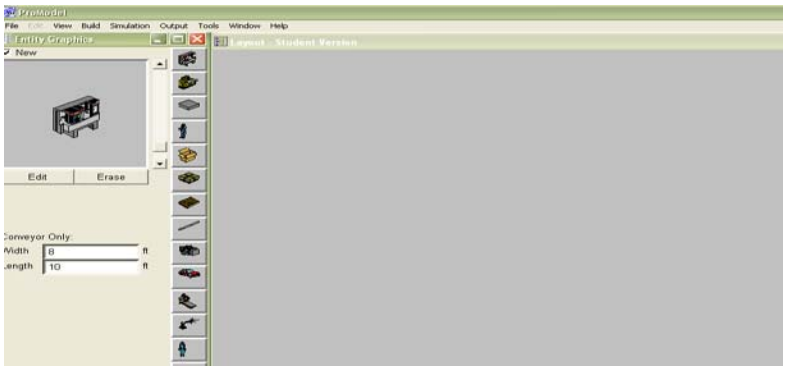
a. *Locations*



Gambar 2.10 Tampilan *Locations*

Merupakan tempat dari model suatu sistem, yang berisi gambar latar belakang dari sistem yang berupa gambar-gambar sesuai kebutuhan. Lokasi adalah komponen statis sehinga tidak ikut bergerak selama simulasi dijalankan.

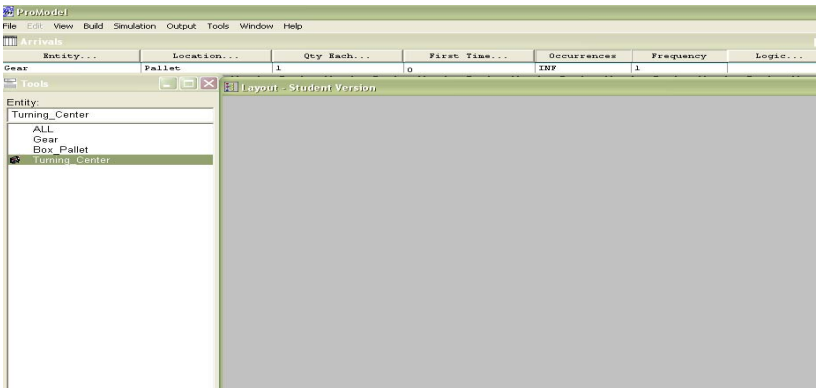
b. *Entities*



Gambar 2.11 Tampilan *Entities*

Adalah benda-benda yang diproses dalam model sistem, seperti bahan baku dan *paperworks*. Masing-masing entitas punya nama dan dapat direpresentasikan dengan satu atau lebih grafik selama simulasi.

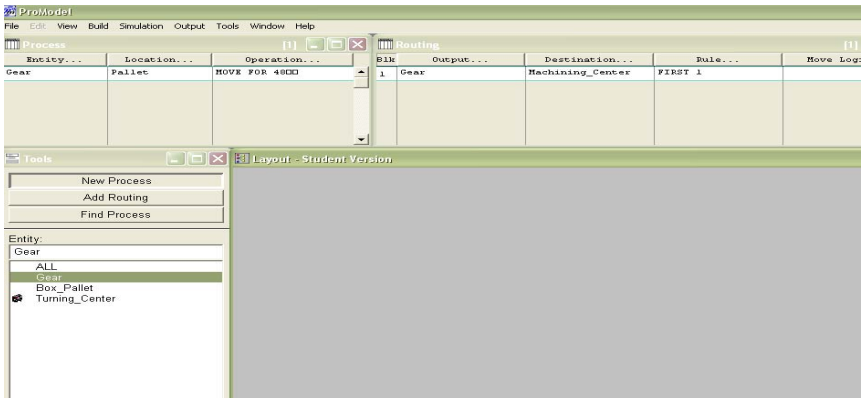
c. *Arrivals*



Gambar 2.12 Tampilan *Arrivals*

Menunjukkan tempat dimana entitas tiba ada suatu sistem yang diamati untuk pertama kalinya. Misalnya kedatangan nasabah, dalam hal ini adalah lokasi kedatangannya di kasir, atau setiap berapa menit nasabah datang dalam periode waktu tertentu.

d. *Processing*



Gambar 2.13 Tampilan *Processing*

Menunjukkan proses yang dialami suatu entitas.

2. Fitur inovatif pada PROMODEL

a. *Logic Builder*

Logic builder adalah alat untuk memudahkan kita dalam membuat pernyatan logika yang valid tanpa mengingat kata kunci, *syntax*, atau nama element model.



Gambar 2.14 Tampilan *Logic Builder*

b.*Dynamic Plots*

Dynamic Plots memungkinkan kita membuat penelitian secara grafis dan merekam informasi statistik tentang performansi dari element model selama sistem berjalan.

2.2.8.7.4. *Stat Fit*

Data input dalam model simulasi adalah bagian terpenting yang harus mendapat perhatian tersendiri. Dalam simulasi sistem antrian misalnya, dikenal dengan input data dengan bentuk distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan. Pada sistem inventori atau persediaan, input data yang dibutuhkan terdiri dari distribusi-distribusi

permintaan. Pada kasus perawatan dan reliabilitas sistem dikenal beberapa input data yang dibutuhkan, seperti : distribusi waktu antar kerusakan komponen.

Pada aplikasi simulasi di sistem nyata, penentuan bentuk distribusi dari input data merupakan tugas utama dan sangat penting. Karena akan berdampak pada hasil atau output yang akan diinterpretasikan dan dianalisa.

Terdapat empat langkah umum untuk pengembangan model input data :

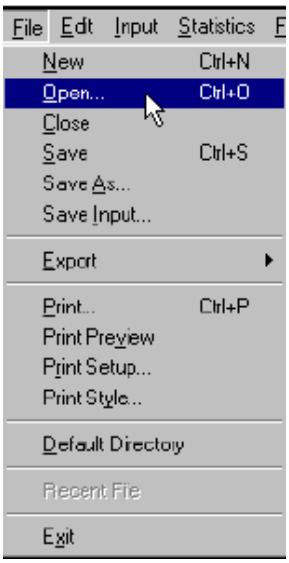
1. Mengumpulkan data dari sistem nyata yang diamati
2. Mengidentifikasi distribusi probabilitas sebagai representasi dari input proses.
3. Memilih parameter dari data
4. Mengevaluasi ditribusi probabilitas terpilih dengan menggunakan grafik atau uji statistik.

Dalam Promodel disediakan suatu fasilitas untuk menguji distribusi bilangan random dan pembangkitan bilangan random sesuai dengan distribusi yang diinginkan pemodel, fasilitas ini disebut *Stat Fit*.

Cara penggunaan *Stat Fit* :

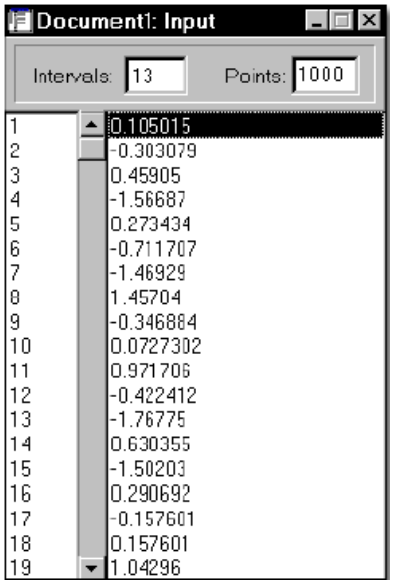
Jika data telah tersedia dan ingin diketahui distribusi dari bilangan random tersebut.

a. Buka file bilangan random



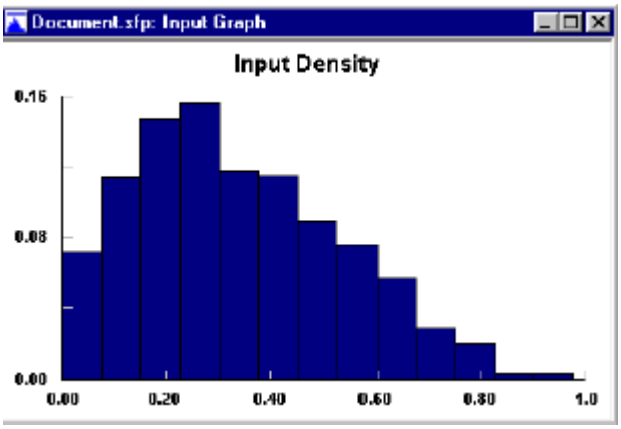
Gambar 2.15 Tampilan Membuka Bilangan Random

b. Masukkan input data bilangan random



Gambar 2.16 Tampilan Bilangan Random

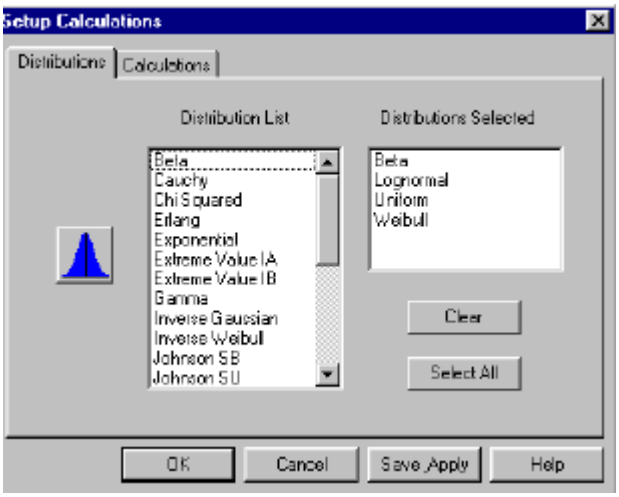
c. Lihat grafik input data dengan meng-klik "*input Graph*" 



Gambar 2.17 Tampilan Grafik Bilangan Random

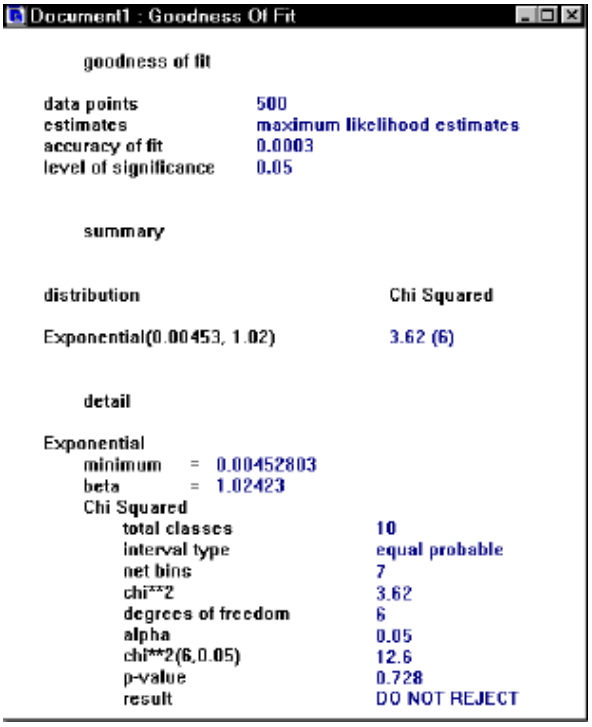
d. Klik tombol 

untuk memilih distibusi analisa yang pemodel inginkan dengan memasukkan distribusi analisa dari kolom "*distribution list*" ke kolom "*distribution selected*"



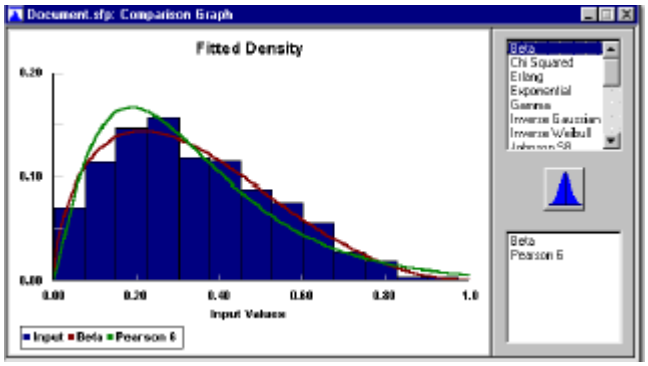
Gambar 2.18 Tampilan Distiribusi Sesuai

e. Hasil dari penghitungan "*Goodness of fit tests*" dapat dilihat dengan meng-klik tombol 



Gambar 2.19 Tampilan Hasil Distribusi

f. Untuk melihat grafik dari distribusi yang pemodel inginkan maka dapat meng-klik tombol "*Graph Fit*" 



Gambar 2.20 Tampilan Grafik Distribusi Data

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Penentuan Objek Penelitian

Penelitian dilakukan di perusahaan PT ALIS JAYA CIPTATAMA, Ceper, Klaten, Jawa Tengah dan Laboratorium Pemodelan dan Simulasi Industri Universitas Islam Indonesia.

3.2. Model

Untuk pembentukan *cellular manufatur* dalam penelitian ini dilakukan dengan 3 metode yaitu :

1. *Rank Order Clustering I (ROC I)*

   Adapun algoritma ROC I adalah sebagai berikut :

   1) Untuk baris m = 1,…,M hitung decimal ekuivalen C_m dengan membaca entity dalam biner dengan $\mathrm{Cm} = \sum_{p-1}^{p} 2^{P-p}\, a_{pm}$ $(a_{pm} = 0\ atau\ 1)$. Urutkan baris berdasarkan C_m secara menurun. Jika ada yang sama, urutan baris yang sama tersebut tidak berubah.
   2) Untuk kolom p = 1,…,P hitung decimal ekuivalen r_p dengan membaca entity dalam biner dengan $r_p = \sum_{m-1}^{M} 2^{M-m}\, a_{pm} (a_{pm} = 0\ atau\ 1)$. Urutkan baris berdasarkan r_p secara menurun.
   3) Jika matrik part-mesin baru tidak berubah, hentikan proses.

      Keterangan :

      C_m = Angka yang senilai dengan decimal dari perhitungan nilai incidence matrik (0 atau 1) dengan $\sum_{p-1}^{p} 2^{P-p}\, a_{pm}$

      apm = Nilai *incidence* matrik yang terdiri dari angka 0 dan 1 (biner)

      rp = Angka yang senilai dengan decimal dari perhitungan *incidence* matrik (0 atau 1) dengan $\mathrm{rp} = \sum_{\mathrm{m}-1}^{\mathrm{M}} 2^{\mathrm{M}-\mathrm{m}}\, \mathrm{a}_{\mathrm{pm}}$

2. Algoritma ROC II (ROC II)

   Adapun algoritma ROC II adalah sebagai berikut :

   1. Pengaturan baris. Dari p = P (kolom terakhir) sampai kolom 1, tandai baris dengan nilai "1", pindahkan baris dengannilai "1" tersebut ke bagian depan, pertahankan urutan penempatan sebelumnya.
   2. Pengaturan kolom. Dari m = M (baris terakhir) sampai baris 1, tandai kolom dengan nilai "1", pindahkan kolom dengan nilai "1" tersebut ke bagian depan, pertahankan urutan penempatan sebelumnya.
   3. Ulangi langkah 1 dan 2 sampai tidak ada perubahan.

3. *Direct Clustering Algorithm(DCA)*

   Algoritma *Direct Clustering Algorithm* adalah sebagai berikut :

   1. Jumlahkan elemen setiap baris dan kolom. Lakukan pengaturan berdasarkan prinsip menarik elemen biner ke kiri, sehingga nantinya terbentuk kumpulan elemen biner 1 yang minimum elemen biner 0.
   2. Tarik elemen-elemen biner 1 ke atas agar elemen biner 1 sebanyak mungkin terkumpul. Aturlah berdasarkan nilai jumlah terbesar hingga terkecil.
   3. Apabila hasil pengelopokan tidak berbeda, maka iterasi berhenti.

Untuk mengetahui performansi dari sel manufaktur yang dibentuk. digunakan *permormance measures* (Singh & Rajamani, 1996) yaitu :

1. *Grouping Efficiency* η

   Kegunaan dari jenis pengukuran ini adalah untuk mengetahui keefisienan dari fungsi atau kegunaan mesin dalam jumlah sebuah sel dan pergerakan inter sel. Adapun formulanya adalah :

   $$\eta = w\eta_1 + (1 - w)\eta_2 \quad \text{(3.1)}$$

   $$\eta_1 = \frac{o-e}{o-e-v} \quad \text{(3.2)}$$

   $$\eta_2 = \frac{MP- o-v}{MP-o-v+e} \quad \text{(3.3)}$$

2. *Grouping Efficacy* τ

Kegunaan dari pengukuran jenis pengukuran ini adalah mengetahui kelebihan sebuah diskriminasi yang lebih rendah dari *Grouping Efficiency* antara struktur matrik yang bagus dan yang jelek.

$$\tau = \frac{o-e}{o+v} \quad \text{(3.4)}$$

3. Grouping measure

Kegunaan adalah untuk mengukur keefektifan dari matrik final,jika hasilnya tinggi maka utilitas mesin juga tinggi. Formulanya

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m \quad \text{(3.4)}$$

$$\eta_u = \frac{d}{(d+v)} \quad \text{(3.5)}$$

$$\eta_m = 1 - \left(\frac{d}{o}\right) \quad \text{(3.6)}$$

Dimana :

M = Jumlah mesin

P = Jumlah part/komponen

d = Kumlah angka 1 dalam blok diagoanal

o = Jumlah angka 1 dalam matriks keseluruhan

e = Jumlah angka 1 diluar kelompok (*exceptional*)

v = Jumlah angka 0 dalam kelompok (*voids*)

η_1 = Perbandingan angka 1 dalam kelompok terhadap angka 0 dan 1 dalam kelompok

η_1 = Perbandingan angka 0 diluar kelompok terhadap angka 0 dan 1 diluar kelompok

w = Bobot, dalam perhitungan direkomendasikan 0,5

Sebagai análisis model dalam penelitian ini dilakukan perhitungan jarak dan juga perhitungan biaya *material handling* :

a. Perhitungan jarak antar mesin

Penentuan jarak antar stasiun kerja/departemen pada tata letak faslitas lama yang digunakan perusahaan. Penentuan jarak ini didasarkan perhitungan jarak Euclidean dengan rumus **:**

$$d(i,j) = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad \text{.....} \qquad (3.7)$$

dimana :

$A(x_i, y_j)$ = lokasi mesin i

$B(x_i, y_j)$ = lokasi mesin j

Dari data-data yang didapatkan kemudian dilakukan pengolahan dan analisis dari hasil pengolahan data tersebut. Salah satu bagian dalam analilis ini dilakukan dengan simulasi. Perubahan sistem akan dianalisis performansinya menggunakan software simulasi ProModel® 7

b. Biaya *Material Handling*

Persamaan yang digunakan untuk menghitung ongkos *material handling* (OMH) adalah sebagai berikut (Djunaidi, Nugroho, & Anton, 2006) :

$$C = \frac{V_{tool}}{V_{mat}} \text{.....(3.8)}$$

Dimana :

C = Kapasitas alat angkut (unit)

Vtool = Ukuran alat angkut (m3)

Vmat = Ukuran unit dipindah (m3)

$$f = \frac{n_{mat}}{C} \text{.....(3.9)}$$

dimana,

f = frekuensi pemindahan

nmat = jumlah unit yang dipindah

C = kapasitas alat angkut (unit)

$$\frac{OMH}{m} = \frac{cost}{d} \text{.....(3.10)}$$

Dimana :

OMH/m = biaya angkut / meter (Rp/m)

Cost = biaya operasi / jam (Rp/jam)

d = jarak angkut / jam (m/jam)

Sehingga biaya pemindahan bahan baku dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$OMH = r \times f \times OMH/m \text{.....(3.11)}$$

Dimana,

OMH = ongkos material handling

r = jarak perpindahan (m)

f = frekuensi pemindahan

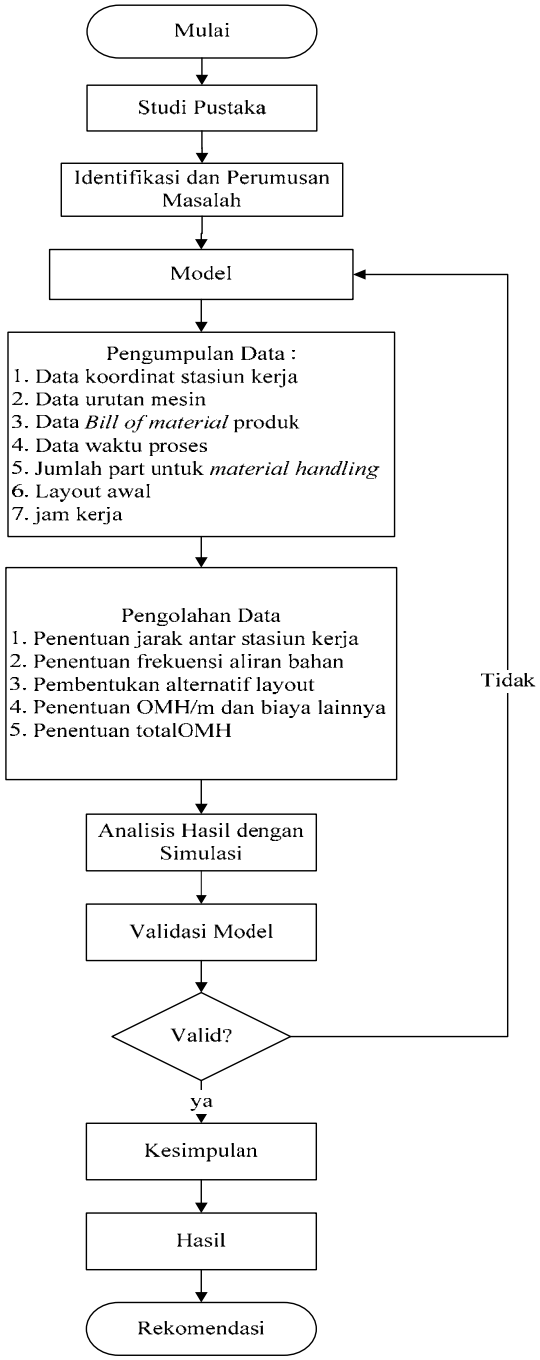
3.3. Cara Pengumpulan data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan dua cara yaitu :

1. Wawancara bebas tidak didokumentasikan secara terstruktur
2. Studi lapangan, yang dilakukan pengamatan secara langsung dan pencatatan data produksi seperti data mesin, data waktu , pekerja, data biaya – biaya yang diperlukan.

3.4. Kerangka Penelitian

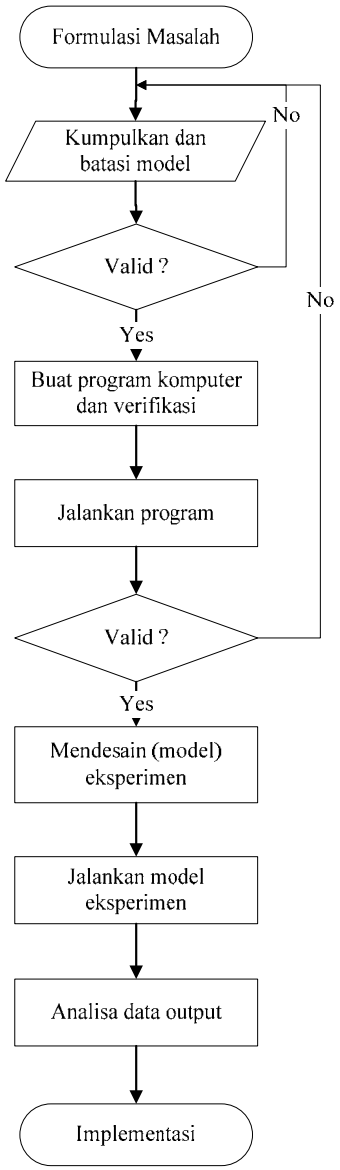
Tahapan penelitian dari awal sampai akhir dapat dilihat melalui diagram alir penelitian berikut.



Gambar 3.1. Diagram alir kerangka penelitian

3.5. Pengolahan Data dan Analisis

Data-data yang sudah terkumpul kemudian dilakukan pembentukan *cell manufactur*. Perubahan yang terjadi salah satunya akan berpengaruh terhadap *layout* perusahaan, sehingga akan dilakukan perbaikan usulan. *Layout* usulan akan dianalisis secara visual dengan *software* simulasi ProModel 7.0. Adapun tahap-tahap simulasi sebagai berikut :



Gambar 3.2. Diagram alir Simulasi

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Tinjauan Singkat Perusahaan

PT.Alis Jaya Ciptatama merupakan perusahaan mebel yang pada awalnya berdiri dengan nama PT. Puspa Jaya Chipendale, sebuah Divisi Furniture dari Pusperta Klaten. PT.Puspa Jaya Chipendale didirikan tanggal 4 Januari 1985 mengkhususkan diri bergerak dalam bidang industri mebel yang berbahan baku kayu mahoni berorientasi pasar luar negeri/ekspor.

Perkembangan industri mebel yang semakin meningkat, mendorong PT.Puspa Jaya Chipendale untuk memperkuat eksistensinya dalam bidang industri mebel dengan mendapatkan sebuah badan hukum. Status ini diperoleh dengan akta pendirian nomor 53 tertanggal 20 Maret 1987 dengan nama baru yaitu PT.Alis Jaya Chipendale. Kata Alis merupakan singkatan dari *Amrih Lestarining Industri Sarana*. Sementara nama Chipendale diambil dari nama seorang desaigner mebel terkenal pada abad 15-16 yaitu Thomas Chipendale.

Untuk semakin meningkatkan potensi PT.Alis Jaya Chipendale bekerja sama dengan PT. Putra Nugraha Tama yang berdomisili di Jakarta. Kerja sama ini menghasilkan nama baru yaitu PT.Alis Jaya Ciptatama. Akta pendirian beserta nama yang baru diumumkan dalam tambahan nomor 1447 Berita Negara Republik Indonesia Nomor 13 tahun 1995. PT.Alis Jaya Ciptatama berlokasi di Dusun Mendokan,Desa klepu, Kecamatan Ceper, Kabupaten Klaten, Propinsi Jawa Tengah. Lokasi ini ditetapkan sebagai lokasi perusahaan karena :

1. Tenaga kerja tersedia dan mudah didapat.
2. Bahan baku yang diperlukan seperti kayu jati dan mahoni mudah didapatkan.
3. Tidak jauh dari jalan besar sehingga memudahkan pengangkutan bahan baku maupun produk jadi.
4. Telah terdapat sarana jaringan telepon maupun listrik.

Tujuan dari PT.Alis Jaya Ciptatama adalah :

1. Mengembangkan dan melaksanakan ekspor komoditi *non illegal* dengan produk mebel sehingga dapat menghasilkan devisa.

2. Meningkatkan ketrampilan-ketrampilan tenaga-tenaga lokal untuk menangani kegiatan industri mebel dengan standar internasional, baik mutu maupun design.
3. Mencoba dan melaksanakan salah satu model kerjasama antara koperasi dengan perusahaan swasta.
4. Memperluas kesempatan kerja.

PT. Alis Jaya Ciptatama merupakan perusahaan ekspor dengan tujuan pemasaran produknya antara lain Amerika, Inggris, Perancis, Belanda, Singapura, dan beberapa Negara lain. Namun pasar terbesarnya merupakan Amerika.

PT. Alis Jaya Ciptatama merupakan perusahaan yang mengutamakan kualitas produknya, dimana produk yang dijual memiliki garansi sampai dengan 25 tahun. Sementara untuk rentang waktu pemesanan sampai produk sampai ke tangan konsumen rata - rata adalah 3 bulan.

4.2. Pengumpulan Data

4.2.1. Sistem Produksi Perusahaan

PT. Alis Jaya Ciptatama memproduksi berbagai jenis mebel dengan desain yang beragam pula. Apapun desain yang diinginkan oleh konsumen perusahaan ini berusaha untuk memenuhinya dengan tetap memperhatikan kualitas produk. Sistem produksi yang ada di perusahaan ini bersifat *make to order*, jadi produk yang diproduksi sesuai dengan pesanan konsumen.

Sebagian besar produk yang dihasilkan berbahan baku kayu jati dan kayu mahoni. Beberapa contoh produk yang dihasilkan antara lain :

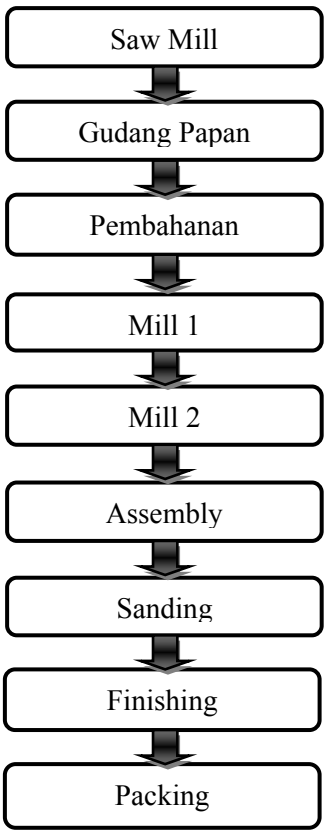
a. Jati
    1. Meja dan kursi untuk taman luar ruangan
    2. Kursi malas untuk kolam atau pantai
    3. *Trolley* dorong, kereta untuk pengantar makanan
    4. Berbagai macam aksesories seperti bingkai cermin, perlengkapan piknik, kursi kecil, dan sebagainya
b. Mahoni

1. Meja dan kursi makan dalam ruangan
2. Perlengkapan ruang keluarga, seperti lemari/meha untuk TV, lemari pakaian, lemari pajangan.
3. Berbagai macam aksesories antara lain tempat sepatu, tempat tissue, perlengkapan olahraga, dan sebagainya

Pada saat penelitian ini dilakukan perusahaan sedang memproduksi beberapa jenis produk pesanan konsumen, antara lain :

1. *Sutherland* (S).
2. *Wine Enthusiast* (WE).
3. *Brown Jordan* (BE).

Departemen produksi yang dimiliki perusahaan ini dapat dilihat dalam gambar berikut



Gambar 4.1 Departemen Produksi

1. Saw Mill

Saw mill merupakan belah gelondong, dimana kayu yang semula masih berwujud gelondong dipotong menjadi papan sesuai dengan tebal yang diinginkan. Rata – rata

satu gelondong kayu dapat menjadi 8 buah papan. Setelah dipotong papan tersebut diukur lebarnya dan dilakukan pencatatan.

2. Gudang Papan

   Kayu yang berupa papan masih mengandung kadar air yang tinggi, oleh karena itu sebelum masuk dalam gudang papan, kayu telebih dahulu masuk ke dalam mesin Kiln 1. Fungsi mesin ini adalah untuk mengurangi kadar air agar papan tidak mudah pecah saat dibentuk produk. Proses ini membutuhkan waktu sekitar 1 bulan sampai papan kayu kering. Baru kemudian dimasukkan atau disimpan dalam gudang papan.

3. Pembahanan

   Departemen ini bertugas memproses papan sebelum masuk dalam proses kotor. Dalam proses pembahanan ini papan dipilah-pilah dan diukur sesuai dengan pola yang akan dibuat. Proses ini sering disebut *lot WIP*.

4. Mill 1

   Mill 1 sering disebut sebagai proses kotor, dimana pada proses ini papan dibentuk menjadi potongan-potongan dengan ukuran kotor. Mesin-mesin yang ada di departemen ini yaitu :

Tabel 4.1 Mesin – mesin di Mill 1

No.	Nama Mesin	Jumlah	Kegunaan
1.	Bor	1	Pembuatan lubang baik vertikal maupun horisontal
2.	Spindle Join	1	Pembuatan lengkung, *Grooving*, dan bentuk arah memanjang
3.	Router	1	Membuat alur pada permukaan kayu
4.	Thicknesser	3	Penyerutan kayu agar halus, sama ukurannya baik tebal maupun lebarnya
5.	Circle Saw	3	Pemotongan/pembelahan menjadi komponen yang sesuai lebar yang dikehendaki
6.	Planner	5	Perataan/penyeragaman ukuran
7.	Rip Saw	1	Membelah kayu/logs
8.	Dimension	1	Memotong kayu bentuk sudut
9.	Band Saw	1	Membelah kayu/logs
10.	Radial	3	Menghaluskan kayu
11.	Dust Collector	1	Penghisap/pengumpul debu
12.	Press Hidrolic	1	Laminasi papan

5. Mill 2

Apabila di Mill 1 disebut sebagi proses kotor, proses di Mill 2 ini disebut sebagi proses bersih. Proses yang dilakukan di Mill 2 ini adalah membuat part jadi dari komponen kotor. Part jadi ini kemudian di simpan dalam gudang komponen. Untuk beberapa part yang masih sedikit basah dimasukkan dalam mesin Kiln 2 terlebih dahulu agar part benar – benar kering baru kemudian disimpan dalam gudang komponen. Mesin – mesin yang ada di dalam proses Mill 2 ini adalah

Tabel 4.2 Mesin – mesin di Mill 2

No.	Nama Mesin	Jumlah	Kegunaan
1.	Band Saw	1	Membelah kayu/logs
2.	Spindle	7	Pembuatan lengkung, g*rooving*, dan bentuk arah memanjang
3.	Router	3	Membuat alur pada permukaan kayu
4.	Sanding Master	4	Penghalusan/proses pengamplasan otomatis
5.	Circle Saw	1	Pemotongan/pembelahan menjadi komponen yang sesuai lebar yang dikehendaki
6.	Scroll	2	Pemotongan komponen yang kecil/tipis
7.	Bubut	2	Memotong menjadi komponen yang diinginkan dengan cara diputar
8.	Dimension	3	Memotong kayu bentuk sudut
9.	Radial	3	Menghaluskan kayu
10.	Bor horizontal	2	Pembuatan lubang horizontal
11.	Bor vertical	2	Pembuatan lubang vertikal
12.	Thinozer	2	Proses pembuatan pen untuk sistem pertemuan
13.	Mortizer	2	Pembuatan lubang bor guna penempatan baut untuk furniture knock down
14.	Drum Sander	1	Penghalusan/proses pengamplasan
15.	Belt Sander	2	Penghalusan/proses pengamplasan

6. *Assembly*

Proses *assembly* merupakan proses perakitan part menjadi produk. Departemen assembly ini memiliki pekerja yang bersifat borongan/kontrak dan pekerja - pekerja ini harus bisa merakit semua produk.Untuk membuat produk itu sendiri ada beberapa part yang langsung bisa dirakit dan ada beberapa yang di lem.

7. *Sanding*

Sanding merupakan proses penghalusan. Walaupun saat pembentukan part telah dilakukan penghalusan, namun setelah dirangkai menjadi produk perlu dilakukan pengamplasan ulang. Proses pengamplasan ini dilakukan secara manual.

8. *Finishing*

   Proses *finishing* ini untuk melakukan cek secara keseluruhan, baik dalam bentuk produk, kehalusan, dan kesesuaian produk. Karena perusahaan ini mengutamakan kualitas, maka setiap prosesna dilakukan dengan sangat teliti.

9. *Packaging*

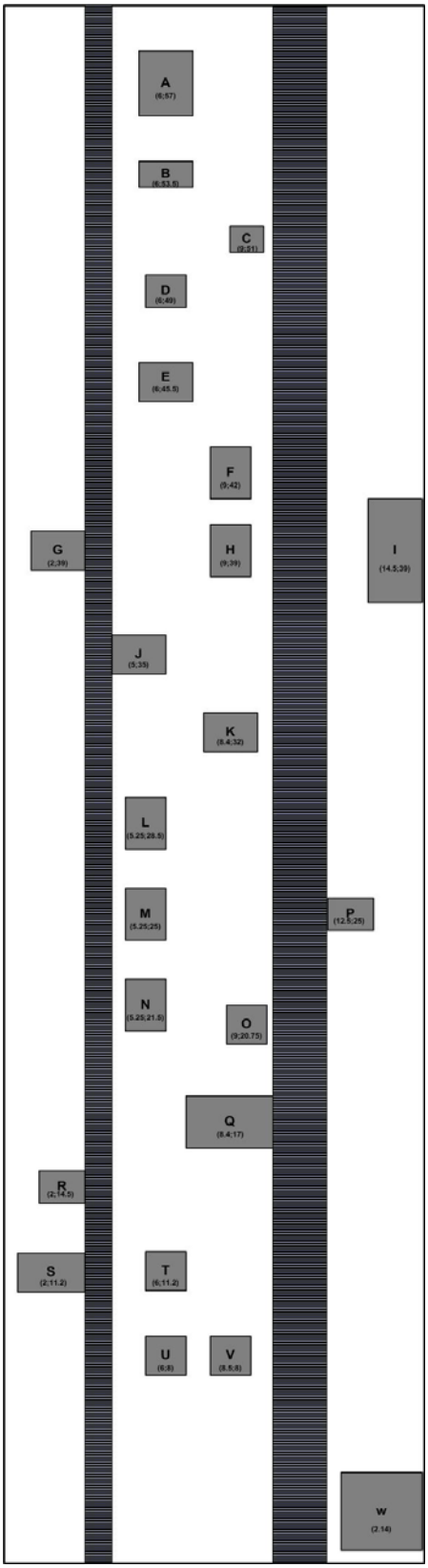
   Packaging merupakan proses pengemasan. Produk jadi yang siap dikirim kemudian dikemas kemudian dikirim ke konsumen. Pada pengemasan ini juga diperhatikan bagaimana produk sampai ke tujuan dengan baik dan tidak menimbulkan cacat produk.

Dari kesembilan departemen produksi tersebut, penelitian yang dilakukan dikhususkan pada departemen Mill 1 dan Mill 2 dalam penataan mesin – mesin produksi.

4.2.2. Layout Awal Departemen Mill 1

Departemen Mill 1 sering disebut sebagai proses kotor, karena pada proses di Mill1 ini kayu berupa papan dibentuk menjadi komponen kotor. Komponen kotor yang dimaksud disini adalah komponen dengan ukuran kotor dan belum berbentuk pola komponen. Pada departemen Mill 1 ini terdapat 22 mesin dengan luas area 60 m x 15,57 m.

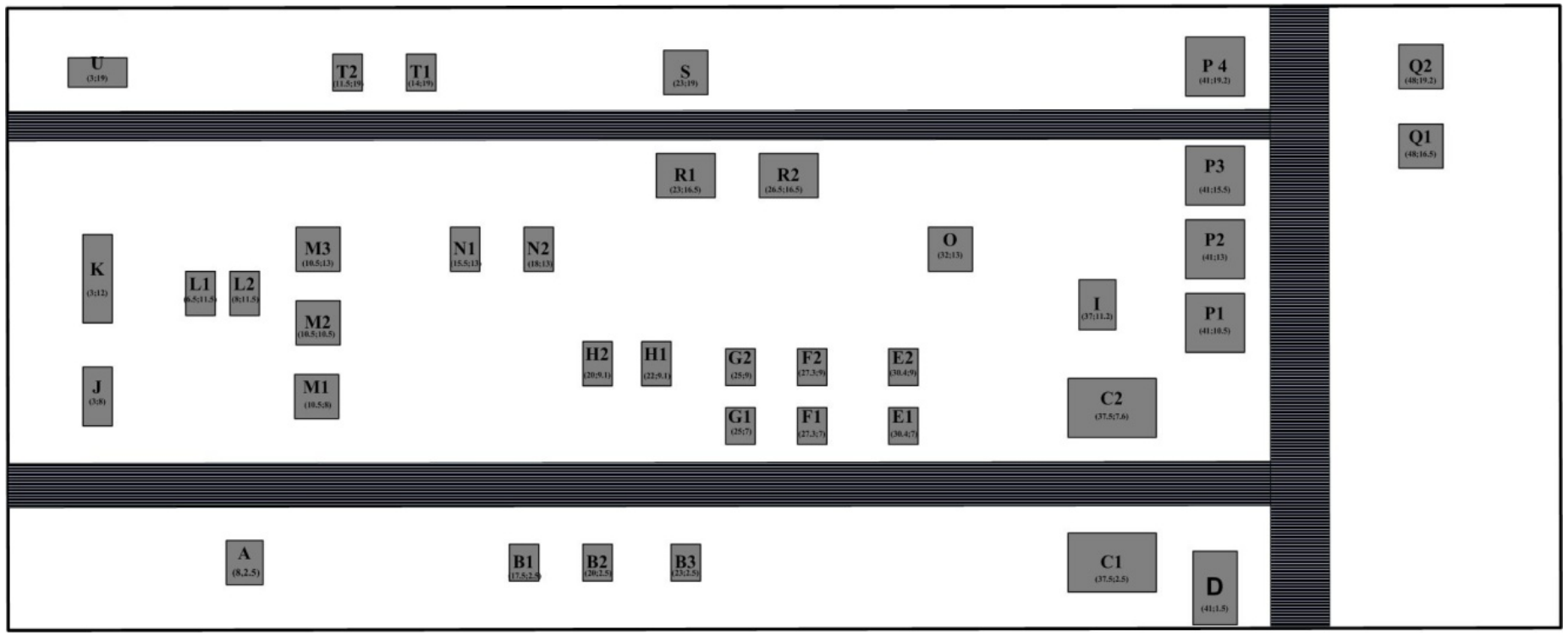
Layout mesin yang ada di departemen Mill 1 dan Mill 2 dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2 berikut ini.



Keterangan Mesin Departemen Mill 1:

A : Pengamplasan
B : Mesin Bor
C : Mesin Spindle Join
D : Mesin Router
E : Mesin Thicknesser 1
F : Mesin Planner 1
G : Mesin Circle Saw 1
H : Mesin Planner 2
I : Mesin Press Hidrolic
J : Mesin Thicknesser 2
K : Mesin Thicknesser 3
L : Mesin Planner 3
M : Mesin Planner 4
N : Mesin Planner 5
O : Mesin Rip Saw
P : Mesin Circle Saw 2
Q : Mesin Dimension
R : Mesin Circle Saw 3
S : Mesin Band Saw
T : Mesin Radial 1
U : Mesin Radial 2
V : Mesin Radial 3
W : Dust Collector

Gambar 4.2 Layout awal departemen Mill 1



Gambar 4.3 Layout awal departemen Mill 2

Keterangan Mesin Departemen Mill 2 :

A	: Mesin Router	L2	: Mesin Scroll 2
B1	: Mesin Spindle 1	M1	: Mesin Radial 1
B2	: Mesin Spindle 2	M2	: Mesin Radial 2
B3	: Mesin Spindle 3	M3	: Mesin Radial 3
C1	: Mesin Dimension 1	N1	: Mesin Vertikal Bor 1
C2	: Mesin Dimension 2	N2	: Mesin Vertikal Bor 2
D	: Mesin Band Saw	O	: Mesin Dimension 3
E1	: Mesin Spindle 4	P1	: Mesin Sanding Master 1
E2	: Mesin Spindle 5	P2	: Mesin Sanding Master 2
F1	: Mesin Mortizer 1	P3	: Mesin Sanding Master 3
F2	: Mesin Mortizer 2	P4	: Mesin Sanding Master 4
G1	: Mesin Thinozer 1	Q1	: Mesin Radial 4
G2	: Mesin Thinozer 2	Q2	: Mesin Radial 5
H1	: Mesin Horisontal Bor 1	R1	: Mesin Bubut 1
H2	: Mesin Horisontal Bor 2	R2	: Mesin Bubut 2
I	: Mesin Circle Saw	S	: Mesin Radial 6
J	: Mesin Belt Sander 1	T1	: Mesin Spindle 4
K	: Mesin Drum Sander	T2	: Mesin Spindle 5
L1	: Mesin Scroll 1	U	: Mesin Belt Sander 2

Koordinat mesin-mesin pada departemen produksi Mill 1 dan Mill 2 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3 Tabel Koordinat Awal Mesin Mill 1 (meter)

Simbol	Nama Mesin	Koordinat	
		x	y
A	Amplas	6	57
B	Bor	6	53.5
C	Spindle Join	9	51
D	Router	6	49
E	Thicknesser	6	45.5
F	Planner	9	42
G	Circle saw	2	39
H	Planner	9	39
I	Press Hidrolic	14.5	39
J	Thicknesser	5	35
K	Thicknesser	8.4	32
L	Planner	5.25	28.5

Simbol	Nama Mesin	Koordinat	
		x	y
M	Planner	5.25	25
N	Planner	5.25	21.5
O	Rip Saw	9	20.8
P	Circle saw	12.5	25
Q	Dimension	8.4	17
R	Circle saw	2	14.5
S	Band Saw	2	11.2
T	Radial	6	11.2
U	Radial	6	8
V	Radial	8.5	8
W	Dust Collector	2	14

Tabel 4.4 Tabel Koordinat Awal Mesin Mill 2 (meter)

Simbol	Nama Mesin	Koordinat	
		x	y
A	Router	8	2.5
B1	Spindle	17	2.5
B2	Spindle	20	2.5
B3	Spindle	23	2.5
C1	Dimension	37	2.5
C2	Dimension	37	7.6
D	Band Saw	41	1.5
E1	Spindle	30	4.7
E2	Spindle	30	4.9
F1	Mortizer	27.3	7
F2	Mortizer	27.3	9
G1	Thinozer	25	7
G2	Thinozer	25	9
H1	Horisontal Bor	22	9.1
H2	Horisontal Bor	20	9.1
I	Circle Saw	37	11.2
J	Belt Sander	3	8
K	Drum Sander	3	12
L1	Scroll	6.5	11.5
L2	Scroll	8	11.5
M1	Radial	10.5	8

Simbol	Nama Mesin	Koordinat	
		x	y
M2	Radial	10.5	10.5
M3	Radial	10.5	13
N1	Vertikal Bor	15.5	13
N2	Vertikal Bor	18	13
O	Dimension	32	13
P1	Sanding Master	41	10.5
P2	Sanding Master	41	13
P3	Sanding Master	41	15.5
P4	Sanding Master	41	19.2
Q1	Radial	48	16.5
Q2	Radial	48	19.2
R1	Bubut	23	16.5
R2	Bubut	26.5	16.5
S	Radial	23	19
T1	Spindle	14	19
T2	Spindle	11.5	19
U	Belt Sander	3	19

4.2.3. Data Struktur Produk

Dalam penelitian ini ada 7 jenis produk yang dijadikan sebagai objek penelitian, yaitu :

1. *Shuterland Conservatory Lounge Chair (S-1024)*
2. *Shuterland Classic Arm Chair (S-5201)*
3. *Wine Entusiast Modular Versility (PD#630-4003/4004)*
4. *Wine Entusiast Stackable Wine Rack (PD#630-1803/1804)*
5. *Wine Entusiast Swedish Wine Rack (WE 08 03)*
6. *Brown Jordan Arm Chair (BJ 10 01)*
7. *Brown Jordan Dining Table (BJ 10 06)*

Setiap produk terdiri atas komponen penyususn produk yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.5 *Bill of Material* S-1024

Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A	Kaki belakang	2
B	Sunduk belakang	1
C	Sandaran samping	2
D	Sandaran atas	1
E	Sandaran bawah	1
F	Slat sandaran	9
G	Kaki depan	2
H	Sunduk depan	1
I	Sunduk samping	1
J1	Slat duduk depan	1
J2	Slat duduk depan	1
J3	Slat duduk depan	1
J4	Slat duduk depan	1
J5	Slat duduk depan	1
J6	Slat duduk depan	1
J7	Slat duduk depan	1
J8	Slat duduk depan	1
J9	Slat duduk depan	1
J10	Slat duduk depan	1
K	Tanganan datar	2
L	Penyangga tanganan	2
M	Clos depan	2
N	Clos belakang	2

Tabel 4.6 *Bill of Material* S-5201

Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A	Kaki belakang	2
B	Kaki depan	2
C	Sandaran atas	1
D	Sandaran bawah	1
E	Slat sandaran	2
F	Ambang duduk samping	2
G	Ambang duduk depan	1
H	Ambang duduk belakang	1
J1	Slat duduk tepi	2
J2	Slat duduk tepi	2

Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
J3	Slat duduk tepi	2
K	Palang kaki	2
L	Sandaran samping	2
M	Tanganan	2
N	Penyangga tanganan	2
L	Clos depan	2
M	Clos belakang	2

Tabel 4.7 *Bill of Material* PD#630-4003/4004

Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A	Bubutan besar	48
B	Bubutan tegak	84
C	Bubutan datar	80

Tabel 4.8 *Bill of Material* PD#630-1803/1804

Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A	Frame panjang	4
B	Frame pendek	4

Tabel 4.9 *Bill of Material* WE 08 03

Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A1	Rangka Tegak Depan	1
A2	Rangka Tegak Belakang	1
F1	Sekat 1	14
F2	Sekat 2	2
F3	Sekat miring	1
F4	Sekat miring	2
B	Rangka datar depan	6
	Rangka datar belakang(plat besi)	5
D	Kaki belakang	4
E	Moul Atas/bawah	4

Tabel 4.10 *Bill of Material* BJ 10 01

Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A	Kaki depan	2

Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
B	Kaki belakang atas	2
C	Kaki belakang bawah	2
D	Tanganan	2
E	Sunduk depan	1
F	Sunduk belakang	1
G	Sunduk samping	2
H	Slat dudukan	1
I	Slat dudukan	1
J	Slat dudukan	1
K	Slat dudukan	1
L	Slat dudukan	2
L1	Sandaran atas	1

Tabel 4.11 *Bill of Material* BJ 10 06

Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A	Kaki	4
B	Sunduk panjang	2
C	Sunduk pendek	2
D	TL sunduk panjang	2
D1	TL sunduk pendek	2
E	Penahan filler	4
F	Klos pojok	4
G	Daun tengah	2
G1	Slat tepi	2
H	Slat tengah	1
J	Penahan slat panjang	2
J1	Penahan slat pendek	2
K	Frame panjang	4
K1	Frame pendek	2
L4	Slat	14
M	Slat tepi dalam	2

4.2.4. Data Part dan Aliran Proses

Dalam penelitian ini beberapa produk sedang diproduksi oleh perusahaan sesuai pesanan konsumen pada bulan Februari yaitu :

1. *Sutherland (*S) yang terbuat dari perpaduan kayu jati dan mahoni.
2. *Wine Enthusiast* (WE) yang terbuat dari kayu mahoni.
3. *Brown Jordan* (BE) yang terbuat dari perpaduan kayu jati dan mahoni.

Untuk Mill 1 karena masih berupa proses kotor, maka variasi komponen yang diproses jauh lebih sedikit, beberapa komponen kotor yang diamati antara lain :

Tabel 4.12 Daftar part dan urutan proses mill 1

No	Kode Komponen	Urutan Mesin	Kode Mesin
1	S-1024/A	Radial-dimension-planner-thicknesser	V-Q-M-K
2	S-1024/C	Radial-dimension-planner-thicknesser	V-Q-M-K
3	S-1024/J1	Radial-dimension-planner-thicknesser	V-Q-M-K
4	S-1024/K	Radial-dimension-planner-thicknesser	V-Q-M-K
5	S-5201/C	Radial-dimension-planner-thicknesser	V-Q-M-K
6	S-5201/E	Radial-dimension-planner-thicknesser	V-Q-M-K
7	S-5201/K	Radial-circle-planner-thicknesser	V-P-M-K
8	S-5201/N	Radial-circle-planner-thicknesser	V-P-M-K
9	S-5201/L	Radial-circle-planner-thicknesser	V-P-M-K
10	WE 08 03/A1	Radial-circle-planner-thicknesser	U-R-N-J
11	WE 08 03/A2	Radial-circle-planner-thicknesser	U-R-N-J
12	WE 08 03/D	Radial-circle-planner-thicknesser	U-R-N-J
13	WE 08 03/F1	Radial-circle-planner-thicknesser	U-R-N-J
14	BJ 10 01/C	Radial-circle-planner-thicknesser	T-G-H-E
15	BJ 10 01/D	Radial-circle-planner-thicknesser	T-G-H-E
16	BJ 10 01/F	Radial-circle-planner-thicknesser	T-G-H-E
17	BJ 10 01/H	Radial-circle-planner-thicknesser	T-G-H-E
18	BJ 10 06/D1	Radial-circle-planner-router	T-G-F-D
19	BJ 10 06/H	Radial-circle-planner-router	T-G-F-D
20	BJ 10 06/F	Radial-circle-planner-router	T-G-F-D

Sementara di Mill 2, komponen kotor dari Mill 1 kemudian dibentuk menjadi part produk.Daftar part dan urutan proses mill 2 terlampir.

4.2.5. Lead Time Produksi

Perusahaan melakukan produksi sesuai dengan permintaan konsumen, rata-rata lama pemenuhan order dari konsumen adalah 3 bulan. Waktu 3 bulan ini terdiri dari waktu pengeringan papan di mesin Kiln selama 1 bulan, pengiriman selama 1 bulan, hal ini dikarenakan konsumen berada di luar negeri sehingga membutuhkan waktu 1 bulan. Itu berarti untuk proses produksi hanya memiliki waktu 1 bulan saja. Ini berlaku untuk semua produk dengan jumlah standar.

4.2.6. Jadwal Kerja Perusahaan

Perusahaan beroperasi selama 5 hari dalam satu minggu dari hari Senin sampai Jumat dengan jam kerja dari jam 08.00 – 16.30. Istirahat selama satu jam dari jam 12.00 – 13.00, khusus hari Jumat istirahat dilakukan selama 1,5 jam dari jam 11.30 – 13.00. Jadi total operasi selama satu minggu adalah 37 jam.

4.2.7. Peralatan Material Handling

Jumlah tenaga kerja di Mill 1 sebanyak 26 orang dan di Mill 2 sebanyak 54 orang. Pekerja ini terdiri dari operator mesin dan operator jalan. Peralatan material handling yang digunakan berupa *Hand truck*. Jumlah *Hand truck*.di Mill 1 sebanyak 2 dan di Mill 2 sebanyak 2 buah. Satu *Hand truck*.dalam melakukan pengangkutan material sebanyak maksimal 2000 m^3 tiap kali angkut dengan kecepatan 30 m/menit. Harga *Hand truck* Rp 2.800.000,00 dan umur ekonomis 3 tahun.

4.2.8. Data Waktu Proses di Setiap Mesin

Data waktu proses di Mill 1 dalam satuan menit untuk memproses tiap part dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

Tabel 4.13 Waktu proses part WE di mesin Radial

0.337	0.327	0.333
0.350	0.347	0.325
0.332	0.345	0.330

0.320	0.350	0.325
0.322	0.345	0.330
0.340	0.318	0.345
0.340	0.348	0.320
0.322	0.343	0.323
0.347	0.348	0.338
0.328	0.335	0.335

Tabel 4.14 Waktu proses part WE di mesin Circle

0.488	0.487	0.498
0.490	0.503	0.508
0.513	0.512	0.495
0.498	0.490	0.497
0.485	0.510	0.510
0.483	0.507	0.508
0.515	0.495	0.485
0.512	0.488	0.502
0.488	0.510	0.495
0.485	0.498	0.515

Tabel 4.15 Waktu proses part WE di mesin Planner

0.305	0.295	0.292
0.285	0.283	0.287
0.305	0.283	0.288
0.288	0.283	0.283
0.308	0.295	0.287
0.287	0.308	0.308
0.302	0.293	0.305
0.290	0.298	0.295
0.307	0.305	0.285
0.302	0.293	0.300

Tabel 4.16 Waktu proses part WE di mesin Thicknesser

0.142	0.138	0.122
0.140	0.133	0.133
0.133	0.142	0.143
0.143	0.132	0.123

0.120	0.142	0.145
0.142	0.122	0.140
0.128	0.127	0.122
0.128	0.128	0.127
0.140	0.130	0.127
0.133	0.122	0.143

Tabel 4.17 Waktu proses part S di mesin Radial

0.345	0.340	0.330
0.333	0.343	0.342
0.323	0.340	0.323
0.328	0.337	0.332
0.338	0.340	0.343
0.337	0.340	0.330
0.333	0.327	0.332
0.335	0.335	0.340
0.323	0.343	0.330
0.343	0.327	0.343

Tabel 4.18 Waktu proses part S di mesin Dimension

0.415	0.420	0.407
0.410	0.417	0.417
0.388	0.420	0.405
0.388	0.420	0.400
0.412	0.398	0.392
0.415	0.412	0.392
0.408	0.413	0.405
0.392	0.408	0.417
0.402	0.400	0.418
0.418	0.412	0.413

Tabel 4.19 Waktu proses part S di mesin Planner

0.308	0.295	0.292
0.317	0.290	0.287
0.313	0.307	0.288
0.308	0.302	0.313
0.308	0.290	0.287

0.287	0.307	0.308
0.302	0.302	0.305
0.290	0.298	0.317
0.307	0.305	0.285
0.302	0.293	0.300

Tabel 4.20 Waktu proses part S di mesin Circle

0.492	0.483	0.487
0.482	0.480	0.493
0.493	0.485	0.493
0.480	0.482	0.487
0.488	0.490	0.492
0.483	0.483	0.487
0.492	0.482	0.493
0.490	0.487	0.493
0.492	0.482	0.492
0.490	0.488	0.488

Tabel 4.21 Waktu proses part BJ di mesin Radial

0.325	0.337	0.342
0.337	0.322	0.337
0.332	0.337	0.330
0.343	0.332	0.330
0.323	0.330	0.322
0.342	0.340	0.333
0.323	0.342	0.343
0.328	0.335	0.322
0.322	0.342	0.335
0.342	0.332	0.333

Tabel 4.22 Waktu proses part BJ di mesin Circle

0.477	0.482	0.483
0.485	0.488	0.483
0.488	0.487	0.480
0.488	0.477	0.485
0.480	0.482	0.477
0.477	0.480	0.485

0.480	0.478	0.483
0.478	0.477	0.485
0.483	0.478	0.480
0.485	0.482	0.482

Tabel 4.23 Waktu proses part BJ di mesin Planner

0.328	0.310	0.310
0.307	0.318	0.322
0.303	0.305	0.322
0.318	0.323	0.322
0.320	0.312	0.303
0.303	0.305	0.312
0.315	0.317	0.305
0.325	0.323	0.328
0.307	0.318	0.305
0.318	0.323	0.317

Tabel 4.24 Waktu proses part BJ di mesin Thicknesser

0.170	0.135	0.153
0.155	0.153	0.148
0.167	0.175	0.165
0.167	0.133	0.167
0.137	0.172	0.173
0.165	0.137	0.145
0.170	0.165	0.148
0.142	0.172	0.138
0.172	0.140	0.155
0.138	0.155	0.152

Tabel 4.25 Waktu proses part BJ di mesin Router

0.290	0.293	0.285
0.288	0.307	0.302
0.298	0.295	0.295
0.293	0.290	0.290
0.308	0.308	0.298
0.285	0.303	0.297
0.287	0.283	0.300

0.293	0.308	0.288
0.298	0.293	0.287
0.302	0.287	0.302

Sementara data waktu proses di Mill 2 dalam satuan menit untuk memproses tiap part dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

Tabel 4.26 Waktu proses di mesin Router

0.333	0.483	0.567
0.483	0.433	0.550
0.583	0.333	0.433
0.400	0.567	0.433
0.483	0.533	0.433
0.500	0.567	0.333
0.550	0.350	0.350
0.533	0.483	0.400
0.450	0.383	0.383
0.417	0.483	0.500

Tabel 4.27 Waktu proses di mesin Spindle

0.290	0.293	0.285
0.288	0.307	0.302
0.298	0.295	0.295
0.293	0.290	0.290
0.308	0.308	0.298
0.285	0.303	0.297
0.287	0.283	0.300
0.293	0.308	0.288
0.298	0.293	0.287
0.302	0.287	0.302

Tabel 4.28 Waktu proses di mesin Dimension

0.700	0.750	0.783
0.917	0.867	0.917
0.867	0.667	0.767
0.833	0.700	0.783
0.733	0.750	0.667

0.900	0.850	0.900
0.817	0.867	0.700
0.733	0.867	0.800
0.717	0.717	0.717
0.683	0.817	0.850

Tabel 4.29 Waktu proses di mesin Band Saw

0.450	0.483	0.467
0.433	0.483	0.417
0.483	0.467	0.450
0.467	0.517	0.433
0.500	0.467	0.433
0.500	0.517	0.483
0.467	0.517	0.517
0.450	0.483	0.500
0.433	0.483	0.450
0.417	0.500	0.467

Tabel 4.30 Waktu proses di mesin Mortizer

0.567	0.600	0.550
0.550	0.617	0.550
0.650	0.567	0.600
0.633	0.533	0.650
0.617	0.583	0.633
0.600	0.500	0.517
0.617	0.567	0.650
0.650	0.617	0.667
0.633	0.667	0.567
0.650	0.567	0.600

Tabel 4.31 Waktu proses di mesin Thinozer

0.800	0.767	0.900
0.833	0.850	0.867
0.833	0.867	0.783
0.817	0.767	0.767
0.817	0.867	0.833
0.867	0.933	0.750

0.900	0.933	0.933
0.867	0.867	0.767
0.750	0.750	0.883
0.767	0.800	0.800

Tabel 4.32 Waktu proses di mesin Horisontal Bor

0.250	0.233	0.217
0.167	0.200	0.233
0.217	0.200	0.183
0.167	0.200	0.233
0.233	0.233	0.250
0.167	0.200	0.167
0.183	0.250	0.200
0.200	0.200	0.167
0.183	0.167	0.233
0.200	0.233	0.183

Tabel 4.33 Waktu proses di mesin Vertikal Bor

0.383	0.400	0.400
0.383	0.417	0.250
0.383	0.333	0.300
0.250	0.317	0.250
0.350	0.317	0.267
0.267	0.283	0.333
0.267	0.283	0.383
0.267	0.417	0.300
0.383	0.283	0.383
0.250	0.267	0.317

Tabel 4.34 Waktu proses di mesin Radial

0.683	0.700	0.683
0.683	0.500	0.700
0.717	0.667	0.733
0.600	0.500	0.533
0.633	0.750	0.550
0.550	0.583	0.600
0.533	0.600	0.733

0.750	0.650	0.733
0.700	0.617	0.667
0.500	0.633	0.500

Tabel 4.35 Waktu proses di mesin Sanding Master

0.817	0.817	0.800
0.600	0.683	0.867
0.767	0.700	0.850
0.767	0.650	0.917
0.583	0.917	0.683
0.733	0.800	0.717
0.833	0.867	0.900
0.650	0.767	0.633
0.667	0.683	0.817
0.900	0.700	0.733

4.2.9. Data Alokasi Biaya Material Handling

Data biaya yang digunakan untuk memperhitungkan biaya *material handling* adalah gaji operator. Gaji operator adalah Rp 820.000,00/bulan. Dalam perhitungan biaya perpindahan material ini diasumsikan dengan gaji operator, penyusutan alat angkut dan biaya perawatan alat angkut.

Biaya perpindahan material untuk *hand truck* diperhitungkan sebagai berikut. Diketahui harga hand hand truck adalah Rp 2.800.000,00 dengan umur ekonomis selama 3 tahun. Biaya perawatan alat angkut adalah Rp 120.000,00/ 6 bulan karena tidak ada biaya perawatan rutin dan hanya perawatan atau ganti spare part saat terjadi kerusakan. Gaji operator alat angkut Rp 820.000,00/bulan.

4.2.1 Biaya penyususstan hand truck

$$\text{Biaya penyusutan} = \frac{harga\ pembelian\ hand\ truck \times 1\ tahun \times hari}{umur\ ekonomis \times 300\ hari \times 8.5\ jam \times 60\ menit}$$

$$= \frac{2.800.000 \times 1\ tahun \times hari}{3\ tahun \times 300\ hari \times 8.5\ jam \times 60\ menit}$$

= Rp 6.10/menit

4.3.1 Biaya perawatan

Biaya perawatan $= \frac{Rp\ 120.000{,}00}{6\ bulan\ x\ 25\ hari\ kerja \times 8.5\ jam \times 60\ menit} = Rp\ 1.57/menit$

4.4.1 Biaya operator

Biaya operator $= \frac{Rp\ 820.000{,}00}{25\ hari\ kerja \times 8.5\ jam \times 60\ menit} = Rp\ 64.31/menit$

4.5.1 Total biaya pemindahan material dengan *hand truck*/menit

Jadi total biaya pemindahan material dengan *hand truck*/ menit

= biaya penyusutan *hand truck* + biaya perawatan + biaya operator

= Rp 6.10 + Rp 1.57 + Rp 64.31

= Rp 71.98/menit

4.3. Pengolahan Data

Di dalam proses pengumpulan data, semua data yang diperlukan dalam penelitian ini didapatkan. Kemudian data yang telah diperoleh tersebut diolah. Pengolahan data yang tepat nantinya akan berpengaruh kepada keakuratan hasil yang didapatkan sehingga sesuai dengan tujuan penelitian. Semua ini bisa didapatkan dengan ketepatan perhitungan dalam pengolahan data yang dilakukan.

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan metode heuristic dalam pengelompokan sel manufaktur. Pengelompokan sel manufaktur ini bertujuan untuk melakukan *relayout* fasilitas produksi di departemen Mill 1 dan Mill 2 di PT. Alis Jaya Ciptatama. *Layout* yang terbentuk akan dibandingkan dengan *layout* awal. Untuk menganalisa pengaruh perubahan layout digunakan metode simulasi, dalam hal ini dilakukan dengan software Promodel 7.0. Penggunaan metode simulasi dengan alasan layout usulan yang didapatkan tentunya tidak dapat langsung diterapkan pada sistem nyata untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sistem yang berlangsung.

4.3.1. Penentuan jarak Antar Stasiun Kerja Layout Awal

Untuk menentukan jarak dari satu mesin ke mesin yang lain pada layout awal dilakukan perhitungan dengan metode perhitungan jarak *Euclidean* dari data koordinat mesin berikut.

Tabel 4.36 Koordinat awal mesin di Mill 1

Simbol	Nama Mesin	Koordinat	
		x	y
A	Amplas	6	57
B	Bor	6	53.5
C	Spindle Join	9	51
D	Router	6	49
E	Thicknesser	6	45.5
F	Planner	9	42
G	Circle saw	2	39
H	Planner	9	39
I	Press Hidrolic	14.5	39
J	Thicknesser	5	35
K	Thicknesser	8.4	32
L	Planner	5.25	28.5
M	Planner	5.25	25
N	Planner	5.25	21.5
O	Rip Saw	9	20.8
P	Circle saw	12.5	25
Q	Dimension	8.4	17
R	Circle saw	2	14.5
S	Band Saw	2	11.2
T	Radial	6	11.2
U	Radial	6	8
V	Radial	8.5	8
W	Dust Collector	2	14

Tabel 4.37 Koordinat awal mesin di Mill 2

Simbol	Nama Mesin	Koordinat	
		x	y
A	Router	8	2.5
B1	Spindle	17	2.5
B2	Spindle	20	2.5
B3	Spindle	23	2.5
C1	Dimension	37	2.5
C2	Dimension	37	7.6
D	Band Saw	41	1.5
E1	Spindle	30	4.7

Simbol	Nama Mesin	Koordinat	
		x	y
E2	Spindle	30	4.9
F1	Mortizer	27.3	7
F2	Mortizer	27.3	9
G1	Thinozer	25	7
G2	Thinozer	25	9
H1	Horisontal Bor	22	9.1
H2	Horisontal Bor	20	9.1
I	Circle Saw	37	11.2
J	Belt Sander	3	8
K	Drum Sander	3	12
L1	Scroll	6.5	11.5
L2	Scroll	8	11.5
M1	Radial	10.5	8
M2	Radial	10.5	10.5
M3	Radial	10.5	13
N1	Vertikal Bor	15.5	13
N2	Vertikal Bor	18	13
O	Dimension	32	13
P1	Sanding Master	41	10.5
P2	Sanding Master	41	13
P3	Sanding Master	41	15.5
P4	Sanding Master	41	19.2
Q1	Radial	48	16.5
Q2	Radial	48	19.2
R1	Bubut	23	16.5
R2	Bubut	26.5	16.5
S	Radial	23	19
T1	Spindle	14	19
T2	Spindle	11.5	19
U	Belt Sander	3	19

Dari data koordinat mesin yang ada dilakukan perhitungan dengan rumus jarak *Euclidean*. Misal perhitungan jarak di departemen Mill 1 Jarak antara mesin D dan E dapat dihitung dengan cara

$$d(D,E) = \sqrt{(x_{D-}x_E)^2 + (y_{D-}y_E)^2}$$

$d(D,E) = \sqrt{(6-6)^2 + (49-45.5)^2}$

$d(D,E) = 3.5$

Contoh perhitungan jarak di departemen Mill 2 yaitu :

$d(O,J) = \sqrt{\left(x_{O-}x_J\right)^2 + \left(y_{O-}y_J\right)^2}$

$d(O,J) = \sqrt{(32-3)^2 + (13-8)^2}$

$d(O,J) = \sqrt{841+25} = \sqrt{866} = 29.43$

Hasil perhitungan jarak di departemen Mill 1 dapat dilihat pada tabel 4.38 sementara perhitungan jarak di departemen Mill 2 terlampir.

Tabel 4.38 Jarak antar mesin departemen Mill 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
A	0	3.50	6.71	8.00	11.50	15.30	18.44	18.25	19.91	22.02	25.11	28.51	32.01	35.51	36.37	32.65	40.07	42.69	45.97	45.80	49.00	49.06	43.19
B		0	3.91	4.50	8.00	11.88	15.04	14.81	16.81	18.53	21.63	25.01	28.51	32.01	32.89	29.23	36.58	39.20	42.49	42.30	45.50	45.57	39.70
C			0	3.61	6.26	9.00	13.89	12.00	13.20	16.49	51.00	22.81	26.27	29.74	30.25	26.23	34.01	37.17	40.41	39.91	43.10	43.00	37.66
D				0	3.50	7.62	10.77	10.44	13.12	14.04	17.17	20.51	24.01	27.51	28.41	24.86	32.09	34.73	38.01	37.80	41.00	41.08	35.23
E					0	4.61	7.63	7.16	10.70	10.55	13.71	17.02	20.51	24.01	24.93	21.51	28.60	31.26	34.53	34.30	37.50	37.58	31.75
F						0	7.62	3.00	6.26	8.06	10.02	14.01	17.41	20.84	21.25	17.36	25.01	28.38	31.59	30.95	34.13	34.00	28.86
G							0	7.00	12.50	5.00	9.48	10.99	14.37	17.80	19.55	17.50	22.91	24.50	27.80	28.09	31.26	31.67	25.00
H								0	5.50	5.66	7.03	11.15	14.49	17.90	18.25	14.43	22.01	25.48	28.67	27.96	31.14	31.00	25.96
I									0	10.31	9.28	13.99	16.78	19.79	19.06	14.14	22.83	27.50	30.48	29.07	32.14	31.58	27.95
J										0	4.53	6.50	10.00	13.50	14.80	12.50	18.32	20.72	23.99	23.82	27.02	27.23	21.21
K											0	4.71	7.68	10.96	11.27	8.11	15.00	18.63	18.63	20.94	24.12	24.00	19.10
L												0	3.50	7.00	8.61	8.05	11.92	14.37	17.60	17.32	20.51	20.76	14.86
M													0	3.50	5.67	7.25	8.60	10.99	14.18	13.82	17.02	17.31	11.47
N														0	3.82	8.05	5.49	7.72	10.80	10.33	13.52	13.89	8.17
O															0	5.51	3.80	9.38	11.84	10.01	13.10	12.76	9.72
P																0	8.99	14.85	17.34	15.25	18.20	17.46	15.21
Q																	0	6.87	8.64	6.28	9.31	9.00	7.07
R																		0	3.30	5.19	7.63	9.19	0.50
S																			0	4.00	5.12	7.24	2.80
T																				0	3.20	4.06	4.88
U																					0	2.50	7.21
V																						0	8.85
W																							0

4.3.2. Pembuatan Layout Usulan

4.3.2.1. Metode Rank Order Clustering

Sebelum dilakukan perhitungan dengan Metode *Rank Order Clustering* terlebih dahulu dibentuk matrik part-mesin awal yaitu *Incidence Matrik*.

Tabel 4.39 Incidence Matrik

P/M		MESIN																				2^{n-1}
		B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
PART	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2^{20}
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2^{19}
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2^{18}
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2^{17}
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2^{16}
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2^{15}
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2^{14}
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2^{13}
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2^{12}
	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2^{11}
	11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2^{10}
	12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2^{9}
	13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2^{8}
	14	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2^{7}
	15	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2^{6}
	16	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2^{5}
	17	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2^{4}
	18	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2^{3}
	19	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2^{2}
	20	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2^{1}
	21	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2^{0}
2^{p-1}		2^{19}	2^{18}	2^{17}	2^{16}	2^{15}	2^{14}	2^{13}	2^{12}	2^{11}	2^{10}	2^{9}	2^{8}	2^{7}	2^{6}	2^{5}	2^{4}	2^{3}	2^{2}	2^{1}	2^{0}	

Setelah *Incidence Matrik* terbentuk selanjutnya dihitung desimal ekuivalen dari setiap baris dan diurutkan dari besar ke kecil.

Misalkan untuk part 1 : $2^{11} + 2^{9} + 2^{7} + 2^{0} = 2593$ (16)

Dengan cara perhitungan yang sama diperoleh hasil :

Part 2 : 2593 (17)
Part 3 : 2593 (18)
Part 4 : 2593 (19)
Part 5 : 2593 (20)
Part 6 : 2593 (21)
Part 7 : 2625 (13)
Part 8 : 2625 (14)
Part 9 : 2625 (15)
Part 10 : 4370 (9)
Part 11 : 4370 (10)
Part 12 : 4370 (11)
Part 13 : 4370 (12)
Part 14 : 90116 (5)
Part 15 : 90116 (6)
Part 16 : 90116 (7)
Part 17 : 90116 (8)
Part 18 : 180228 (1)
Part 19 : 180228 (2)
Part 20 : 180228 (3)
Part 21 : 180228 (4)

Sehingga didapatkan urutan part 18-19-20-21-14-15-16-17-10-11-12-13-7-8-9-1-2-3-4-5-6. Untuk perhitungan pengurutan baris terlampir. Setelah dilakukan pengurutan baris didapatkan matrik baru.

Tabel 4.40 *Rearranged rows* matriks

P/M		MESIN																			
		B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
PART	18	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	19	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	20	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	21	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	14	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	15	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

	16	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	17	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1

Selanjutnya dilakukan perhitungan decimal ekuivalen untuk kolom dan kemudian diurutkan dari tinggi ke rendah.

Misalkan untuk mesin ke D : $2^{20} + 2^{19} + 2^{18} + 2^{17} = 1966080$ (3)

Dengan cara perhitungan yang sama diperoleh hasil :

Part B : 0 (16)

Part C : 0 (17)

Part E : 122880 (5)

Part F : 1966080 (4)

Part G : 2088960 (1)

Part H : 122880 (6)

Part I : 2625 (14)

Part J : 7680 (7)

Part K : 511 (11)

Part L : 0 (18)

Part M : 511 (12)

Part N : 7680 (8)

Part O : 0 (19)

Part P : 448 (14)

Part Q : 63 (15)

Part R : 7680 (9)

Part S : 0 (20)

Part T : 2088960 (2)

Part U : 7680 (10)

Part V : 511 (13)

Sehingga didapatkan urutan mesin G-T-D-F-E-H-J-N-R-U-K-M-V-P-Q-B-C-L-O-S. Untuk perhitungan pengurutan kolom terlampir. Setelah dilakukan pengurutan kolom didapatkan matrik baru. Kemudian kembali dilakukan perhitungan desimal ekuivalen baris dan hasilnya tetap, sehingga didapatkan matrik akhir.

Tabel 4.41 *Rearranged Final Matrik* Mill1

P/M		MESIN																			
		G	T	D	F	E	H	J	N	R	U	K	M	V	P	Q	B	C	L	O	S
PART	18	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0

Dengan cara perhitungan yang sama didapatkan hasil akhir perhitungan dengan *Rank Order Clustering* pada Departemen Mill 2 didapatkan pengelompokan sel menjadi 2 yaitu:

1. Sel 1

   Urutan mesin : A, P2, B1, F2, N2, H1,B2, O, Q2, P1, G2

   Urutan part : 36,26,27,37,54,55,57,41-43,4-5,8-9,20,25,67,29,30-31, 6,77-78,68-69,61-65,70-71,75-76,81-82,24,2

2. Sel 2

   Urutan mesin : P3, G1, F1, E1, N1, B3, H2, D, C2, T1, Q1, C1, E2, P4, S, T2

   Urutan part : 56,58-60,38,66,10-19,32-34,1,46-47,22-23,40,28,21, 44-45,35,72,73,50-51,48-49,52-53,79-80

Perhitungan dan *cell* yang terbentuk terlampir.

Performance Measures Rank Order Clustering I Mill 1

M = 15; P = 21; o = 84 ;d = 10; e = 0 ; v = 25

a. *Grouping Efficiency* η

$$\eta = w\eta_1 + (1-w)\eta_2$$

$$\eta_1 = \frac{o-e}{o-e+v} = \frac{84-0}{84-0+25} = \frac{84}{109} = 0{,}77$$

$$\eta_2 = \frac{MP - o - v}{MP - o - v + e} = \frac{(15 \times 21) - 84 - 25}{(15 \times 21) - 84 - 25 + 0} = \frac{311}{311} = 1$$

Dipakai $w = 0.5$

$$\eta = w\eta_1 + (1-w)\eta_2 = 0.5(0.77) + 1(0.5) = 0.385 + 0.5 = 0.885$$

b. Grouping Efficacy τ

$$\tau = \frac{o-e}{o+v} = \frac{84-0}{84+25} = \frac{84}{109} = 0.77$$

c. Grouping measure

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m$$

$$\eta_u = \frac{d}{(d+v)} = \frac{10}{(10+25)} = \frac{10}{35} = 0.286$$

$$\eta_m = 1 - \left(\frac{d}{o}\right) = 1 - \left(\frac{10}{o}\right) = 1 - 1 = 0$$

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m = 0.286 - 0 = 0.286$$

Performance Measures Rank Order Clustering I Mill 2

M = 27; P = 82; o = 239 ;d = 4; e = 0 ; v = 873

a. *Grouping Efficiency η*

$$\eta = w\eta_1 + (1-w)\eta_2$$

$$\eta_1 = \frac{o-e}{o-e+v} = \frac{239-0}{239-0+873} = \frac{239}{1112} = 0{,}215$$

$$\eta_2 = \frac{MP - o - v}{MP - o - v + e} = \frac{(27 \times 82) - 239 - 873}{(27 \times 82) - 239 - 873 + 0} = \frac{1102}{1102} = 1$$

Dipakai $w = 0.5$

$$\eta = w\eta_1 + (1-w)\eta_2 = 0.5(0.215) + 1(0.5) = 0.1075 + 0.5 = 0.6075$$

b. Grouping Efficacy τ

$$\tau = \frac{o-e}{o+v} = \frac{239-0}{239+873} = \frac{239}{1112} = 0.215$$

c. Grouping measure

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m$$

$$\eta_u = \frac{d}{(d+v)} = \frac{4}{(4+873)} = \frac{4}{877} = 0.0045$$

$$\eta_m = 1 - \left(\frac{d}{o}\right) = 1 - \left(\frac{0.0045}{o}\right) = 1 - 1 = 0$$

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m = 0.0045 - 0 = 0.0045$$

4.3.2.2. Rank Order Clustering II

Berdasarkan *incidence marik* maka penyusunannya sebagai berikut :

1. Penyusunan part

Tabel 4.42 Penyusunan baris

Kolom	Baris																				
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
18	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	14	15	16	17	18	19	20	21
17	14	15	16	17	18	19	20	21	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	14	15	16	17	18	19	20	21	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	7	8	9
13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
12	7	8	9	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
11	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	14	15	16	17	18	19	20	21
10	7	8	9	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
9	7	8	9	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
8	7	8	9	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
7	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	14	15	16	17	18	19	20	21
6	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21
5	14	15	16	17	18	19	20	21	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
4	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
3	14	15	16	17	18	19	20	21	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
2	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
1	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
Baris	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6

Sehingga diperoleh susunan baris 18-19-20-21-14-15-16-17-10-11-12-13-7-8-9-1-2-3-4-5-6. Kemudian dilanjutkan langkah selanjutnya berdasarkan matrik yang telah disusun barisnya.

2. Penyusunan mesin

Tabel 4.43 Penyusunan kolom

Baris	Kolom																			
21(6)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20(5)	9	11	15	20	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	13	14	16	17	18	19
19(4)	9	11	15	20	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	13	14	16	17	18	19

18(3)	9	11	15	20	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	13	14	16	17	18	19
17(2)	9	11	15	20	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	13	14	16	17	18	19
16(1)	9	11	15	20	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	13	14	16	17	18	19
15(9)	9	11	15	20	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	13	14	16	17	18	19
14(8)	9	11	20	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	13	16	17	18	19
13(7)	9	11	20	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	13	16	17	18	19
12(13)	9	11	20	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	13	16	17	18	19
11(12)	8	12	16	19	9	11	20	14	15	1	2	3	4	5	6	7	10	13	17	18
10(11)	8	12	16	19	9	11	20	14	15	1	2	3	4	5	6	7	10	13	17	18
9(10)	8	12	16	19	9	11	20	14	15	1	2	3	4	5	6	7	10	13	17	18
8(17)	8	12	16	19	9	11	20	14	15	1	2	3	4	5	6	7	10	13	17	18
7(16)	4	6	7	18	8	12	16	19	9	11	20	14	15	1	2	3	5	10	13	17
6(15)	4	6	7	18	8	12	16	19	9	11	20	14	15	1	2	3	5	10	13	17
5(14)	4	6	7	18	8	12	16	19	9	11	20	14	15	1	2	3	5	10	13	17
4(21)	4	6	7	18	8	12	16	19	9	11	20	14	15	1	2	3	5	10	13	17
3(20)	6	18	3	5	4	7	8	12	16	19	9	11	20	14	15	1	2	10	13	17
2(19)	6	18	3	5	4	7	8	12	16	19	9	11	20	14	15	1	2	10	13	17
1(18)	6	18	3	5	4	7	8	12	16	19	9	11	20	14	15	1	2	10	13	17
Kolom	6	18	3	5	4	7	8	12	16	19	9	11	20	14	15	1	2	10	13	17

Sehingga diperoleh penyusunan kolom dengan urutan 6-18-3-5-4-7-8-12-16-19-9-11-20-14-15-1-2-10-13-17. Kemudian matrik disusun kembali sesuai urutan. Kemudian masuk ke langkah pertama apabila susunan matrik sama maka iterasi dilakukan. Setelah dilakukan 2 iterasi pada perhitungan ini didapatkan matrik baru.

Tabel 4.44 *Final rearranged matrix*

		MESIN																			
		G	T	D	F	E	H	J	N	R	U	K	M	V	P	Q	B	C	L	O	S
PART	18	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	**1**	**1**	0	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	**1**	**1**	0	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	**1**	**1**	0	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	**1**	**1**	0	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

12	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	0	0	0	0

Untuk perhitungan ROC II di Mill 2 terlampir. Untuk hasil sel yang terbentuk ada 2 sel, sebagai berikut :

1. Sel 2

   Urutan mesin : P3, B3, G1, H2, F1, N1, E1, C2, T1, C1, E2, Q1, D, P4, S, T2

   Urutan part : 38,66, 21,56,58-60, 10-19,32-34,1,46-47,22-23,40,28, 44-45,35,72,73,50-51,48-49,52-53,79-80

2. Sel 1

   Urutan mesin : P2, A, B1, F2, N2, H1,B2, Q2, O, G2, P1

   Urutan part : 36,3,26,27,37,54,55,57,41-43,4-5,8-9,20,25,67,29,30-31, 6,77-78,68-69,61-65,70-71,75-76,81-82,24,2

Performance Measures Rank Order Clustering II Mill 1

M = 15; P = 21; o = 84 ;d = 10; e = 0 ; v = 25

a. *Grouping Efficiency* η

$$\eta = w\eta_1 + (1-w)\eta_2$$

$$\eta_1 = \frac{o-e}{o-e+v} = \frac{84-0}{84-0+25} = \frac{84}{109} = 0{,}77$$

$$\eta_2 = \frac{MP-o-v}{MP-o-v+e} = \frac{(15 \times 21) - 84 - 25}{(15 \times 21) - 84 - 25 + 0} = \frac{311}{311} = 1$$

Dipakai $w = 0.5$

$$\eta = w\eta_1 + (1-w)\eta_2 = 0.5(0.77) + 1(0.5) = 0.385 + 0.5 = 0.885$$

b. Grouping Efficacy τ

$$\tau = \frac{o-e}{o+v} = \frac{84-0}{84+25} = \frac{84}{109} = 0.77$$

c. Grouping measure

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m$$

$$\eta_u = \frac{d}{(d+v)} = \frac{10}{(10+25)} = \frac{10}{35} = 0.286$$

$$\eta_m = 1 - \left(\frac{d}{o}\right) = 1 - \left(\frac{10}{o}\right) = 1 - 1 = 0$$

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m = 0.286 - 0 = 0.286$$

Performance Measures Rank Order Clustering II Mill 2

M = 27; P = 82; o = 239 ;d = 4; e = 0 ; v = 873

a. *Grouping Efficiency η*

$$\eta = w\eta_1 + (1-w)\eta_2$$

$$\eta_1 = \frac{o-e}{o-e+v} = \frac{239-0}{239-0+873} = \frac{239}{1112} = 0{,}215$$

$$\eta_2 = \frac{MP - o - v}{MP - o - v + e} = \frac{(27 \times 82) - 239 - 873}{(27 \times 82) - 239 - 873 + 0} = \frac{1102}{1102} = 1$$

Dipakai $w = 0.5$

$$\eta = w\eta_1 + (1-w)\eta_2 = 0.5(0.215) + 1(0.5) = 0.1075 + 0.5 = 0.6075$$

b. Grouping Efficacy τ

$$\tau = \frac{o-e}{o+v} = \frac{239-0}{239+873} = \frac{239}{1112} = 0.215$$

c. Grouping measure

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m$$

$$\eta_u = \frac{d}{(d+v)} = \frac{4}{(4+873)} = \frac{4}{877} = 0.0045$$

$$\eta_m = 1 - \left(\frac{d}{o}\right) = 1 - \left(\frac{0.0045}{o}\right) = 1 - 1 = 0$$

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m = 0.0045 - 0 = 0.0045$$

4.3.2.3. Metode *Direct Clustering Algorithm*

Sesuai dengan *incidende matrik* dilakukan perhitungan dengan DCA, langkah awalnya adalah dengan menjumlahkan baris dan kolom,seperti terlihat pada tabel 4.45

Tabel 4.45 Matrik DCA

M/P		Part																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
MESIN	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	4
	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	4
	J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
	K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Q	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
	U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
	V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	

Kemudian diurutkan dan kelompokkan biner angka 1 dan juga biner angka 0. Mulai dengan mendekatkan baris kemudian kolom. Saat matrik tidak berubah, maka iterasi dihentikan.

Tabel 4.46 Final rearranged matrix dengan DCA

M/P		Part																			
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	7	8	9	1	2	3	4	5	6
MESIN	K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	G	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	J	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Untuk perhitungan DCA di Mill 2 terlampir.

Performance Measures Direct Clustering Algorithm Mill 1

M = 15; P = 21; o = 84 ;d = 6; e = 0 ; v = 25

a. *Grouping Efficiency* η

$$\eta = w\eta_1 + (1-w)\eta_2$$

$$\eta_1 = \frac{o-e}{o-e+v} = \frac{84-0}{84-0+25} = \frac{84}{109} = 0{,}77$$

$$\eta_2 = \frac{MP-o-v}{MP-o-v+e} = \frac{(15 \times 21) - 84 - 25}{(15 \times 21) - 84 - 25 + 0} = \frac{311}{311} = 1$$

Dipakai $w = 0.5$

$$\eta = w\eta_1 + (1-w)\eta_2 = 0.5(0.77) + 1(0.5) = 0.385 + 0.5 = 0.885$$

b. Grouping Efficacy τ

$$\tau = \frac{o-e}{o+v} = \frac{84-0}{84+25} = \frac{84}{109} = 0.77$$

c. Grouping measure

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m$$

$$\eta_u = \frac{d}{(d+v)} = \frac{6}{(10+25)} = \frac{6}{35} = 0.17$$

$$\eta_m = 1 - \left(\frac{d}{o}\right) = 1 - \left(\frac{6}{o}\right) = 1 - 1 = 0$$

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m = 0.17 - 0 = 0.17$$

Performance Measures Rank Order Clustering I Mill 2

M = 27; P = 82; o = 239 ;d = 5; e = 0 ; v = 873

a. *Grouping Efficiency η*

$$\eta = w\eta_1 + (1-w)\eta_2$$

$$\eta_1 = \frac{o-e}{o-e+v} = \frac{239-0}{239-0+873} = \frac{239}{1112} = 0{,}215$$

$$\eta_2 = \frac{MP - o - v}{MP - o - v + e} = \frac{(27 \times 82) - 239 - 873}{(27 \times 82) - 239 - 873 + 0} = \frac{1102}{1102} = 1$$

Dipakai $w = 0.5$

$$\eta = w\eta_1 + (1-w)\eta_2 = 0.5(0.215) + 1(0.5) = 0.1075 + 0.5 = 0.6075$$

b. Grouping Efficacy τ

$$\tau = \frac{o-e}{o+v} = \frac{239-0}{239+873} = \frac{239}{1112} = 0.215$$

c. Grouping measure

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m$$

$$\eta_u = \frac{d}{(d+v)} = \frac{5}{(4+873)} = \frac{5}{877} = 0.005$$

$$\eta_m = 1 - \left(\frac{d}{o}\right) = 1 - \left(\frac{0.005}{o}\right) = 1 - 1 = 0$$

$$\eta_g = \eta_u - \eta_m = 0.005 - 0 = 0.005$$

4.4. Simulasi Sistem

4.4.1. Formulasi Sistem

Pada tahap ini sistem produksi di Mill 1 dan di Mill 2 akan dimodelkan dan disimulasikan dengan bantuan *software* Promodel 7.0. Tujuannya adalah untuk mengetahui performansi dari sistem yang ada. Karena pada kenyataannya *layout* yang diubah tidak bisa langsung kita terapkan di perusahaan, oleh karena performansi dari layout terlebih dahulu dilihat performansinya secara visual melalui simulasi yang dibuat.

4.4.2. Pengumpulan Data Simulasi

Agar model yang dibuat dapat merepresentasikan sistem nyatanya, maka terlebih dahulu diidentifikasi bagian-bagian dari simulasi, yaitu :

1. Entitas adalah bahan baku, yang diidentifikasikan sebagai part-part yang diproses.
2. Atribut untuk identifikasi jenis-jenis part yang mengalami beberapa proses yang berbeda.
3. *Variable* sistem adalah total part yang diproses.
4. Sumber daya sistem adalah Operator atau pekerja yang berperan dalam memproduksi produk.
5. *Path Network* adalah jalur untuk resource bergerak dan berpindah.
6. Antrian sistem adalah waktu menunggu atau ditahannya part sebelum proses. Dimana besarnya ditentukan dari hasil pengamatan sistem
7. Kejadian(*event*) adalah sesuatu yang terjadi pada waktu tertentu yang kemungkinan menyebabkan perubahan terhadap atribut atau variabel. Ada tiga kejadian umum dalam simulasi ini, yaitu *Arrival* (kedatangan), *Departure* (entiti meninggalkan sistem), dan *The End* (simulasi berhenti)
8. *Simulation Clock* adalah nilai sekarang dari waktu dalam simulasi.

9. Replikasi mempunyai pengertian bahwa setiap menjalankan dan menghentikan simulai dengan cara yang sama dan menggunakan set parameter input yang sama pula (*identical part*), tetapi menggunakan masukan bilangan random yang terpisah (*independent part*) untuk membangkitkan waktu antar kedatangan dan pelayanan (hasil-hasil simulasi). Sedangkan panjang waktu simulasi yang diinginkan untuk setiap replikasi disebut *Run Hours* yaitu selama 8.5 jam kerja, sedangkan banyaknya replikasi disebut *Number Of Replication* yaitu sebanyak 1 replikasi. Dimana 1 replikasi menunjukkan bahwa simulasi dijalankan selama 1 hari.

Sistem yang dimodelkan adalah sistem produksi di departemen Mill 1 dan Mill 2 PT Alis Jaya Ciptatama. Sesuai dengan topic penelitian yang dilakukan terdapat beberapa model yang dibuat yaitu masing-masing 1 model dengan *initial layout* dan 3 model untuk desain alternatif dengan layout *cellular manufactur*.

Sebagai data dan informasi dalam pembuatan model di Mill 1 dan Mill 2 masing-masing dapat dilihat di tabel 4.47dan 4.48

Tabel 4.47 Data dan Informasi untuk model Mill 1

No	Data dan Informasi	Input Model	Keterangan
1	Jam Kerja	*Run Hours*	37 Jam Kerja/Minggu
		Number Of Replication	1 hari
2	Jumlah Mesin	*Location*	21 mesin
3	Jumlah Pekerja dan alur Pekerja	Path Network dan Resource	1 operator di setiap mesin dan 2 *hand truck*
3	Urutan Proses	*Processing*	urutan proses tiap part
5	Kedatangan bahan baku	*Arrival*	Jenis Bahan Baku dan Logic yang digunakan
6	Jumlah kedatangan bahan baku setiap kali datang	*Arrival (Quantity Each* dan *Frekuensi)*	Jenis Bahan Baku dan Logic yang digunakan
7	Waktu proses tiap part di tiap mesin/perakitan	*Logic Simulation*	Wait dan *Logic Expression*
8	*WIP, End Produk*	*Variable*	*Logic Simulation*
9	Ukuran Lot	*Group size*	

Tabel 4.48 Data dan Informasi untuk model Mill 2

No	Data dan Informasi	Input Model	Keterangan
1	Jam Kerja	*Run Hours*	37 Jam Kerja/Minggu
		Number Of Replication	1 hari
2	Jumlah Mesin	*Location*	38 mesin
3	Jumlah Pekerja dan alur Pekerja	Path Network dan Resource	1 operator di setiap mesin dan 2 *hand truck*
3	Urutan Proses	*Processing*	urutan proses tiap part
5	Kedatangan bahan baku	*Arrival*	Jenis Bahan Baku dan Logic yang digunakan
6	Jumlah kedatangan bahan baku setiap kali datang	*Arrival (Quantity Each* dan *Frekuensi)*	Jenis Bahan Baku dan Logic yang digunakan
7	Waktu proses tiap part di tiap mesin/perakitan	*Logic Simulation*	Wait dan *Logic Expression*
8	*WIP, End Produk*	*Variable*	*Logic Simulation*
9	Ukuran Lot	*Group size*	

4.4.3. Validasi Data Input

4.4.3.1. Uji Keseragaman Data

Dalam penelitian yang dilakukan, data waktu proses yang digunakan diambil dengan sampel data di lapangan sebanyak 30 data. Supaya data yang diperoleh sesuai dengan sistem nyata dan diketahui keseragaman datanya, maka dilakukan uji keseragaman data dengan rumus berikut.

$$UCL = \bar{X} + k\sigma$$

$$LCL = \bar{X} - k\sigma$$

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

Dengan :

UCL = *Upper Control Limit* / Batas Kontrol Atas

LCL = *Lower Control Limit* / Batas Kontrol Bawah

$\overline{X}$ = Nilai Rata-rata

σ = Standart Deviasi

k = Tingkat keyakinan

Contoh perhitungan data pada mesin Router

$\bar{X} = 0.458$

$k = 2$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(0.333 - 0.458)^2 + (0.483 - 0.458)^2 + \cdots + (0.5 - 0.458)^2}{30-1}}$$

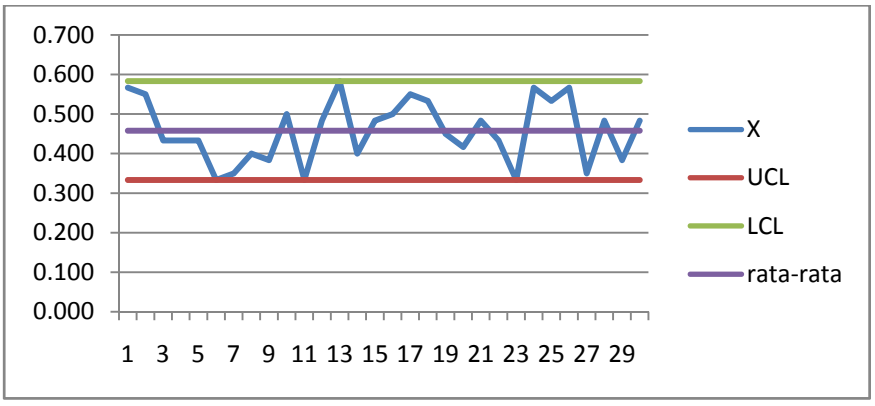
$$\sigma = \sqrt{\frac{0.631}{29}} = 0.147$$

$$UCL = \bar{X} + k\sigma = 0.458 + (2 \times 0.147) = 0.75$$

$$LCL = \bar{X} - k\sigma = 0.458 - (2 \times 0.147) = 0.16$$

Nilai minimum untuk waktu proses part pada mesin Router adalah 0.333

Nilai maksimum untuk waktu proses part pada mesin Router adalah 0.583



Gambar 4.5 Grafik keseragaman data waktu proses part pada mesin Router

Dari perhitungan diatas tidak ada data yang diluar batas kontrol, sehingga data waktu proses part pada mesin Router dikatakan seragam. Hasil uji keseragaman waktu proses di mesin-mesin Mill 1 dan Mill 2 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.49 Uji keseragaman data waktu proses Mill 1

Nama Mesin	Part	$\bar{X}$	Min	Max	σ	LCL	UCL	Keterangan
RADIAL	S	0.335	0.323	0.345	0.007	0.322	0.349	SERAGAM
	BJ	0.333	0.322	0.343	0.008	0.318	0.348	SERAGAM
	WE	0.335	0.318	0.350	0.010	0.314	0.356	SERAGAM
PLANNER	S	0.300	0.285	0.317	0.036	0.227	0.373	SERAGAM
	BJ	0.315	0.303	0.328	0.022	0.271	0.359	SERAGAM
	WE	0.295	0.283	0.308	0.042	0.212	0.378	SERAGAM
THICKNESSER	BJ	0.155	0.133	0.175	0.183	-0.211	0.522	SERAGAM
	WE	0.133	0.120	0.145	0.206	-0.278	0.544	SERAGAM
CIRCLE SAW	S	0.488	0.480	0.493	0.155	0.177	0.798	SERAGAM
	BJ	0.482	0.477	0.488	0.149	0.183	0.781	SERAGAM
	WE	0.499	0.483	0.515	0.167	0.165	0.834	SERAGAM
DIMENSION	S	0.408	0.388	0.420	0.075	0.258	0.557	SERAGAM
ROUTER	BJ	0.295	0.283	0.308	0.041	0.213	0.377	SERAGAM

Tabel 4.50 Uji keseragaman data waktu proses Mill 2

Mesin	$\bar{X}$	Min	Max	σ	LCL	UCL	Keterangan
Samding Master	0.761	0.583	0.917	0.444	-0.127	1.648	SERAGAM
Vertikal Bor	0.323	0.250	0.417	0.059	0.206	0.440	SERAGAM
Horisontal Bor	0.205	0.167	0.250	0.135	-0.065	0.475	SERAGAM
Radial	0.633	0.500	0.750	0.314	0.005	1.261	SERAGAM
Sanding Master	0.761	0.583	0.917	0.444	-0.127	1.648	SERAGAM
Thinozer	0.831	0.750	0.933	0.508	-0.185	1.847	SERAGAM
Mortizer	0.599	0.500	0.667	0.272	0.054	1.144	SERAGAM
Band Saw	0.471	0.417	0.517	0.142	0.188	0.755	SERAGAM
Dimension	0.788	0.667	0.917	0.467	-0.147	1.723	SERAGAM
Spindle	0.295	0.283	0.308	0.041	0.213	0.377	SERAGAM
Router	0.458	0.333	0.583	0.147	0.163	0.753	SERAGAM

4.4.3.2. Uji Kecukupan Data Waktu Proses

Pengujian data input yang selanjutnya adalah uji kecukupan data. Tujuannya adalah untuk mengetahui data yang dikumpulkan cukup secara obyektif. Perhitungan dilakukan dengan rumus berikut :

Uji kecukupan data menggunakan rumus :

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

Dengan :

k = Tingkat Keyakinan = 95% = 2

s = Derajat Ketelitian = 0.05

N = Jumlah data pengamatan

N' = Jumlah data teoritis

Jika N'< N, maka data dianggap cukup.

Contoh perhitungan kecukupan data pada Part S di mesin Circle

$\sum X$ = 14.628

$(\sum X)^2$ = 213.988

$\sum X^2$ = 7.134

N = 30

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s}\sqrt{N\sum X^2-(\sum X)^2}}{\sum X}\right]^2 = \left[\frac{\frac{2}{0.05}\sqrt{(30\times 7.134)- 213.988}}{14.628}\right]^2 = 0.132$$

Diketahui bahwa N'< N, yaitu 0.132 < 30, maka data dikatakan cukup untuk digunakan dalam penelitian ini. Hasil perhitungan kecukupan data di Mill 1 dan Mill 2 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.51 Uji kecukupan data waktu proses Mill 1

Nama Mesin	Part	N	k	s	$\sum X$	$(\sum X)^2$	$\sum X^2$	N'	Keterangan
RADIAL	S	30	2	0.05	10.057	101.137	3.373	0.629	CUKUP
	BJ	30	2	0.05	9.990	99.800	3.328	0.731	CUKUP
	WE	30	2	0.05	10.048	100.969	3.369	1.478	CUKUP
PLANNER	S	30	2	0.05	9.012	81.210	2.710	1.605	CUKUP
	BJ	30	2	0.05	9.445	89.208	2.975	1.017	CUKUP
	WE	30	2	0.05	8.847	78.264	2.611	1.397	CUKUP
THICKNESSER	BJ	30	2	0.05	4.663	21.747	0.730	11.980	CUKUP
	WE	30	2	0.05	3.990	15.920	0.533	5.769	CUKUP

CIRCLE SAW	S	30	2	0.05	14.628	213.988	7.134	0.132	CUKUP
	BJ	30	2	0.05	14.455	208.947	6.965	0.091	CUKUP
	WE	30	2	0.05	14.972	224.151	7.475	0.686	CUKUP
DIMENSION	S	30	2	0.05	12.233	149.654	4.991	0.938	CUKUP
ROUTER	BJ	30	2	0.05	8.855	78.411	2.615	1.011	CUKUP

Tabel 4.52 Uji kecukupan data waktu proses Mill 2

Mesin	N	k	s	$\sum X$	$(\sum X)^2$	$\sum X^2$	N'	Keterangan
Sanding Master	30	2	0.05	22.817	520.600	17.625	25.022	CUKUP
Vertikal Bor	30	2	0.05	9.683	93.767	3.221	48.769	CUKUP
Horisontal Bor	30	2	0.05	6.150	37.823	1.284	29.013	CUKUP
Radial	30	2	0.05	18.983	360.367	12.211	26.453	CUKUP
Thinozer	30	2	0.05	24.933	621.671	20.820	7.538	CUKUP
Mortizer	30	2	0.05	17.967	322.801	10.821	8.999	CUKUP
Band Saw	30	2	0.05	14.133	199.751	6.684	6.266	CUKUP
Dimension	30	2	0.05	23.633	558.534	18.801	15.705	CUKUP
Spindle	30	2	0.05	8.855	78.411	2.615	1.011	CUKUP
Router	30	2	0.05	14.300	204.490	6.936	28.115	CUKUP

4.4.4. Pengolahan Data Waktu dengan *StatFit*

Dalam tahap ini, tidak dilakukan uji kecukupan data dan keseragaman data waktu yang telah ada. Namun akan dicari distribusi yang sesuai dengan menggunakan *Stat Fit* sebagai *toll* pembantu dari *Software* ProModel. Contoh tahapan pencarian distribusi yang sesuai untuk waktu proses adalah sebagai berikut:

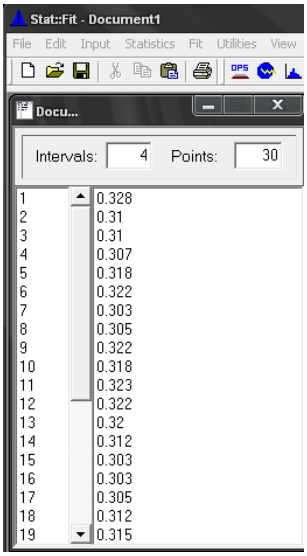
1. Diketahui data waktu proses part BJ dan Papan pada mesin planner adalah :

(Dalam Menit)

0.328	0.310	0.310
0.307	0.318	0.322
0.303	0.305	0.322
0.318	0.323	0.322
0.320	0.312	0.303

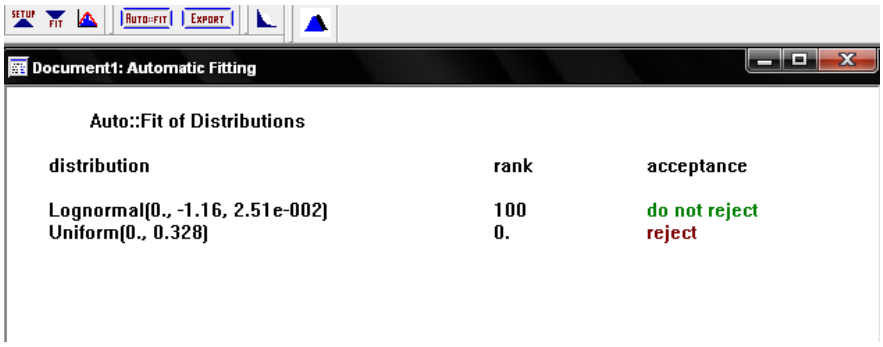
0.303	0.305	0.312
0.315	0.317	0.305
0.325	0.323	0.328
0.307	0.318	0.305
0.318	0.323	0.317

2. Memasukkan data tersebut ke *tools* ProModel yaitu *Stat Fit*, untuk mencari distribusi waktu yang sesuai :

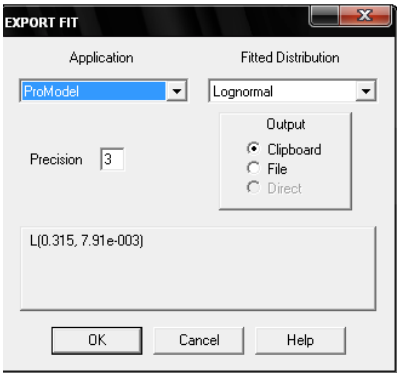


Gambar 4.5 Data Waktu Proses pada *Stat Fit*

Dari data tersebut, didapatkan distribusi yang sesuai, dengan menggunakan *auto fit*. Dan distribusi yang digunakan akan di-*export Fit* terlebih dahulu untuk selanjutnya akan digunakan pada software ProModel

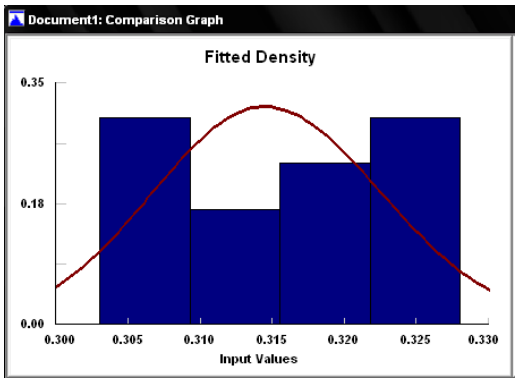


Gambar 4.6 Distribusi data pada *Stat Fit*



Gambar 4.7 *Export Fit* Pada Stat Fit

3. Dari Hasil Stat Fit, diketahui bahwa distribusi data yang dimiliki oleh Waktu Proses part BJ pada mesin Planner adalah Lognormal dengan nilai tengah 3.15 Dengan grafik sebagai berikut :

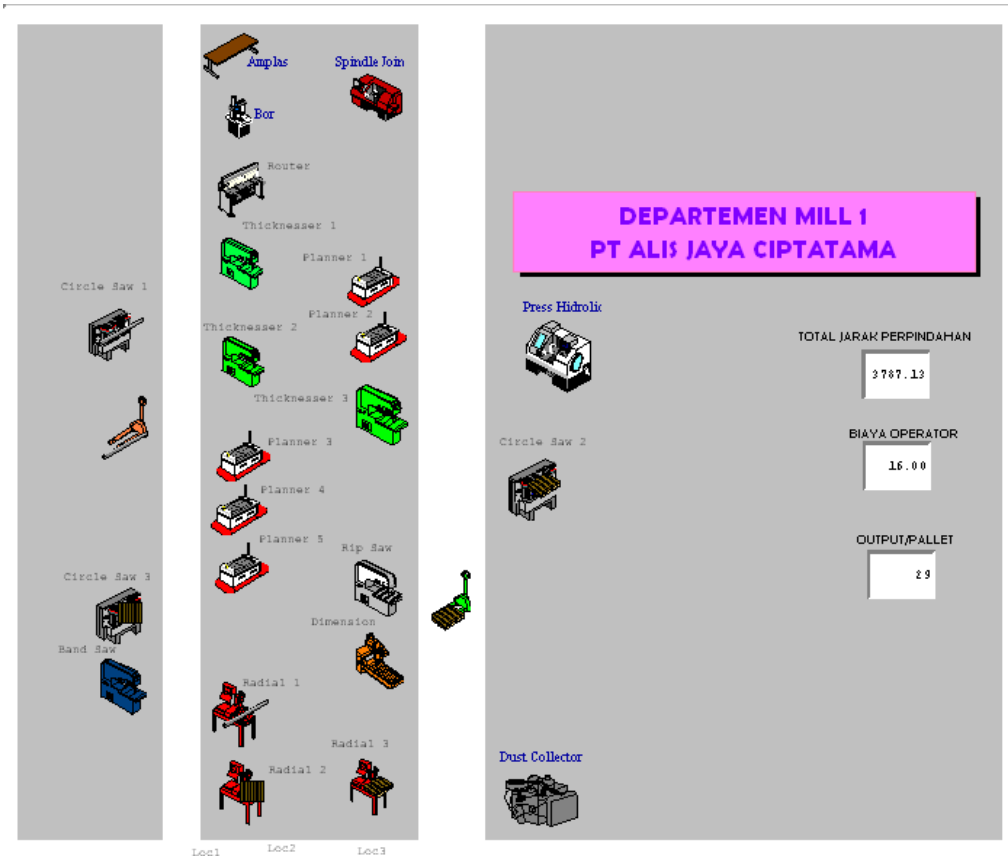


Gambar 4.8 Grafik Distribusi Normal L(0.315, 7.91e-003)

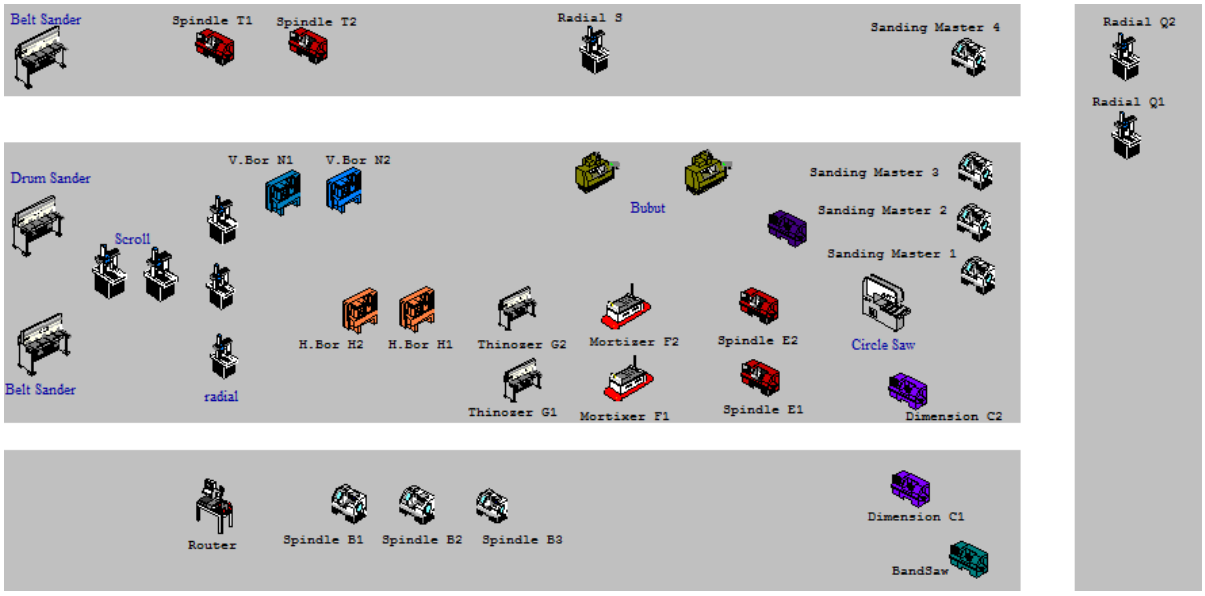
4. Setelah diketahui distribusi yang sesuai, maka nilai distribusi tersebut dimasukkan ke dalam *logic simulation* pada software ProModel

4.4.5. Jalankan Program (*Initial Layout*)

Setelah proses bangun model maka model yang telah dibuat dijalankan. Gambaran model di departemen Mill 1 dan Mill 2 saat dijalankan dapat dilihat pada tampilan *run mode* berikut.



Gambar 4.9 *Initial Model* Awal Mill 1



Gambar 4.10 *Initial Model* Awal Mill 2

4.4.6. Output simulasi model awal

Setelah dijalankan maka dapat dilihat ouput dari simulasi yang telah dibuat. Untuk model awal di departemen Mill 1 output produk per pallet setelah dijalankan dengan replikasi 30 kali dengan panjang 1 kali replikasi 37 jam atau setara dengan 5 hari kerja adalah.

Tabel 4.53 Output simulasi

Minggu	Pallet	Minggu	Pallet
1	28	16	28
2	28	17	28
3	28	18	27
4	27	19	28
5	27	20	28
6	28	21	28
7	28	22	28
8	27	23	27
9	28	24	28
10	27	25	27
11	27	26	28
12	28	27	28
13	27	28	28
14	28	29	27
15	28	30	28

Sementara untuk perhitungan jarak dengan menggunakan simulasi pada layout awal sebesar 9244,27 m. Sehingga apabila dihitung biaya OMH dengan ongkos perpindahan material Rp 48.82,00/meter. Maka OMH layout awal di mill 1 sebesar Rp 451.305,26.

4.4.7. Validasi output simulasi model awal

Untuk memastikan bahwa model yang dibuat sesuai dengan sistem nyatanya maka dilakukan validasi output simulasi. Data yang digunakan untuk validasi adalah data output produk per pallet setiap minggu untuk rata-rata produksi 7 jenis produk. Data historis yang digunakan untuk validasi didapatkan dari data perusahaan.

Tabel 4.54 Data Historis Mill 1

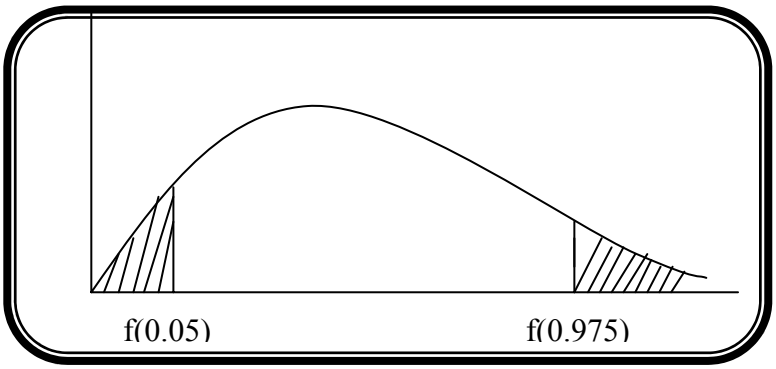
Minggu	Pallet	Minggu	Pallet
1	28	16	28
2	28	17	28
3	28	18	28
4	28	19	28
5	28	20	29
6	28	21	29
7	27	22	29
8	27	23	29
9	27	24	29
10	27	25	28
11	27	26	28
12	27	27	28
13	27	28	28
14	28	29	28
15	28	30	28

1. Uji Validasi Kesamaan Dua Variansi
   a. Hipotesis

      Ho : $\partial 1 = \partial 2$

      H1 : $\partial 1 \neq \partial 2$

      α = 0,05



Gambar 4.11 Daerah Penerimaan

b. Ho diterima jika F 0,975(29,29) < F Hitung < F 0,025(29,29)

   F tabel 0,025 = 2,101

   F tabel 0,975 = 0,476

c. F hitung

$$\text{F hitung} = \frac{\text{v1}^2}{\text{v2}^2} = \frac{0{,}479^2}{0{,}64^2} = 0{,}56$$

d. Kesimpulan

   Karena F tabel 0,975 < F Hitung < F tabel 0,025

   Yaitu 0,476 < 0,56 < 2,101

   Maka Ho tidak ditolak, maka tidak cukup bukti untuk menyimpulkan bahwa variansi simulasi berbeda dengan sistem nyata.

2. Uji Validasi Kesamaan Dua Rata-Rata

Tabel 4.55 Data Simulasi dan Data Historis

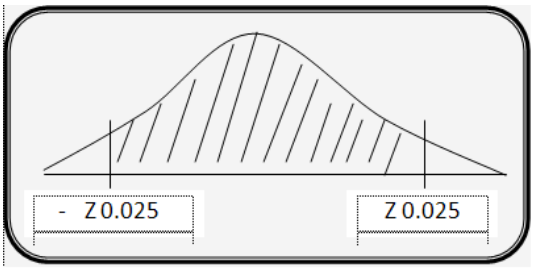
	SIMULASI	NYATA
Mean	27.67	27,93
SD (v)	0.479	0,64
n	30	30

a. Hipotesis

Ho : $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$

α = 0,05 $\alpha / 2 = 0{,}025$



Gambar 4.12 Daerah penerimaan

b. Ho diterima apabila –Z 0.025 < Z hitung < Z 0.025

c. Z Hitung

$$Sp^2 = \frac{(n_1 - 1)v_1^2 + (n_2 - 1)v_2^2}{n_1 + n_{2-2}}$$

$Sp^2 = 0{,}33$

$$Z\ hitung = \frac{Mean_{1_} Mean_{\ 2}}{\sqrt{Sp^2\ (\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}}$$

Z hitung = -0.418

d. Kesimpulan

Karena -1,96 < -0.418< 1,96

Maka Ho tidak ditolak, berarti tidak cukup bukti untuk menyimpulkan bahwa rata-rata hasil simulasi berbeda dengan sistem nyata.

3. Validasi *Chi Square*.

Tabel 4.56 Data Simulasi dan Data Historis

Produk Pallet	Relative Frequency	
	Historis (Expected)	Simulasi (Actual)
27	7	10
28-29	23	20
Total	30	30

Probabilitas = 0.1953

Chi Kuadrat hitung = 35,2854

Chi Kuadrat hitung = 42,5570

Analisa hasil

H_0 : Data Hasil Simulasi Sesuai dengan Data Sistem Nyata

H_1 : Data Hasil Simulasi Tidak Sesuai dengan Data Sistem Nyata

Jika X^2 Hitung < X^2 Table, H_0 Diterima

Jika X^2 Hitung > X^2 Table, H_0 Ditolak

Kesimpulan :

Data simulasi sesuai dengan sistem nyata.

Tabel 4.57 Data Historis Mill 2

Minggu	Pallet	Minggu	Pallet
1	28	16	28
2	28	17	28
3	28	18	28
4	28	19	28
5	28	20	27
6	28	21	27
7	27	22	27
8	27	23	27
9	27	24	27
10	28	25	27
11	28	26	27
12	28	27	27
13	28	28	27
14	28	29	28
15	28	30	28

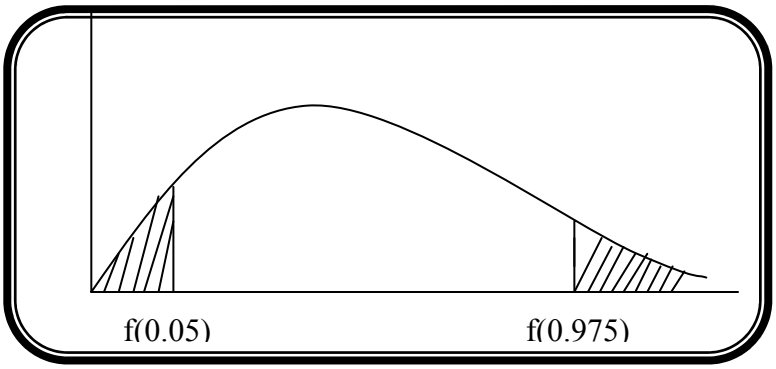
1. Uji Validasi Kesamaan Dua Variansi

   a. Hipotesis

      Ho : $\partial 1 = \partial 2$

      H1 : $\partial 1 \neq \partial 2$

      α = 0,05



Gambar 4.13 Daerah Penerimaan

   b. Ho diterima jika F 0,975(29,29) < F Hitung < F 0,025(29,29)

      F tabel 0,025 = 2,101

      F tabel 0,975 = 0,476

   c. F hitung

$$\text{F hitung} = \frac{\text{v1}^2}{\text{v2}^2} = \frac{0{,}490^2}{0{,}498^2} = 0{,}968$$

   d. Kesimpulan

      Karena F tabel 0,975 < F Hitung < F tabel 0,025

      Yaitu 0,476 < 0,968 < 2,101

      Maka Ho tidak ditolak, maka tidak cukup bukti untuk menyimpulkan bahwa variansi simulasi berbeda dengan sistem nyata.

2. Uji Validasi Kesamaan Dua Rata-Rata

Tabel 4.58 Data Simulasi dan Data Historis

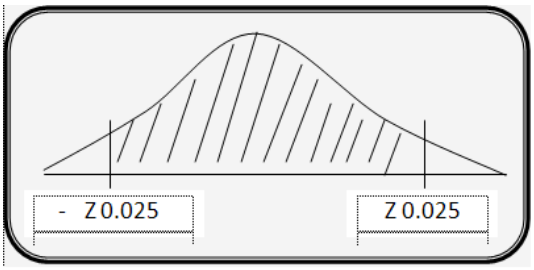
	SIMULASI	NYATA
Mean	27.63	27.6
SD (v)	0.490	0.498
n	30	30

e. Hipotesis

Ho : $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$

α = 0,05 $\alpha / 2$ = 0,025



Gambar 4.14 Daerah penerimaan

f. Ho diterima apabila –Z 0.025 < Z hitung < Z 0.025

g. Z Hitung

$$Sp^2 = \frac{(n_1 - 1)v_1^2 + (n_2 - 1)v_2^2}{n_1 + n_{2-2}}$$

Sp^2 = 0,253

$$Z\ hitung = \frac{Mean_{1_} Mean_{\ 2}}{\sqrt{Sp^2\ (\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}}$$

Z hitung = -0.0987

h. Kesimpulan

Karena -1,96 < -0.0987< 1,96

Maka Ho tidak ditolak, berarti tidak cukup bukti untuk menyimpulkan bahwa rata-rata hasil simulasi berbeda dengan sistem nyata.

3. Validasi *Chi Square*.

Tabel 4.59 Data Simulasi dan Data Historis

Produk Pallet	Relative Frequency	
	Historis (Expected)	Simulasi (Actual)
27	12	11
28	18	19
Total	30	30

Probabilitas = 0.7094

Chi Kuadrat hitung = 24,3918

Chi Kuadrat hitung = 33,7109

Analisa hasil

H_0 : Data Hasil Simulasi Sesuai dengan Data Sistem Nyata

H_1 : Data Hasil Simulasi Tidak Sesuai dengan Data Sistem Nyata

Jika X^2 Hitung < X^2 Table, H_0 Diterima

Jika X^2 Hitung > X^2 Table, H_0 Ditolak

Kesimpulan :

Data simulasi sesuai dengan sistem nyata.

4.4.8. Mendesain Model Eksperimen

Setelah model awal yang dibuat sesuai dengan sistem nyata, maka dibuatlah model alternatif sesuai dengan pembentukan sel manufaktur yang sudah terbentuk dengan tiga metode, yaitu *Rank Order Clustering I, Rank Order Clustering II,* dan *Direct Clustering Algoritm.*Desain alternatif yang terbentuk dengan ketiga metode tersebut adalah sebagai berikut :

a. Departemen Mill 1

1) Layout alternatif 1

Pada pembentukan sel manufaktur, departemen Mill 1 terbagi menjadi 3 sel. Sel pertama terdiri dari 6 mesin yaitu radial, 2 mesin planner, circle saw, thicknesser, router. Sel kesua terdiri dari 4 mesin yaitu radial, planner, circle saw dan thicknesser. Sel terakhir terdiri dari 5 mesin yaitu radial, dimension, circle saw, planner, dan thicknesser.

Dalam layout alternatif 1 ini setiap mesin yang terletak pada sel yang sama didekatkan. Mesin T (radial) digeser mendekati mesin G (circle saw), Posisi yang tadinya diisi mesin T digantikan mesin N (planner), dan mesin Q (Dimension) digeser menuju tempat awal mesin N. Mesin V(radial) digeser ke posisi awal mesin Q. Mesin J (thicknesser) menempati posisi awal mesin R (circle saw) dan

mesin R menempati posisi awal mesin Q. Untuk lebih jelasnya gambar alternatif layout 1 ini dapat dilihat pada lampiran.

2) Layout alternatif 2

Jumlah sel manufaktur pada alternatif 2 ini sama dengan alternatif 1, penempatan mesin pada intinya juga sama. Namun, pada alternatif 2 ini mesin J (thicknesser) di sebelah utara mesin N (planner) dan mesin R (circle saw) menempati posisi awal mesin Q (dimension).

3) Layout alternatif 3

Sama dengan alternatif pertama, perbedaannya hanya pada penenmpatan mesin M (planner) yang digeser sehingga menjadi sejajar dengan mesin K (thicknesser). Gambar perubahan *layout* terlampir.

b. Departemen Mill 2

1) Layout alternatif 1

Pada departemen Mill 2, jumlah sel yang terbentuk hanya 2 dan merupakan jumlah sel yang besar. Sel pertama terdiri dari 11 mesin dan sel kedua terdiri dari 16 mesin. Untuk alternatif *layout* yang pertama Mesin B3 (spindle) bertukar posisi dengan Q2 (radial). Mesin P2 dan P1 (sanding master) digeser di sebelah Q2. Posisi awal P1 dan P2 digantikan oleh mesin F1(mortizer) dan G1(thinozer). Mesin H2(bor horizontal) dan N1(bor vertical) digeser di dekat mesin S (radial).

2) Layout alternatif 2

Dengan prinsip yang sama dengan alternatif yang pertama, mesin B3 (spindle) bertukar posisi dengan Q2 (radial). Mesin P2 dan P1 (sanding master) digeser di sebelah Q2. Posisi awal P1 dan P2 digantikan oleh mesin F1(mortizer) dan G1(thinozer). Mesin H2(bor horizontal) dan N1(bor vertical) digeser di dekat mesin S (radial). Perpindahan yang berbeda dilakukan pada mesin N2 (bor vertical) ditempatkan di sebelah G2(thinozer).

3) Layout alternatif 3

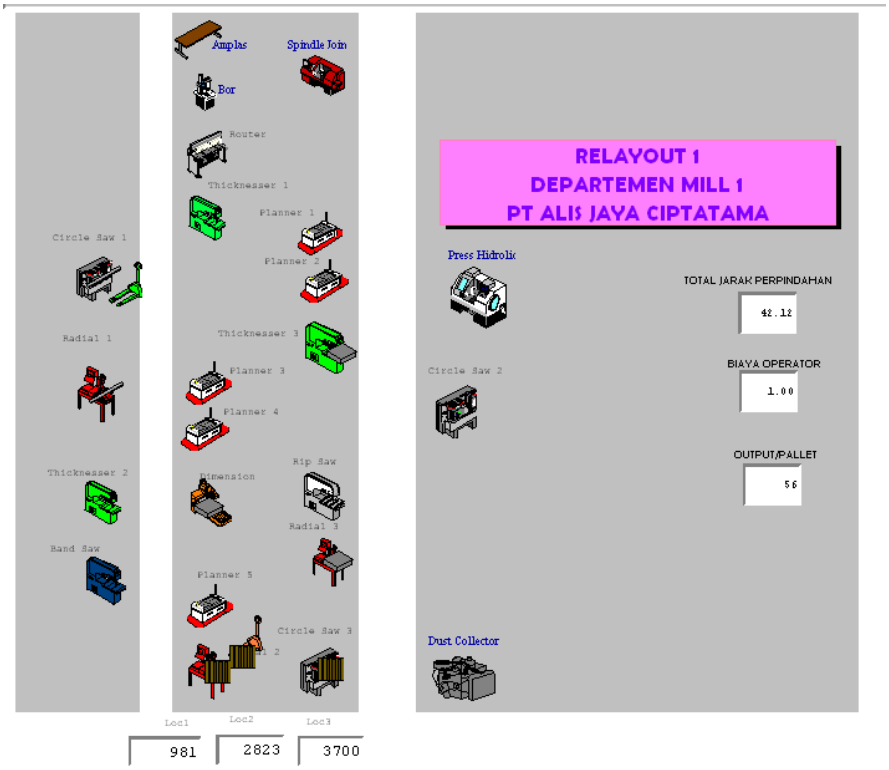
Pada *relayout* kali ini mesin B3 (spindle) bertukar posisi dengan Q2 (radial). Mesin P2 dan P1 (sanding master) digeser di sebelah Q2. Posisi awal P1 dan P2 digantikan oleh mesin F1(mortizer) dan G1(thinozer). Mesin H2(bor horizontal) dan N1(bor vertical) digeser di dekat mesin S (radial). Selain itu ada perpindahan

mesin A(router) di sebelah G2(thinozer). Gambar untuk masing – masing ususlan layout terlampir.

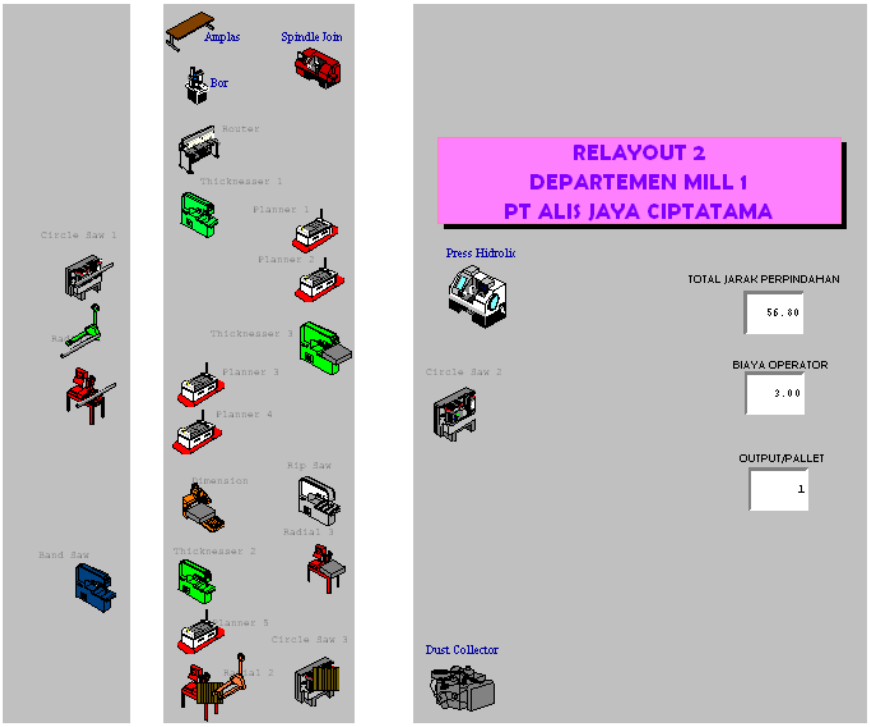
4.4.9. Menjalankan Model Eksperimen

Setelah mendesain layout – layout usulan langkah selanjutnya adalah membuat simulasi alternative layout yang telah dibuat. Hal ini disebabkan ketidakmungkinan untuk langsung menerapkan rancangan tata letak fasilitas produksi langsung pada sistem nyatanya. Oleh karena itu, dibutuhkan alat bantu yaitu dengan Promodel 7.0.

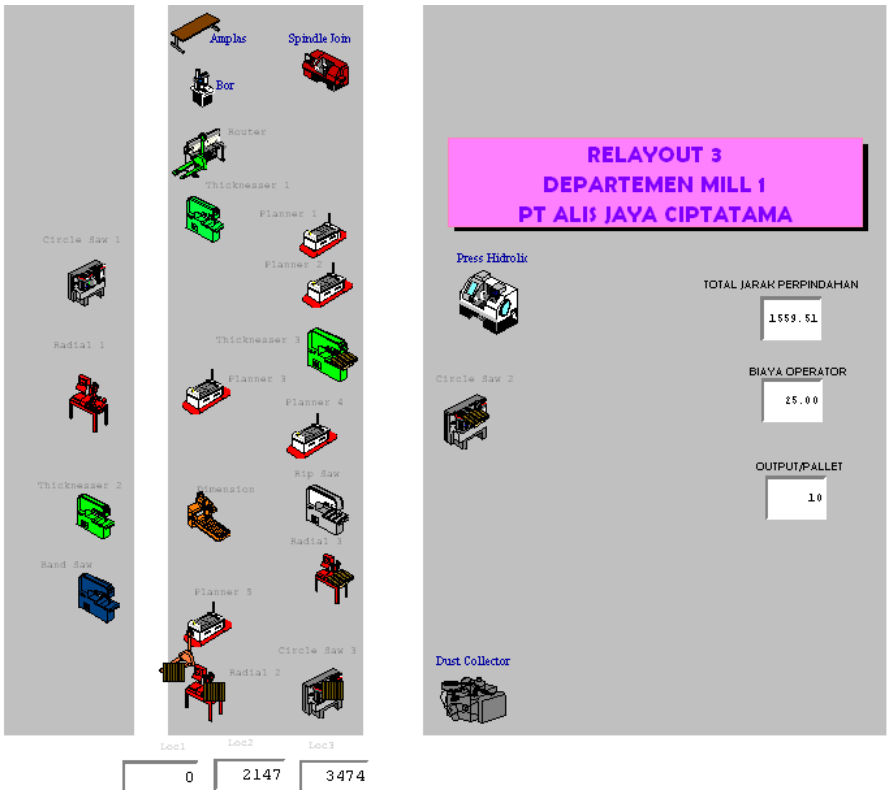
Simulasi ini juga membantu menganalisa rancangan layout yang dibuat, tertutama untuk jarak perpindahan material dan juga *lead time* produksi. Kedua hal ini akan menjadi focus utama dalam simulasi yang dibuat. Gambar *run mode* desain alternatif layout baik di Mill 1 maupun Mill 2 dapat dilihat sebagai berikut.



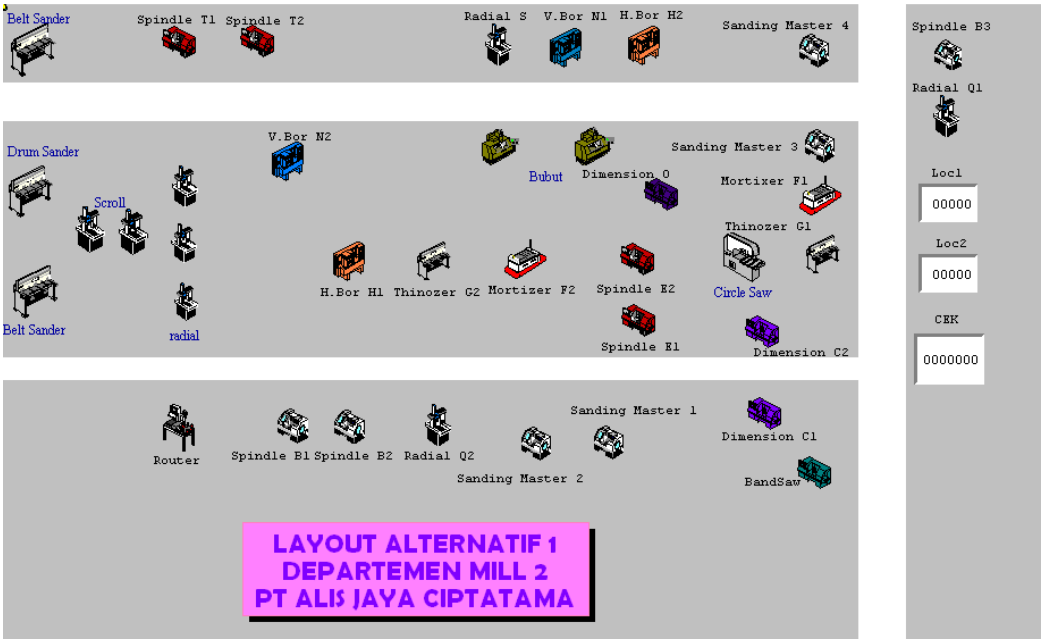
Gambar 4.15Layout *run mode* alternatif 1 Mill 1



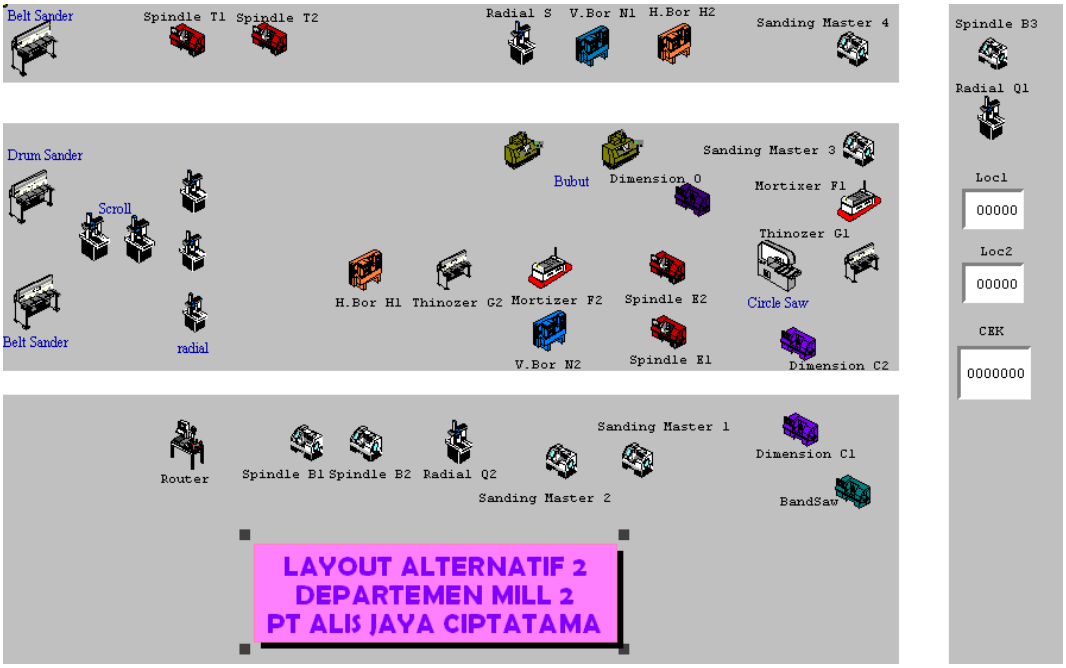
Gambar 4.16Layout *run mode* alternatif 2 Mill 1



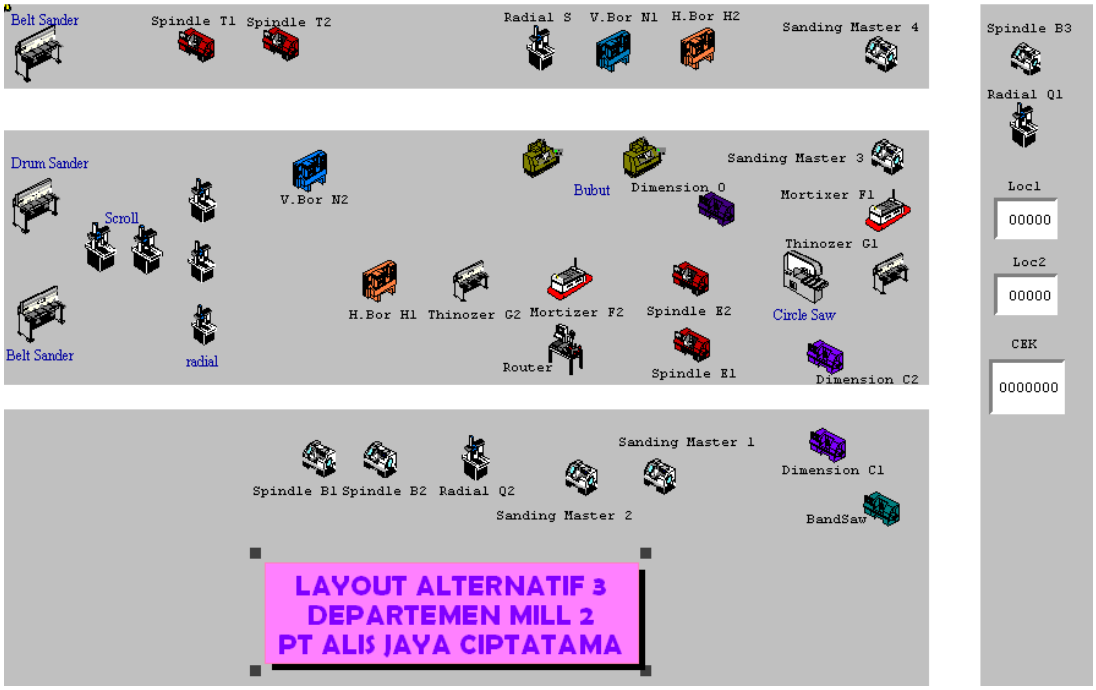
Gambar 4.17 Layout *run mode* alternatif 3 Mill 1



Gambar 4.18 Layout run mode alternatif 1 Mill 2



Gambar 4.19 Layout *run mode* alternatif 2 Mill 2



Gambar 4.18 Layout *run mode* alternatif 3 Mill 2

4.5. Perhitungan Biaya Material handling

Biaya perpindahan material dipengaruhi oleh beberapa factor yaitu peralatan *material handling*, biaya perpindahan material/satuan waktu, total jarak pemindahan material yang ditempuh, frekuensi pemindahan material, dan total waktu pemindahan material. Peralatan yang digunakan untuk perpindahan material di departemen Mill 1 dan Mill 2 adalah *hand truck* yang ditarik oleh seorang operator.

a. Biaya Pemindahan Material

Dalam penentuan biaya – biaya *material handling* (OMH) akan dipengaruhi oleh jenis peralatan yang digunakan, biaya (upah) tenaga kerja, jarak yang ditempuh perhari dan jumlah hari kerja. Peralatan *material handling* yang digunakan adalah *hand truck*. Keterangan mengenai alat material handling ini, adalah :

1. Jumlah masing – masing 2 buah di Mill 1 dan Mill 2, dengan harga pembelian perunit Rp. 2.800.000,00. Dengan umur ekonomis 3 tahun.

2. Kebutuhan tenaga kerja masing-masing 2 orang, dengan biaya tenaga kerja Rp 820.000/bulan berarti Rp 32.800,00/hari setiap orang dengan asumsi 25 hari kerja dalam 1 bulan.
3. Jam kerja adalah 8.5 jam / hari.
4. Jumlah hari kerja perbulan 25 hari, atau 300 hari pertahun.

Dari data–data tersebut maka perhitungan ongkos *material handling* dapat ditentukan sebagai berikut :

Biaya penyusutan (metode garis lurus)

$$= \frac{2.800.000}{3 \times 12} = Rp\ 77.777{,}78/bulan$$

Biaya tenaga kerja = Rp 820.000,00

Biaya perawatan = Rp 120.000,00/6 bulan = Rp 20.000,00/bulan

Biaya operasional = Biaya penyusutan + biaya tenaga kerja + biaya perawatan

= Rp 77.777,78+ Rp. 820.000,00 + Rp 20.000,00

=Rp 917.777,78/bulan

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa ongkos operasional alat material handling per 25 hari atau 1 bulan sebesar Rp917.777,78/bulan dan jarak total perpindahan per 25 hari atau 1 bulan sejauh 18.390,13 m, sehingga besarnya ongkos *material handling* per meter adalah :

$$OMH / m = \frac{\cos t}{d} = \frac{917.777{,}78}{18.390{,}13} = Rp\ 49{,}90/m$$

Setelah diketahui *ongkos material* handling permeter dan total jarak untuk antar fasilitas produksi (mesin), maka dapat menentukan ongkos *material handling* secara total.

b. Penentuan frekuensi pemindahan material

Material yang diproduksi oleh pabrik tentunya dipindahkan dari satu mesin ke mesin yang lain lebih dari 1 kali, mengingat jumlah material yang diproduksi juga

memiliki jumlah yang banyak. Besarnya frekuensi pemindahan material dari satu tempat ke tempat yang lain akan dipengaruhi oleh beberapa factor, antara lain :

1. Jumlah order produksi setiap periode.
2. Urutan aliran proses dari masing-masing part.
3. Ukuran/kapasitas setiap kali pemindahan material.

Perhitungan frekuensi pemindahan material dari satu tempat ke tempat lain dapat dihitung sebagai berikut.

Tabel 4.60Urutan proses part di Mill 1

No	Nama Part	Kode Mesin	Kebutuhan part per produk	Kebutuhan Part
1	S-1024/A	V-Q-M-K	2	30
2	S-1024/B	V-Q-M-K	1	15
3	S-1024/C	V-Q-M-K	2	30
4	S-1024/D	V-Q-M-K	1	15
5	S-1024/E	V-Q-M-K	1	15
6	S-1024/F	V-Q-M-K	9	135
7	S-1024/G	V-Q-M-K	2	30
8	S-1024/H	V-Q-M-K	1	15
9	S-1024/I	V-Q-M-K	1	15
10	S-1024/J1	V-Q-M-K	1	15
11	S-1024/J2	V-Q-M-K	1	15
12	S-1024/J3	V-Q-M-K	1	15
13	S-1024/J4	V-Q-M-K	1	15
14	S-1024/J5	V-Q-M-K	1	15
15	S-1024/J6	V-Q-M-K	1	15
16	S-1024/J7	V-Q-M-K	1	15
17	S-1024/J8	V-Q-M-K	1	15
18	S-1024/J9	V-Q-M-K	1	15
19	S-1024/J10	V-Q-M-K	1	15
20	S-1024/K	V-Q-M-K	2	30
21	S-1024/L	V-Q-M-K	2	30
22	S-1024/M	V-Q-M-K	2	30
23	S-1024/N	V-Q-M-K	2	30
24	S-5201/A	V-Q-M-K	2	100
25	S-5201/B	V-Q-M-K	2	100
26	S-5201/C	V-Q-M-K	1	50

No	Nama Part	Kode Mesin	Kebutuhan part per produk	Kebutuhan Part
27	S-5201/D	V-Q-M-K	1	50
28	S-5201/E	V-Q-M-K	2	100
29	S-5201/F	V-P-M-K	2	100
30	S-5201/G	V-P-M-K	1	50
31	S-5201/H	V-P-M-K	1	50
32	S-5201/J1	V-P-M-K	2	100
33	S-5201/J2	V-P-M-K	2	100
34	S-5201/J3	V-P-M-K	2	100
35	S-5201/K	V-P-M-K	2	100
36	S-5201/L	V-P-M-K	2	100
37	S-5201/M	V-P-M-K	2	100
38	S-5201/N	V-P-M-K	2	100
39	S-5201/L	V-P-M-K	2	100
40	S-5201/M	V-P-M-K	2	100
41	PD#630-4003/4004/A	V-P-M-K	48	4848
42	PD#630-4003/4004/B	V-P-M-K	84	8484
43	PD#630-4003/4004/C	V-P-M-K	80	8080
44	PD#630 -1803/A	V-P-M-K	4	512
45	PD#630 -1803/B	V-P-M-K	4	512
46	WE 08 03/A1	U-R-N-J	1	93
47	WE 08 03/A2	U-R-N-J	1	93
48	WE 08 03/F1	U-R-N-J	14	1302
49	WE 08 03/F2	U-R-N-J	2	186
50	WE 08 03/F3	U-R-N-J	1	93
51	WE 08 03/F4	U-R-N-J	2	186
52	WE 08 03/B	U-R-N-J	6	558
53	WE 08 03/D	U-R-N-J	4	372
54	BJ 10 01/A	T-G-H-E	2	60
55	BJ 10 01/B	T-G-H-E	2	60
56	BJ 10 01/C	T-G-H-E	2	60
57	BJ 10 01/D	T-G-H-E	2	60
58	BJ 10 01/E	T-G-H-E	1	30
59	BJ 10 01/F	T-G-H-E	1	30
60	BJ 10 01/G	T-G-H-E	2	60
61	BJ 10 01/H	T-G-H-E	1	30
62	BJ 10 01/I	T-G-H-E	1	30

No	Nama Part	Kode Mesin	Kebutuhan part per produk	Kebutuhan Part
63	BJ 10 01/J	T-G-H-E	1	30
64	BJ 10 01/K	T-G-H-E	1	30
65	BJ 10 01/L	T-G-H-E	2	60
66	BJ 10 01/L1	T-G-H-E	1	30
67	BJ 10 06/A	T-G-F-D	4	40
68	BJ 10 06/B	T-G-F-D	2	20
69	BJ 10 06/C	T-G-F-D	2	20
70	BJ 10 06/D	T-G-F-D	2	20
71	BJ 10 06/D1	T-G-F-D	2	20
72	BJ 10 06/E	T-G-F-D	4	40
73	BJ 10 06/F	T-G-F-D	4	40
74	BJ 10 06/G	T-G-F-D	2	20
75	BJ 10 06/G1	T-G-F-D	2	20
76	BJ 10 06/H	T-G-F-D	1	10
77	BJ 10 06/J	T-G-F-D	2	20
78	BJ 10 06/J1	T-G-F-D	2	20
79	BJ 10 06/K	T-G-F-D	4	40
80	K1	T-G-F-D	2	20
81	L4	T-G-F-D	14	140
82	M	T-G-F-D	2	20

Tabel 4.61Urutan proses di Mill 2

NO	KODE PART	URUTAN PROSES	Kebutuhan part per produk	Kebutuhan Part
1	S-1024/A	D-E1-F1	2	30
2	S-1024/B	P1-O-G2	1	15
3	S-1024/C	P2-H1-A-B1-N2	2	30
4	S-1024/D	P1-O-A-N2	1	15
5	S-1024/E	P1-O-A-N2	1	15
6	S-1024/F	P1-A	9	135
7	S-1024/G	P1-A-F2	2	30
8	S-1024/H	P1-O-A-G2-F2	1	15
9	S-1024/I	P1-O-A-G2-F2	1	15
10	S-1024/J1	P3-G1	1	15
11	S-1024/J2	P3-G1	1	15

NO	KODE PART	URUTAN PROSES	Kebutuhan part per produk	Kebutuhan Part
12	S-1024/J3	P3-G1	1	15
13	S-1024/J4	P3-G1	1	15
14	S-1024/J5	P3-G1	1	15
15	S-1024/J6	P3-G1	1	15
16	S-1024/J7	P3-G1	1	15
17	S-1024/J8	P3-G1	1	15
18	S-1024/J9	P3-G1	1	15
19	S-1024/J10	P3-G1	1	15
20	S-1024/K	P1-F2-A	2	30
21	S-1024/L	P3-B3	2	30
22	S-1024/M	P3-C2-N1	2	30
23	S-1024/N	P3-C2-N1	2	30
24	S-5201/A	P1-B2-F2-B2-G2-B2-N2	2	100
25	S-5201/B	P1-A-F2	2	100
26	S-5201/C	P2-B2-F2-A	1	50
27	S-5201/D	P2-B2-F2-A	1	50
28	S-5201/E	P3-C2-G1	2	100
29	S-5201/F	P1-O-A-G2	2	100
30	S-5201/G	P1-O-A-G2	1	50
31	S-5201/H	P1-O-A-G2	1	50
32	S-5201/J1	P3-G1	2	100
33	S-5201/J2	P3-G1	2	100
34	S-5201/J3	P3-G1	2	100
35	S-5201/K	P4-C1-Q1	2	100
36	S-5201/L	P2-B1-F2-A	2	100
37	S-5201/M	P2-F2-A	2	100
38	S-5201/N	P3-B3-H2-G1	2	100
39	S-5201/L	P3-C2-N1	2	100
40	S-5201/M	P3-C2-N1	2	100
41	PD#630-4003/4004/A	Q2-P2-N2-B2-A	48	4848
42	PD#630-4003/4004/B	Q2-P2-N2-B2-A	84	8484
43	PD#630-4003/4004/C	Q2-P2-N2-B2-A	80	8080
44	PD#630 -1803/A	P3-E2-C1	4	512
45	PD#630 -1803/B	P3-E2-C1	4	512
46	WE 08 03/A1	C2-P3-N1-T1	1	93
47	WE 08 03/A2	C2-P3-N1-T1	1	93

NO	KODE PART	URUTAN PROSES	Kebutuhan part per produk	Kebutuhan Part
48	WE 08 03/F1	C1-P4	14	1302
49	WE 08 03/F2	C1-P4	2	186
50	WE 08 03/F3	S-C1-P4	1	93
51	WE 08 03/F4	S-C1-P4	2	186
52	WE 08 03/B	C1-P4	6	558
53	WE 08 03/D	C1-P4	4	372
54	BJ 10 01/A	P2-A-F2	2	60
55	BJ 10 01/B	P2-A-F2	2	60
56	BJ 10 01/C	P3-E1-F1-E1-G1-E1-N1	2	60
57	BJ 10 01/D	P2-A-F2	2	60
58	BJ 10 01/E	P3-G1-F1	1	30
59	BJ 10 01/F	P3-G1-F1	1	30
60	BJ 10 01/G	P3-G1-F1	2	60
61	BJ 10 01/H	P2-G2	1	30
62	BJ 10 01/I	P2-G2	1	30
63	BJ 10 01/J	P2-G2	1	30
64	BJ 10 01/K	P2-G2	1	30
65	BJ 10 01/L	P2-G2	2	60
66	BJ 10 01/L1	P3-B3-G1	1	30
67	BJ 10 06/A	P1-A-F2	4	40
68	BJ 10 06/B	P2-Q2-N2	2	20
69	BJ 10 06/C	P2-Q2-N2	2	20
70	BJ 10 06/D	P2-G2	2	20
71	BJ 10 06/D1	P2-G2	2	20
72	BJ 10 06/E	P4-Q1-C1	4	40
73	BJ 10 06/F	P4-Q1-C1	4	40
74	BJ 10 06/G	P4-Q1-C1	2	20
75	BJ 10 06/G1	P2-G2	2	20
76	BJ 10 06/H	P2-G2	1	10
77	BJ 10 06/J	P2-F2	2	20
78	BJ 10 06/J1	P2-F2	2	20
79	BJ 10 06/K	P4-T2	4	40
80	K1	P4-T2	2	20
81	L4	P2-G2	14	140
82	M	P2-G2	2	20

Dari tabel diatas dapat dilihat urutan proses setiap part di Mill 1 dan Mill 2 serta kebutuhan part. Jika ukuran lot pemindahan adalah 100, maka dapat kita hitung frekuensi pemindahan part, misalkan untuk perpindahan part dari mesin U ke mesin R.

$$F_{U-R} = \frac{93}{100} + \frac{93}{100} + \frac{1302}{100} + \frac{186}{100} + \frac{93}{100} + \frac{186}{100} + \frac{558}{100} + \frac{372}{100} = 28.83 \approx 29$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan frekuensi perpindahan dari satu mesin ke mesin lain, hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.62 dan 4.63

Tabel 4.62 frekuensi perpindahan di Mill 1

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi
dari	ke		
V	Q	9	10
Q	M	8.6	10
V	P	17.46	236
P	M	7.25	236
M	K	7.68	246
U	R	7.63	29
R	N	7.72	29
N	J	13.5	29
T	G	28.09	11
G	H	7	6
G	F	7.62	6
H	E	7.16	6
F	D	7.62	6

Tabel 4.63 frekuensi perpindahan di Mill 2

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi
dari	ke		
P1	F2	13.78	1
P1	B2	22.47	1
P1	A	33.36	4
P1	O	9.34	3
F2	A	20.37	4
F2	B2	7.72	1
B2	F2	7.72	2
B2	G2	8.2	1

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi
dari	ke		
B2	A	12	215
B2	N2	10.69	1
A	N2	14.5	1
A	F2	20.37	4
A	G2	18.2	3
O	G2	8.06	1
O	A	26.2	3
G2	F2	2.3	1
G2	B2	8.2	1
P2	G2	16.49	5
P2	F2	14.27	2
P2	H1	19.4	1
P2	A	33.96	2
P2	B2	23.48	1
P2	N2	23	215
P2	B1	26.2	1
P2	Q2	9.35	1
B1	N2	10.55	1
N2	B2	10.69	215
H1	A	15.48	1
B1	F2	12.18	1
Q2	P2	9.35	215
D	E1	11.46	1
E1	F1	3.55	2
E1	N1	16.71	1
F1	E1	11.46	1
P3	G1	18.12	6
P3	B3	22.2	2
P3	C2	8.85	4
P3	E2	15.28	11
P3	E1	15.42	1
P3	N1	25.62	2
N1	T1	6.18	2
C2	N1	22.17	3
C2	G1	12.01	1
C2	P3	13.6	2
G1	F1	2.3	2

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi
dari	ke		
G1	E1	5.5	2
E2	C1	7.4	11
C1	Q1	17.8	1
C1	P4	17.17	27
P4	C1	17.17	1
P4	Q1	7.5	1
P4	T2	29.5	1
S	C1	21.64	3
B3	H2	7.25	1
H2	G1	5.42	1
B3	G1	4.92	1
Q2	N2	30.63	1
Q1	C1	32.69	1

4.5.1. Biaya Material Handling Layout Awal

Biaya material handling layout awal dapat dihitung dengan rumus :

OMH = r x f x OMH/m

Hasil perhitungan dapat dilihat di tabel berikut.

Tabel 4.64 biaya material handling layout awal di Mill 1

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
V	Q	9	10	90	49.90	4491.00
Q	M	8.6	10	86	49.90	4291.40
V	P	17.46	236	4120.56	49.90	205615.94
P	M	7.25	236	1711	49.90	85378.90
M	K	7.68	246	1889.28	49.90	94275.07
U	R	7.63	29	221.27	49.90	11041.37
R	N	7.72	29	223.88	49.90	11171.61
N	J	13.5	29	391.5	49.90	19535.85
T	G	28.09	11	308.99	49.90	15418.60
G	H	7	6	42	49.90	2095.80
G	F	7.62	6	45.72	49.90	2281.43
H	E	7.16	6	42.96	49.90	2143.70
F	D	7.62	6	45.72	49.90	2281.43
Total				9218.88		460022.11

Tabel 4.65 Biaya material handling layout awal di Mill 2

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
P1	F2	13.78	1	13.78	49.90	687.62
P1	B2	22.47	1	22.47	49.90	1121.25
P1	A	33.36	4	133.44	49.90	6658.66
P1	O	9.34	3	28.02	49.90	1398.20
F2	A	20.37	4	81.48	49.90	4065.85
F2	B2	7.72	1	7.72	49.90	385.23
B2	F2	7.72	2	15.44	49.90	770.46
B2	G2	8.2	1	8.2	49.90	409.18
B2	A	12	215	2580	49.90	128742.00
B2	N2	10.69	1	10.69	49.90	533.43
A	N2	14.5	1	14.5	49.90	723.55
A	F2	20.37	4	81.48	49.90	4065.85
A	G2	18.2	3	54.6	49.90	2724.54
O	G2	8.06	1	8.06	49.90	402.19
O	A	26.2	3	78.6	49.90	3922.14
G2	F2	2.3	1	2.3	49.90	114.77
G2	B2	8.2	1	8.2	49.90	409.18
P2	G2	16.49	5	82.45	49.90	4114.26
P2	F2	14.27	2	28.54	49.90	1424.15
P2	H1	19.4	1	19.4	49.90	968.06
P2	A	33.96	2	67.92	49.90	3389.21
P2	B2	23.48	1	23.48	49.90	1171.65
P2	N2	23	215	4945	49.90	246755.50
P2	B1	26.2	1	26.2	49.90	1307.38
P2	Q2	9.35	1	9.35	49.90	466.57
B1	N2	10.55	1	10.55	49.90	526.45
N2	B2	10.69	215	2298.35	49.90	114687.67
H1	A	15.48	1	15.48	49.90	772.45
B1	F2	12.18	1	12.18	49.90	607.78
Q2	P2	9.35	215	2010.25	49.90	100311.48
D	E1	11.46	1	11.46	49.90	571.85
E1	F1	3.55	2	7.1	49.90	354.29
E1	N1	16.71	1	16.71	49.90	833.83

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
F1	E1	11.46	1	11.46	49.90	571.85
P3	G1	18.12	6	108.72	49.90	5425.13
P3	B3	22.2	2	44.4	49.90	2215.56
P3	C2	8.85	4	35.4	49.90	1766.46
P3	E2	15.28	11	168.08	49.90	8387.19
P3	E1	15.42	1	15.42	49.90	769.46
P3	N1	25.62	2	51.24	49.90	2556.88
N1	T1	6.18	2	12.36	49.90	616.76
C2	N1	22.17	3	66.51	49.90	3318.85
C2	G1	12.01	1	12.01	49.90	599.30
C2	P3	13.6	2	27.2	49.90	1357.28
G1	F1	2.3	2	4.6	49.90	229.54
G1	E1	5.5	2	11	49.90	548.90
E2	C1	7.4	11	81.4	49.90	4061.86
C1	Q1	17.8	1	17.8	49.90	888.22
C1	P4	17.17	27	463.59	49.90	23133.14
P4	C1	17.17	1	17.17	49.90	856.78
P4	Q1	7.5	1	7.5	49.90	374.25
P4	T2	29.5	1	29.5	49.90	1472.05
S	C1	21.64	3	64.92	49.90	3239.51
B3	H2	7.25	1	7.25	49.90	361.78
H2	G1	5.42	1	5.42	49.90	270.46
B3	G1	4.92	1	4.92	49.90	245.51
Q2	N2	30.63	1	30.63	49.90	1528.44
Q1	C1	32.69	1	32.69	49.90	1631.23
Total				14064.6		701823.04

4.5.2. Biaya Material Handling Layout Rank Order Clustering

Pada layout usulan pertama terdapat beberapa mesin yang ditukar posisisnya agar sesuai dengan pengaturan layout berdasarkan cellular yang telah dibuat. Mesin T digeser mendekati mesin G, Posisi yang tadinya diisi mesin T digantikan mesin N, dan mesin Q digeser menuju tempat awal mesin N. Mesin V digeser ke posisi awal mesin Q. Mesin J

menempati posisi awal mesin R dan mesin R menempati posisi awal mesin Q. Perpindahan ini menyebabkan koordinat setiap mesin yang digeser juga berubah, sehingga jarak mesin juga berubah, dampaknya biaya material handling juga berubah, seperti berikut.

Tabel 4.66 Biaya material handling layout usulan 1 Mill 1

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
V	Q	5.14	10	51.4	49.90	2564.86
Q	M	3.5	10	35	49.90	1746.50
V	P	8.99	236	2121.64	49.90	105869.84
P	M	7.25	236	1711	49.90	85378.90
M	K	7.68	246	1889.28	49.90	94275.07
U	R	2.5	29	72.5	49.90	3617.75
R	N	4.06	29	117.74	49.90	5875.23
N	J	5.19	29	150.51	49.90	7510.45
T	G	4	11	44	49.90	2195.60
G	H	7	6	42	49.90	2095.80
G	F	7.62	6	45.72	49.90	2281.43
H	E	7.16	6	42.96	49.90	2143.70
F	D	7.62	6	45.72	49.90	2281.43
Total				6369.47		317836.55

Di departemen Mill 2 hal yang sama dilakukan, pengaturan mesin dilakukan berdasarkan *cellular manufaktur* dan beberapa mesin diubah posisinya. Mesin B3 bertukar posisi dengan Q2. Mesin P2 dan P1 digeser di sebelah Q2. Posisi awal P1 dan P2 digantikan oleh mesin F1 dan G1. Mesin H2 dan N1 digeser di dekat mesin S. Hasil perubahan biaya *material handling* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.67 Biaya *material handling layout* usulan 1 Mill 2

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
P1	F2	22	1	22	49.90	1097.80
P1	B2	10	1	10	49.90	499.00
P1	A	33.36	4	133.44	49.90	6658.66
P1	O	10.69	3	32.07	49.90	1600.29

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
F2	A	20.37	4	81.48	49.90	4065.85
F2	B2	7.72	1	7.72	49.90	385.23
B2	F2	7.72	2	15.44	49.90	770.46
B2	G2	8.2	1	8.2	49.90	409.18
B2	A	12	215	2580	49.90	128742.00
B2	N2	10.69	1	10.69	49.90	533.43
A	N2	14.5	1	14.5	49.90	723.55
A	F2	20.37	4	81.48	49.90	4065.85
A	G2	18.2	3	54.6	49.90	2724.54
O	G2	8.06	1	8.06	49.90	402.19
O	A	26.2	3	78.6	49.90	3922.14
G2	F2	2.3	1	2.3	49.90	114.77
G2	B2	8.2	1	8.2	49.90	409.18
P2	G2	6.67	5	33.35	49.90	1664.17
P2	F2	6.55	2	13.1	49.90	653.69
P2	H1	7.99	1	7.99	49.90	398.70
P2	A	18.5	2	37	49.90	1846.30
P2	B2	6.5	1	6.5	49.90	324.35
P2	N2	13.51	215	2904.65	49.90	144942.04
P2	B1	9.5	1	9.5	49.90	474.05
P2	Q2	3.5	1	3.5	49.90	174.65
B1	N2	10.55	1	10.55	49.90	526.45
N2	B2	10.69	215	2298.35	49.90	114687.67
H1	A	15.48	1	15.48	49.90	772.45
B1	F2	12.18	1	12.18	49.90	607.78
Q2	P2	3.5	215	752.5	49.90	37549.75
D	E1	11.46	1	11.46	49.90	571.85
E1	F1	13.78	2	27.56	49.90	1375.24
E1	N1	16.71	1	16.71	49.90	833.83
F1	E1	13.78	1	13.78	49.90	687.62
P3	G1	5	6	30	49.90	1497.00
P3	B3	22.2	2	44.4	49.90	2215.56
P3	C2	8.85	4	35.4	49.90	1766.46
P3	E2	15.28	11	168.08	49.90	8387.19
P3	E1	15.42	1	15.42	49.90	769.46

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
P3	N1	14.92	2	29.84	49.90	1489.02
N1	T1	12.5	2	25	49.90	1247.50
C2	N1	22.17	3	66.51	49.90	3318.85
C2	G1	8.94	1	8.94	49.90	446.11
C2	P3	13.6	2	27.2	49.90	1357.28
G1	F1	2.5	2	5	49.90	249.50
G1	E1	12.44	2	24.88	49.90	1241.51
E2	C1	7.4	11	81.4	49.90	4061.86
C1	Q1	17.8	1	17.8	49.90	888.22
C1	P4	17.17	27	463.59	49.90	23133.14
P4	C1	17.17	1	17.17	49.90	856.78
P4	Q1	7.5	1	7.5	49.90	374.25
P4	T2	29.5	1	29.5	49.90	1472.05
S	C1	21.64	3	64.92	49.90	3239.51
B3	H2	18	1	18	49.90	898.20
H2	G1	13.9	1	13.9	49.90	693.61
B3	G1	11.17	1	11.17	49.90	557.38
Q2	N2	11.63	1	11.63	49.90	580.34
Q1	C1	32.69	1	32.69	49.90	1631.23
Total				10572.9		527586.71

4.5.3. Biaya *Material Handling Layout Rank Order Clustering II*

Layout usulan ke-2 di Mill 1 dengan menggeser mesin J searah dengan mesin N. Sementara di Mill 2 dilakukan perpindahan mesin N2 di sebelah G2, dan hasilnya dapat dilihat di tabel berikut.

Tabel 4.68Biaya material handling layout usulan 2 Mill 1

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
V	Q	5.14	10	51.4	49.90	2564.86
Q	M	3.5	10	35	49.90	1746.50
V	P	8.99	236	2121.64	49.90	105869.84
P	M	7.25	236	1711	49.90	85378.90

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
M	K	7.68	246	1889.28	49.90	94275.07
U	R	2.5	29	72.5	49.90	3617.75
R	N	4.06	29	117.74	49.90	5875.23
N	J	3.3	29	95.7	49.90	4775.43
T	G	4	11	44	49.90	2195.60
G	H	7	6	42	49.90	2095.80
G	F	7.62	6	45.72	49.90	2281.43
H	E	7.16	6	42.96	49.90	2143.70
F	D	7.62	6	45.72	49.90	2281.43
Total				6314.66		315101.53

Tabel 4.69 Biaya *material handling layout* usulan 2 Mill 2

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
P1	F2	22	1	22	49.90	1097.80
P1	B2	10	1	10	49.90	499.00
P1	A	33.36	4	133.44	49.90	6658.66
P1	O	10.69	3	32.07	49.90	1600.29
F2	A	20.37	4	81.48	49.90	4065.85
F2	B2	7.72	1	7.72	49.90	385.23
B2	F2	7.72	2	15.44	49.90	770.46
B2	G2	8.2	1	8.2	49.90	409.18
B2	A	12	215	2580	49.90	128742.00
B2	N2	6.97	1	6.97	49.90	347.80
A	N2	17.59	1	17.59	49.90	877.74
A	F2	20.37	4	81.48	49.90	4065.85
A	G2	18.2	3	54.6	49.90	2724.54
O	G2	8.06	1	8.06	49.90	402.19
O	A	26.2	3	78.6	49.90	3922.14
G2	F2	2.3	1	2.3	49.90	114.77
G2	B2	8.2	1	8.2	49.90	409.18
P2	G2	6.67	5	33.35	49.90	1664.17
P2	F2	6.55	2	13.1	49.90	653.69
P2	H1	7.99	1	7.99	49.90	398.70

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
P2	A	18.5	2	37	49.90	1846.30
P2	B2	6.5	1	6.5	49.90	324.35
P2	N2	4.74	215	1019.1	49.90	50853.09
P2	B1	9.5	1	9.5	49.90	474.05
P2	Q2	3.5	1	3.5	49.90	174.65
B1	N2	9.18	1	9.18	49.90	458.08
N2	B2	10.69	215	2298.35	49.90	114687.67
H1	A	6.73	1	6.73	49.90	335.83
B1	F2	12.18	1	12.18	49.90	607.78
Q2	P2	3.5	215	752.5	49.90	37549.75
D	E1	11.46	1	11.46	49.90	571.85
E1	F1	13.78	2	27.56	49.90	1375.24
E1	N1	16.71	1	16.71	49.90	833.83
F1	E1	13.78	1	13.78	49.90	687.62
P3	G1	5	6	30	49.90	1497.00
P3	B3	22.2	2	44.4	49.90	2215.56
P3	C2	8.85	4	35.4	49.90	1766.46
P3	E2	15.28	11	168.08	49.90	8387.19
P3	E1	15.42	1	15.42	49.90	769.46
P3	N1	14.92	2	29.84	49.90	1489.02
N1	T1	12.5	2	25	49.90	1247.50
C2	N1	22.17	3	66.51	49.90	3318.85
C2	G1	8.94	1	8.94	49.90	446.11
C2	P3	13.6	2	27.2	49.90	1357.28
G1	F1	2.5	2	5	49.90	249.50
G1	E1	12.44	2	24.88	49.90	1241.51
E2	C1	7.4	11	81.4	49.90	4061.86
C1	Q1	17.8	1	17.8	49.90	888.22
C1	P4	17.17	27	463.59	49.90	23133.14
P4	C1	17.17	1	17.17	49.90	856.78
P4	Q1	7.5	1	7.5	49.90	374.25
P4	T2	29.5	1	29.5	49.90	1472.05
S	C1	21.64	3	64.92	49.90	3239.51
B3	H2	18	1	18	49.90	898.20
H2	G1	13.9	1	13.9	49.90	693.61

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
B3	G1	11.17	1	11.17	49.90	557.38
Q2	N2	4.92	1	4.92	49.90	245.51
Q1	C1	32.69	1	32.69	49.90	1631.23
Total				8669.87		432626.51

4.5.1. Biaya *Material Handling Layout Direct Clustering Algorithm*

Layout usulan ke-3 di Mill 1 dengan menggeser mesin M sejajar dengan mesin K. Sementara di Mill 2 dilakukan perpindahan mesin A di sebelah G2, dan hasilnya dapat dilihat di tabel berikut.

Tabel 4.70 Biaya *material handling layout* usulan 3 Mill 1

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
V	Q	5.14	10	51.4	49.90	2564.86
Q	M	3.5	10	35	49.90	1746.50
V	P	8.99	236	2121.64	49.90	105869.84
P	M	4.1	236	967.6	49.90	48283.24
M	K	7	246	1722	49.90	85927.80
U	R	2.5	29	72.5	49.90	3617.75
R	N	4.06	29	117.74	49.90	5875.23
N	J	3.3	29	95.7	49.90	4775.43
T	G	4	11	44	49.90	2195.60
G	H	7	6	42	49.90	2095.80
G	F	7.62	6	45.72	49.90	2281.43
H	E	7.16	6	42.96	49.90	2143.70
F	D	7.62	6	45.72	49.90	2281.43
Total				5403.98		269658.60

Tabel 4.71 Biaya *material handling layout* usulan 3 Mill 2

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
P1	F2	22	1	22	49.90	1097.80
P1	B2	10	1	10	49.90	499.00

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
P1	A	6.73	4	26.92	49.90	1343.31
P1	O	10.69	3	32.07	49.90	1600.29
F2	A	3.05	4	12.2	49.90	608.78
F2	B2	7.72	1	7.72	49.90	385.23
B2	F2	7.72	2	15.44	49.90	770.46
B2	G2	8.2	1	8.2	49.90	409.18
B2	A	6.73	215	1446.95	49.90	72202.81
B2	N2	10.69	1	10.69	49.90	533.43
A	N2	9.22	1	9.22	49.90	460.08
A	F2	3.05	4	12.2	49.90	608.78
A	G2	2	3	6	49.90	299.40
O	G2	8.06	1	8.06	49.90	402.19
O	A	9.22	3	27.66	49.90	1380.23
G2	F2	2.3	1	2.3	49.90	114.77
G2	B2	8.2	1	8.2	49.90	409.18
P2	G2	6.67	5	33.35	49.90	1664.17
P2	F2	6.55	2	13.1	49.90	653.69
P2	H1	7.99	1	7.99	49.90	398.70
P2	A	4.74	2	9.48	49.90	473.05
P2	B2	6.5	1	6.5	49.90	324.35
P2	N2	13.51	215	2904.65	49.90	144942.04
P2	B1	9.5	1	9.5	49.90	474.05
P2	Q2	3.5	1	3.5	49.90	174.65
B1	N2	10.55	1	10.55	49.90	526.45
N2	B2	10.69	215	2298.35	49.90	114687.67
H1	A	3.66	1	3.66	49.90	182.63
B1	F2	12.18	1	12.18	49.90	607.78
Q2	P2	3.5	215	752.5	49.90	37549.75
D	E1	11.46	1	11.46	49.90	571.85
E1	F1	13.78	2	27.56	49.90	1375.24
E1	N1	16.71	1	16.71	49.90	833.83
F1	E1	13.78	1	13.78	49.90	687.62
P3	G1	5	6	30	49.90	1497.00
P3	B3	22.2	2	44.4	49.90	2215.56
P3	C2	8.85	4	35.4	49.90	1766.46

Jarak		Jarak Euclidean	Frekuensi	Jarak total	B. MH /m	Total Biaya Pemindahan
dari	ke					
P3	E2	15.28	11	168.08	49.90	8387.19
P3	E1	15.42	1	15.42	49.90	769.46
P3	N1	14.92	2	29.84	49.90	1489.02
N1	T1	12.5	2	25	49.90	1247.50
C2	N1	22.17	3	66.51	49.90	3318.85
C2	G1	8.94	1	8.94	49.90	446.11
C2	P3	13.6	2	27.2	49.90	1357.28
G1	F1	2.5	2	5	49.90	249.50
G1	E1	12.44	2	24.88	49.90	1241.51
E2	C1	7.4	11	81.4	49.90	4061.86
C1	Q1	17.8	1	17.8	49.90	888.22
C1	P4	17.17	27	463.59	49.90	23133.14
P4	C1	17.17	1	17.17	49.90	856.78
P4	Q1	7.5	1	7.5	49.90	374.25
P4	T2	29.5	1	29.5	49.90	1472.05
S	C1	21.64	3	64.92	49.90	3239.51
B3	H2	18	1	18	49.90	898.20
H2	G1	13.9	1	13.9	49.90	693.61
B3	G1	11.17	1	11.17	49.90	557.38
Q2	N2	11.63	1	11.63	49.90	580.34
Q1	C1	32.69	1	32.69	49.90	1631.23
Total				9050.59		451624.44

4.6. Analisis Investasi

Untuk melakukan perpindahan mesin tentunya diperlukan biaya investasi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Biaya yang dikeluarkan meliputi biaya borong teknisi dalam proses pemindahan mesin. Biaya ini biasanya dipengaruhi oleh dimensi mesin, tingkat kesulitan mesin yang dipindahkan, serta jarak perpindahan mesin.Yang dimaksud biaya borong adalah biaya pekerja teknis untuk pemindahan mesin.

4.6.1. Biaya Investasi *Layout* Usulan 1 Mill 1

Mesin T digeser mendekati mesin G, Posisi yang tadinya diisi mesin T digantikan mesin N, dan mesin Q digeser menuju tempat awal mesin N. Mesin V digeser ke posisi awal mesin Q. Mesin J menempati posisi awal mesin R dan mesin R menempati posisi awal mesin Q. Biaya investasi penerapan *layout* baru :

Tabel 4.72 Investasi *Layout* usulan 1 Mill 1

Kode mesin	Jarak perpindahan	Instalasi	Biaya
T	24.13	yes	300000
N	10.33	no	180000
Q	5.14	no	170000
V	9	no	180000
R	9.19	no	180000
J	20.71	no	185000
Total			1195000

4.6.2. Biaya Investasi *Layout* Usulan 2 Mill 1

Mesin T digeser mendekati mesin G, Posisi yang tadinya diisi mesin T digantikan mesin N, dan mesin Q digeser menuju tempat awal mesin N. Mesin V digeser ke posisi awal mesin Q. Mesin J di sebelah utara mesin N dan mesin R menempati posisi awal mesin Q. Biaya investasi penerapan layout baru :

Tabel 4.73 Investasi *Layout* usulan 2 Mill 1

Kode mesin	Jarak perpindahan	Instalasi	Biaya
T	24.13	yes	300000
N	10.33	no	180000
Q	5.14	no	170000
V	9	no	180000
R	9.19	no	180000
J	20.52	yes	290000
Total			1300000

4.6.3. Biaya Investasi *Layout* Usulan 3 Mill 1

Mesin T digeser mendekati mesin G, Posisi yang tadinya diisi mesin T digantikan mesin N, dan mesin Q digeser menuju tempat awal mesin N. Mesin V digeser ke posisi awal mesin Q. Mesin J menempati posisi awal mesin R dan mesin R menempati posisi awal mesin Q. Mesin M digeser sejajar dengan mesin K. Biaya investasi penerapan layout baru :

Tabel 4.74 Investasi *Layout* usulan 3 Mill 1

Kode mesin	Jarak perpindahan	Instalasi	Biaya
T	24.13	yes	300000
N	10.33	no	180000
Q	5.14	no	170000
V	9	no	180000
R	9.19	no	180000
J	20.71	no	185000
M	3.15	yes	150000
Total			1345000

4.6.4. Biaya Investasi *Layout* Usulan 1 Mill 2

Mesin B3 bertukar posisi dengan Q2. Mesin P2 dan P1 digeser di sebelah Q2. Posisi awal P1 dan P2 digantikan oleh mesin F1 dan G1. Mesin H2 dan N1 digeser di dekat mesin S.

Tabel 4.75 Investasi *Layout* usulan 1 Mill 2

Kode mesin	Jarak perpindahan	Instalasi	Biaya
B3	30.04	no	195000
F1	14.96	no	180000
G1	16.38	no	180000
H2	14.07	yes	280000
N1	12.53	yes	280000
P1	13.6	yes	500000
P2	17.9	yes	500000
Q2	30.06	no	195000
Total			2310000

4.6.5. Biaya Investasi *Layout* Usulan 2 Mill 2

Mesin B3 bertukar posisi dengan Q2. Mesin P2 dan P1 digeser di sebelah Q2. Posisi awal P1 dan P2 digantikan oleh mesin F1 dan G1. Mesin H2 dan N1 digeser di dekat mesin S. Perpindahan mesin N2 di sebelah G2.

Tabel 4.76 Investasi Layout usulan 2 Mill 2

Kode mesin	Jarak perpindahan	Instalasi	Biaya
B3	30.04	no	195000
F1	14.96	no	180000
G1	16.38	no	180000
H2	14.07	yes	280000
N1	12.53	yes	280000
P1	13.6	yes	500000
P2	17.9	yes	500000
Q2	30.06	no	195000
N2	9.22	no	180000
Total			2490000

4.6.6. Biaya Investasi *Layout* Usulan 3 Mill 2

Mesin B3 bertukar posisi dengan Q2. Mesin P2 dan P1 digeser di sebelah Q2. Posisi awal P1 dan P2 digantikan oleh mesin F1 dan G1. Mesin H2 dan N1 digeser di dekat mesin S. Perpindahan mesin A di sebelah G2

Tabel 4.77 Investasi Layout usulan 3 Mill 2

Kode mesin	Jarak perpindahan	Instalasi	Biaya
B3	30.04	no	195000
F1	14.96	no	180000
G1	16.38	no	180000
H2	14.07	yes	280000
N1	12.53	yes	280000
P1	13.6	yes	500000
P2	17.9	yes	500000
Q2	30.06	no	195000
A	17.58	no	180000
Total			2490000

BAB V

PEMBAHASAN

5.1. Analisa Tata Letak Awal

5.1.1. Departemen Mill 1

Pada departemen Mill 1 terdapat 20 mesin dan terdapat 2 peralatan *material handling* berupa *hand truck.* Dari 20 mesin tersebut hanya 15 mesin yang digunakan untuk memproduksi 7 produk dalam penelitian ini. *Layout* awal departemen Mill 1 ini berupa *process layout*. Dimana mesin yang sama diletakkan berdekatan, namun kekurangannya adalah jarak perpindahan material relatif lebih tinggi.

Departemen Mill 1 merupakan tempat pengolahan produk kotor atau sering disebut proses kotor, karena pada departemen ini hanya mengolah papan yang telah dipotong menjadi part dengan ukuran kotor. Jenis mesin dan aliran proses part juga masih tidak terlalu beragam. Dalam artian secara garis besar proses di Mill 1 ini diawali dengan pemotongan kayu yang biasanya dilakukan di mesin radial, kemudian part diserut menggunakan circle atau thicknesser. Sebagian part ada yang dibentuk dengan router. Dengan demikian aliran proses di Mill 1 sebenarnya bisa terlihat jelas.

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa untuk memproduksi 7 produk di Mill 1 jarak perpindahan total sebesar 9.218,88 meter dan biaya perpindahan materialnya untuk 7 produk tersebut sebesar Rp 460.022,11.

Melalui hasil simulasi dapat dilihat bahwa hasil perhitungan jarak perpindahan material sebesar 9244.27 meter. Perbedaan dengan perhitungan manual dikarenakan pada Promodel digunakan waktu proses dengan distribusi statistik. Sementara dari 2 *hand truck* memiliki *utilitas* yang hampir sama, hal ini berarti pembagian kerja kedua peralatan *material handling* ini sudah cukup merata. Perhitungan biaya *material handling* dengan menggunakan Promodel menunjukkan bahwa biaya untuk *hand truck 1* sebesar Rp

245.667,74 dan untuk *hand truck 2* sebesar Rp 344.866,66. Menurut data perusahaan 7 produk dengan rata-rata *demand* dapat diproduksi di Mill 1 selama 1 minggu, jadi dapat kita asumsikan bahwa biaya perpindahan material yang harus dikeluarkan perusahaan sebesar Rp 450.000,00 – Rp 500.000,00

5.1.2. Departemen Mill 2

Pada departemen Mill 2 terdapat 38 mesin dan terdapat 2 peralatan material handling berupa *hand truck*. Dari 38 mesin tersebut hanya 27 mesin yang digunakan untuk memproduksi 7 produk dalam penelitian ini. Layout awal departemen Mill 2 ini juga berupa *process layout*. Dimana mesin yang sama diletakkan berdekatan, namun kekurangannya adalah jarak perpindahan material relatif lebih tinggi. Padahal proses produksi di Mill 2 sangat bervariatif karena dipengaruhi oleh banyaknya jenis part yang dibuat. Sementara pada *process layout* tidak diperhatikan banyaknya aliran material dari satu mesin ke mesin yang lain.

Mill 2 ini sering disebut sebagai proses bersih dimana part dari Mill 1 di proses dari ukuran kotor menjadi ukuran bersih, termasuk didalamnya pmbentukan part, misalkan membentuk siku, lengkung, alur, semuanya dibuat di Mill 2. Variasi aliran tiap part juga beragam. Apabila di Mill 1 dapat dilihat langsung aliran prosesnya di Mill 2 ini agak sulit menentukan aliran tetapnya karena setiap part produk memiliki aliran proses yang berbeda.

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa untuk memproduksi 7 produk di Mill 2 jarak perpindahan total sebesar 14.064,6 meter dan biaya perpindahan materialnya untuk 7 produk tersebut sebesar Rp 701.823,04. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa *utilitas* penggunaan peralatan material handling tinggi, hal ini dikarenakan area mill 2 yang luas, sementara aliran prosesnya beragam. Sehingga terjadi *waiting time* part yang tinggi untuk menunggu *hand truck* untuk proses perpindahan ke lokasi lain.

5.2. Analisa Tata Letak Usulan 1

5.2.1. Departemen Mill 1

Layout usulan yang dibuat berdasarkan pada pengolahan data part-mesin dengan menggunakan *algoritma heuristic*. Metode yang pertama digunakan adalah metode *Rank Order Clustering.* Dengan metode ini terbentuk 3 sel, dengan sel yang yang terbentuk masing – masing terdiri dari 4, 5, dan 6 mesin. Untuk mesin yang dalam penelitian ini tidak digunakan untuk produksi di asumsikan memiliki letak tetap dan tidak termasuk dalam perhitungan.

Berdasarkan hasil perubahan layout didapatkan hasil pengurangan jarak material handling menjadi 6369.47 meter dan biaya material handling menjadi Rp 317.836,55. Berarti terjadi pengurangan biaya material handling sebesar 30,91%. Sementara biaya investasi yang dikeluarkan untuk penerapan layout usulan 1 ini sebesar Rp 1.195.000,00. Sementara dari hasil simulasi jarak perpindahan material setelah layout di sel-kan menjadi berkurang 3698,27 meter. Dengan perubahan layout tentunya pembagian kerja alat perpindahan material ini perlu disesuaikan. Oleh karena itu peneliti mencoba mengubah pembagian tugas untuk jalur pemindahan part, namun *utilitasnya* belum seimbang dimana *hand truck* 2 menjadi lebih banyak waktu *idle*. Sehingga untuk jalur lintasan *hand truck* ini perlu diperbaiki lagi.

Untuk penerapan *cellular manufactur* yang dilakukan ini sendiri belum dilakukan benar-benar pemisahan antar sel, maksudnya antara sel satu dengan sel yang lain belum dipisahkan dengan batas yang jelas, sehingga bentuk sel masih terkesan dalam bentuk konseptual. Sehingga efisiensi dan jarak antar sel juga masih sulit untuk dihitung. Hal ini dilakukan untuk mengurangi biaya investasi penerapan layout baru, karena seperti yang diketahui bahwa penerapan *cellular manufacturing* memerlukan biaya investasi yang tinggi.

5.2.2. Departemen Mill 2

Di departemen Mill 2 proses pembuatan layout usulan sama dengan di Mill 1. *Layout* usulan yang dibuat berdasarkan pada pengolahan data part-mesin dengan

menggunakan *algoritma heuristic*. Metode yang pertama digunakan adalah metode *Rank Order Clustering.* Dengan metode ini terbentuklah 2 sel yang terdiri dari banyak mesin tau yang disebut *smaller number of larger cells.* Keuntungannya layout ini dapat menanggulangi permasalahan variasi produk yang banyak, hal ini cocok dengan keadaan sistem nyata dimana PT Alis Jaya Ciptatama ini memang memiliki berbagai macam produk yang sesuai dengan pesanan konsumen.

Namun dalam penerapan layout ususlan ini terdapat kesulitan dalam penataan mesin, karena faktor luasnya area produksi, banyaknya mesin, dan juga aliran proses yang bervariasi antar satu part dengan part yang lain.

Berdasarkan hasil perubahan layout didapatkan hasil pengurangan jarak material handling menjadi 10.572,9 meter dan biaya material handling menjadi Rp 527.586,71. Berarti terjadi pengurangan biaya material handling sebesar 24,83%. Sementara biaya investasi yang dikeluarkan untuk penerapan layout usulan 1 ini sebesar Rp 2.310.000,00.

Penerapan layout *cellular* yang dilakukan adalah dengan mengidentifikasi kesamaan proses dari setiap part dalam 7 produk yang diambil sebagai *sample* penelitian. Untuk departemen Mill 1 rata-rata proses masih dapat dikatakan proses umum, namun untuk departemen Mill 2 ini proses yang dijalani setiap part akan lebih spesifik, dan perlu diketahui bahwa 7 produk yang diambil ini masih kurang dari 25% produk keseluruhan, dan masih perlu dilakukan analisis apabila layout ini akan diterapkan lebih lanjut dengan mengambil lebih banyak sample produk dengan intesitas produksi yang banyak.

5.3. Analisa Tata Letak Usulan 2

5.3.1. Departemen Mill 1

Layout usulan kedua dilakukan dengan metode *Rank Order Clustering II*. Dengan metode ini terbentuk 3 sel, dengan sel yang yang terbentuk masing – masing terdiri dari 4, 5, dan 6 mesin. Untuk mesin yang dalam penelitian ini tidak digunakan untuk produksi di asumsikan memiliki letak tetap dan tidak termasuk dalam perhitungan. Perbedaan dari layout usulan pertama adalah dilakukannya perpindahan mesin J (Thicknesser) menjadi sejajar dengan mesin N (Planner).

Berdasarkan hasil perubahan *layout* didapatkan hasil pengurangan jarak material handling menjadi 6314,66 meter dan biaya *material handling* menjadi Rp 315.101,53. Berarti terjadi pengurangan biaya material handling sebesar 31,5 %. Sementara biaya investasi yang dikeluarkan untuk penerapan *layout* usulan 2 ini sebesar Rp 1.300.000,00.

Melalui hasil dari simulasi perhitungan jarak hasil dari perubahan tata letak pada usulan kedua ini menjadi 4757,97 meter. Pengurangan jarak ini cukup besar karena frekuensi perpindahan material dari mesin J (thicknesser) dengan mesin lain cukup banyak. Dengan jarak yang lebih dekat, otomatis dapat mengurangi jarak yang banyak pula. Namun, dilihat dari biaya investasi yang harus dikeluarkan cukup besar karena untuk memindahkan mesin J diperlukan instalasi baru.

5.3.2. Departemen Mill 2

Layout usulan kedua dilakukan dengan metode *Rank Order Clustering II*. Hampir sama dengan layout usulan yang pertama tapi dengan memperhatikan perpindahan *intracell*, maka dilakukan perpindahan mesin N2 (Bor Vertikal) di sebelah mesin G2(Thinozer). Perpindahan ini dilakukan dengan pertimbangan frekuensi aliran proses pada kedua mesin tersebut dan mesin – mesin di sekitar G2.

Hasilnya dengan perubahan layout didapatkan hasil pengurangan jarak material handling menjadi 8.669.87 meter dan biaya *material handling* menjadi Rp 432.626,51. Berarti terjadi pengurangan biaya *material handling* sebesar 38.36 %. Sementara biaya investasi yang dikeluarkan untuk penerapan *layout* usulan 2 ini sebesar Rp 2.490.000,00.

Pada layout ini pengurangan biaya material handling cukup besar, namun biaya investasinya juga lebih tinggi dibandingkan dengan alternatif layout 1.

5.4. Analisa Tata Letak Usulan 3

5.4.1. Departemen Mill 1

Layout usulan ketiga dilakukan dengan metode *Direct Clustering Algorithm*. Dengan metode ini terbentuk 3 sel, dengan sel yang yang terbentuk masing – masing terdiri dari 4, 5, dan 6 mesin. Untuk mesin yang dalam penelitian ini tidak digunakan

untuk produksi di asumsikan memiliki letak tetap dan tidak termasuk dalam perhitungan. Perbedaan dari *layout* usulan pertama dan kedua adalah dilakukannya perpindahan mesin M (Planner) menjadi sejajar dengan mesin K (Thicknesser).

Berdasarkan hasil perubahan *layout* didapatkan hasil pengurangan jarak material handling menjadi 5403.98 meter dan biaya *material handling* menjadi Rp 269.381,38. Berarti terjadi pengurangan biaya *material handling* sebesar 41,38 %. Sementara biaya investasi yang dikeluarkan untuk penerapan *layout* usulan 3 ini sebesar Rp 1.345.000,00. Apabila dibandingkan dengan ketiga layout maka layout ini memerlukan biaya investasi paling besar, namun pengurangan biaya material handling juga lebih banyak. Namun untuk perhitungan jarak dengan simulasi hanya berkurang menjadi 4718.51 meter, hanya berkurang 40 meter dari layout usulan sebelumnya.

5.4.2. Departemen Mill 2

Layout usulan ketiga dilakukan dengan metode *Direct Clustering Algorithm*. Hampir sama dengan *layout* usulan yang pertama dan kedua tapi dengan memperhatikan perpindahan *intracell*, maka dilakukan perpindahan mesin A (Router) di sebelah mesin G2(Thinozer). Perpindahan ini dilakukan dengan pertimbangan frekuensi aliran proses pada kedua mesin tersebut dan mesin – mesin di sekitar G2.

Hasilnya dengan perubahan *layout* didapatkan hasil pengurangan jarak material handling menjadi 9050.59 meter dan biaya *material handling* menjadi Rp 451.624,44. Berarti terjadi pengurangan biaya *material handling* sebesar 35.65 %. Persentase pengurangan biaya perpindahan material ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan tata letak usulan kedua. Sementara biaya investasi yang dikeluarkan untuk penerapan *layout* usulan 3 ini sama dengan usulan *layout* kedua yaitu sebesar Rp 2.490.000,00.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan :

1. Terdapat masing – masing 3 alternatif *layout* yang dapat dijadikan pertimbangan bagi perusahaan dalam penyusunan tata letak di departemen Mill 1 dan Mill 2. Alternatif ini berdasarkan layout *cellular manufacturing system,* dimana pada Mill 1 terbagi menjadi 3 *cell* dan di Mill 2 terbagi menjadi 2 *cell.*
2. Untuk setiap alternatif layout yang ada memiliki biaya perpindahan material yang berbeda pula. Seperti pada perubahan layout usulan di Mill 1 biaya perpindahan material sebesar Rp 317.836,55 ; Rp 315.101,53 dan Rp 269.658,60. Sementara di Mill 2 biaya perpindahan materialnya sebesar Rp 527.586,71 ; Rp 432.626,51 dan untuk layout usulan ketiga Rp 451.624,44.
3. Dengan mempertimbangkan biaya investasi alternatif layout yang dipilih pada Mill 1 dengan pengurangan biaya perpindahan material terbesar pada layout usulan ketiga yaitu sebesar 41,38 % dengan biaya investasi Rp 1.345.000,00. Untuk Mill 2 dipilih layout alternatif kedua dengan pengurangan biaya *material handling* terbesar sebanyak 38,36% dengan biaya investasi Rp 2.490.000,00

6.2. SARAN

1. Untuk penerapan layout *cellular manufactur pada* perusahaan disarankan untuk terlebih dahulu melakukan penelitian lebih lanjut dengan sampel produk yang lebih banyak agar tingkat generalisasi model yang dibuat semakin tinggi.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan sample part-produk lebih banyak sehingga lebih representatif terhadap sistem nyata dan dengan memperhatikan analisis *intracell.*

DAFTAR PUSTAKA

Adriantantri, E. (2008). *Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi Guna Meminimumkan Jarak dan Biaya Material Handling Menggunakan Aplikasi Quantitive System Version 3.0 pada PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Grati Pasuruan.*

Agil, Yoppi.(2007). *Analisis Biaya Material handling pada Implementasi Layout Just in Time Menggunakan Simulasi.* Laporan Tugas Akhir. Unpublish.

Banks, J., Carson, J. S., & L.Nelson, B. (1996). *Discrete Event System Simulation.* New Jersey: Prentice Hall.

Djunaidi, M., Nugroho, M. T., & Anton, J. (2006). *Simulasi Grouph Technology System Untuk Meminimalkan Biaya Material Handling dengan Metode Heuristic*. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Vol. 4 No.3* , 129-138.

Edis, R.S.,Kahraman, B.,Araz, O.U, & Oxfirat, M.K.(2011). *A Facility Layout Problem in A Marble Factory via Simulation.*Mathematical and Computational Aplications Vol.16 No.1, 97-104.

H.M. Chan, D. M. (n.d.). *Direct Clustering Algorithm for Group Formation in Cellular manufacture. Manufacturing System* , 65-74.

Hachicha, W., & Masmoudi, F. :. (2007). *An improvement of a cellular manufacturing system design using simulation analysis. internasional journal simulation model* , 193-205.

Hadiguna, R. A., & Setiawan, H. (2008). *Tata letak Pabrik.* Yogyakarta: Andi Offset.

Heragu, S. (1997). *Facilities Design.* Boston: PWS Publishing Company.

Jerbi, A. ,Chotourou, H. , & Mallej, A.Y. (2009). *Comparing Fungsional and Cellular Layout : SimulationModels.Int Journal Simulation Model 8, 215-224.*

Kakiay, T. J. (2003). *Sistem Simulasi.* Yogyakarta: Penerbit Andi.

Modul Laboratorium Delsim FTI UII

Mubarak, F. A., Canel, C., & M.Khumawala, B. (2003). *A simulation study of focused cellular manufacturing as an alternative batch-processing layout. Internatioanl Journal Economics* , 123-138.

Mulyana, E. (2004, Mei). *Reduction Material Handling Cost Dengan Memperbaiki Lay-out Fasilitas Pabrik.*

Purnomo, H. (2004). *Perencanaan & Perancangan Fasilitas.* Yogyakarta: Graha Ilmu.

Simatupang, T. M. (1995). *Pemodelan Sistem.* Bandung: Nindita.

Singh, N., & Rajamani, D. (1996). *Cellular Manufacturing System.* London: Chapman & Hall.

Susetyo, J., Simanjuntak, R. A., & Ramos, J. M. (2010). *Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Produksi dengan Pendekatan Group Technology dan Algoritma Blocplan untuk Meminimasi Ongkos Material Handling. Jurna Teknologi Volume 3 No.1* , 75-84.

Walpole, R. E., & Myers, R. H. (1995). *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Ilmuwan dan Insinyur edisi Bahasa Indonesia.* Bandung: Penerbit ITB.

Wignjosoebroto, S. (2009). *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan.* Surabaya: Guna Widya.

LAMPIRAN

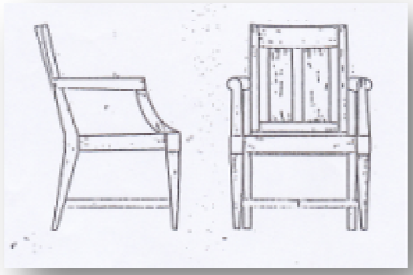
Lampiran 1 Data Produk

1. **Sutherland (S-1024)**
   Conservatory Lounge Chair



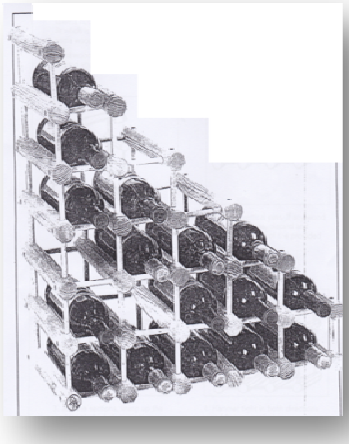
Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A	Kaki belakang	2
B	Sunduk belakang	1
C	Sandaran samping	2
D	Sandaran atas	1
E	Sandaran bawah	1
F	Slat sandaran	9
G	Kaki depan	2
H	Sunduk depan	1
I	Sunduk samping	1
J1	Slat duduk depan	1
J2	Slat duduk depan	1
J3	Slat duduk depan	1
J4	Slat duduk depan	1
J5	Slat duduk depan	1
J6	Slat duduk depan	1
J7	Slat duduk depan	1
J8	Slat duduk depan	1
J9	Slat duduk depan	1
J10	Slat duduk depan	1
K	Tanganan datar	2
L	Penyangga tanganan	2
M	Clos depan	2
N	Clos belakang	2

2. Shuterland (S-5201)
Classic Arm Chair



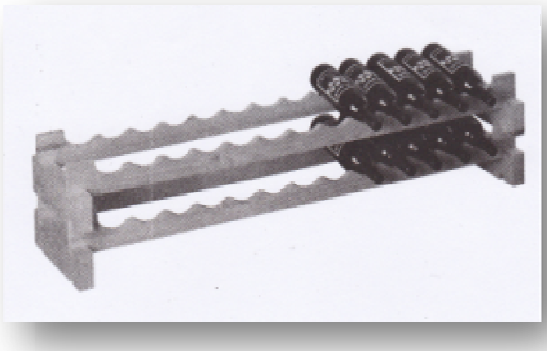
Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A	Kaki belakang	2
B	Kaki depan	2
C	Sandaran atas	1
D	Sandaran bawah	1
E	Slat sandaran	2
F	Ambang duduk samping	2
G	Ambang duduk depan	1
H	Ambang duduk belakang	1
J1	Slat duduk tepi	2
J2	Slat duduk tepi	2
J3	Slat duduk tepi	2
K	Palang kaki	2
L	Sandaran samping	2
M	Tanganan	2
N	Penyangga tanganan	2
L	Clos depan	2
M	Clos belakang	2

3. Wine Entusiast
Modular Versility



Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A	Bubutan besar	48
B	Bubutan tegak	84
C	Bubutan datar	80

4. Wine Entusiast Stackable Wine Rack



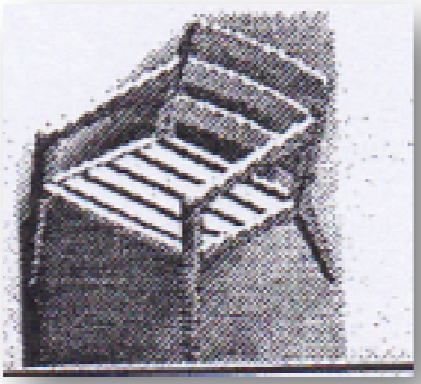
Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A	Frame panjang	4
B	Frame pendek	4

5. Wine Entusiast Swedish Wine Rack



Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A1	Rangka Tegak Depan	1
A2	Rangka Tegak Belakang	1
F1	Sekat 1	14
F2	Sekat 2	2
F3	Sekat miring	1
F4	Sekat miring	2
B	Rangka datar depan	6
	Rangka datar belakang(plat besi)	5
D	Kaki belakang	4
E	Moul Atas/bawah	4

6. Brown Jordan (BJ 1001)
Arm Chair



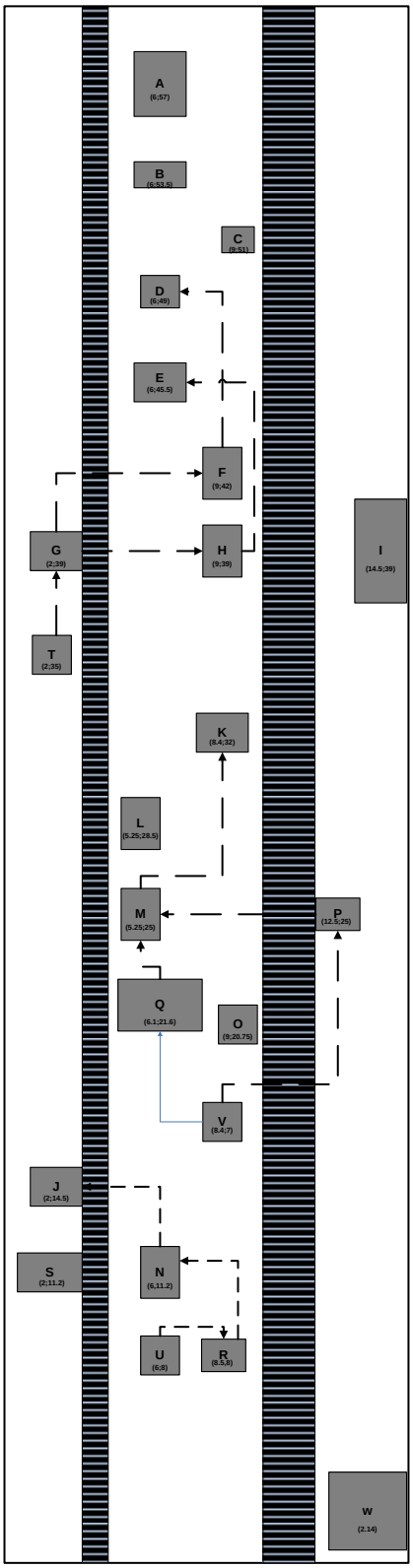
Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A	Kaki depan	2
B	Kaki belakang atas	2
C	Kaki belakang bawah	2
D	Tanganan	2
E	Sunduk depan	1
F	Sunduk belakang	1
G	Sunduk samping	2
H	Slat dudukan	1
I	Slat dudukan	1
J	Slat dudukan	1
K	Slat dudukan	1
L	Slat dudukan	2
L1	Sandaran atas	1

7. Brown Jordan (BJ 1006)
Dining Table

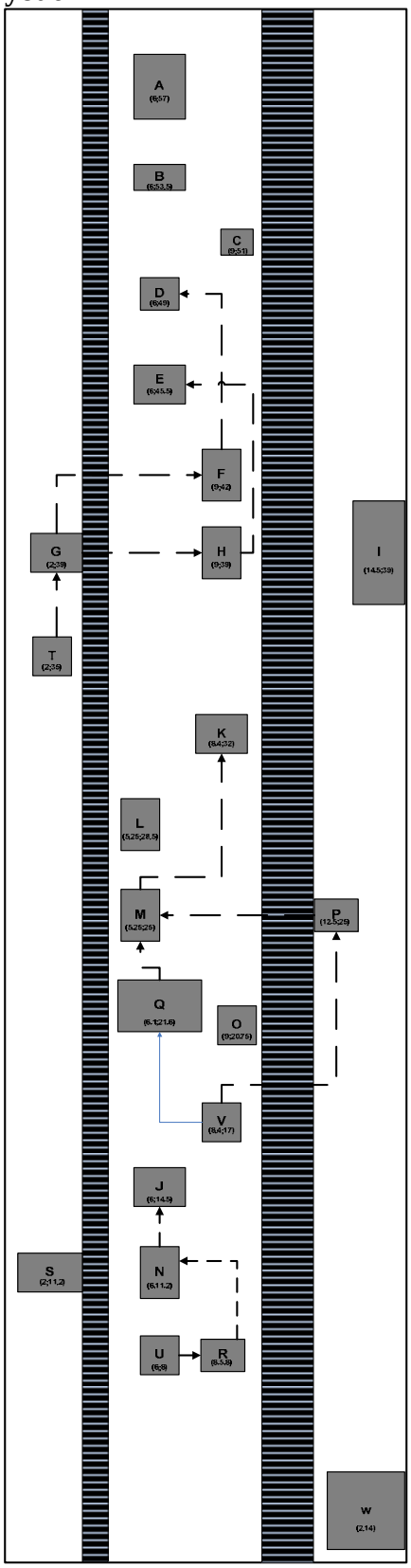


Kode Part	Nama Part	Jumlah/set
A	Kaki	4
B	Sunduk panjang	2
C	Sunduk pendek	2
D	TL sunduk panjang	2
D1	TL sunduk pendek	2
E	Penahan filler	4
F	Klos pojok	4
G	Daun tengah	2
G1	Slat tepi	2
H	Slat tengah	1
J	Penahan slat panjang	2
J1	Penahan slat pendek	2
K	Frame panjang	4
K1	Frame pendek	2
L4	Slat	14
M	Slat tepi dalam	2

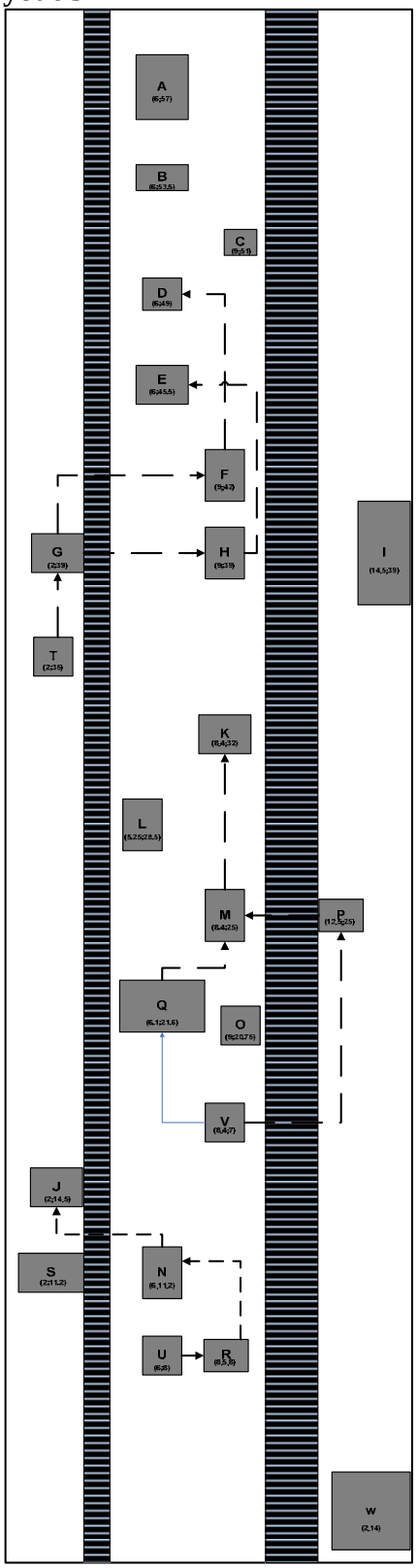
Lampiran 2 Alternatif layout 1 mill 1



Lampiran 3 Alternatif layout 2 mill 1



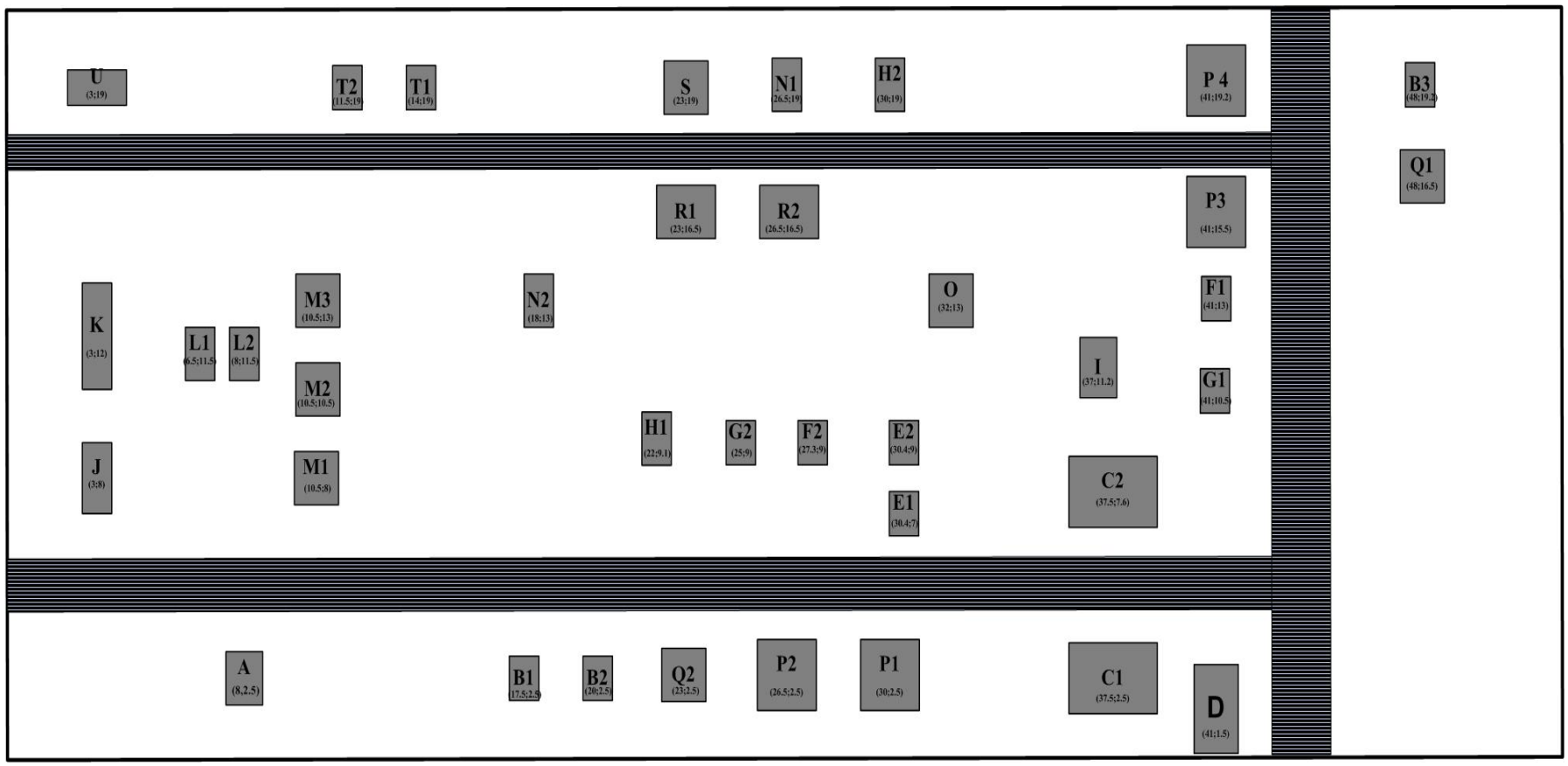
Lampiran 4 Alternatif layout 3 mill 1



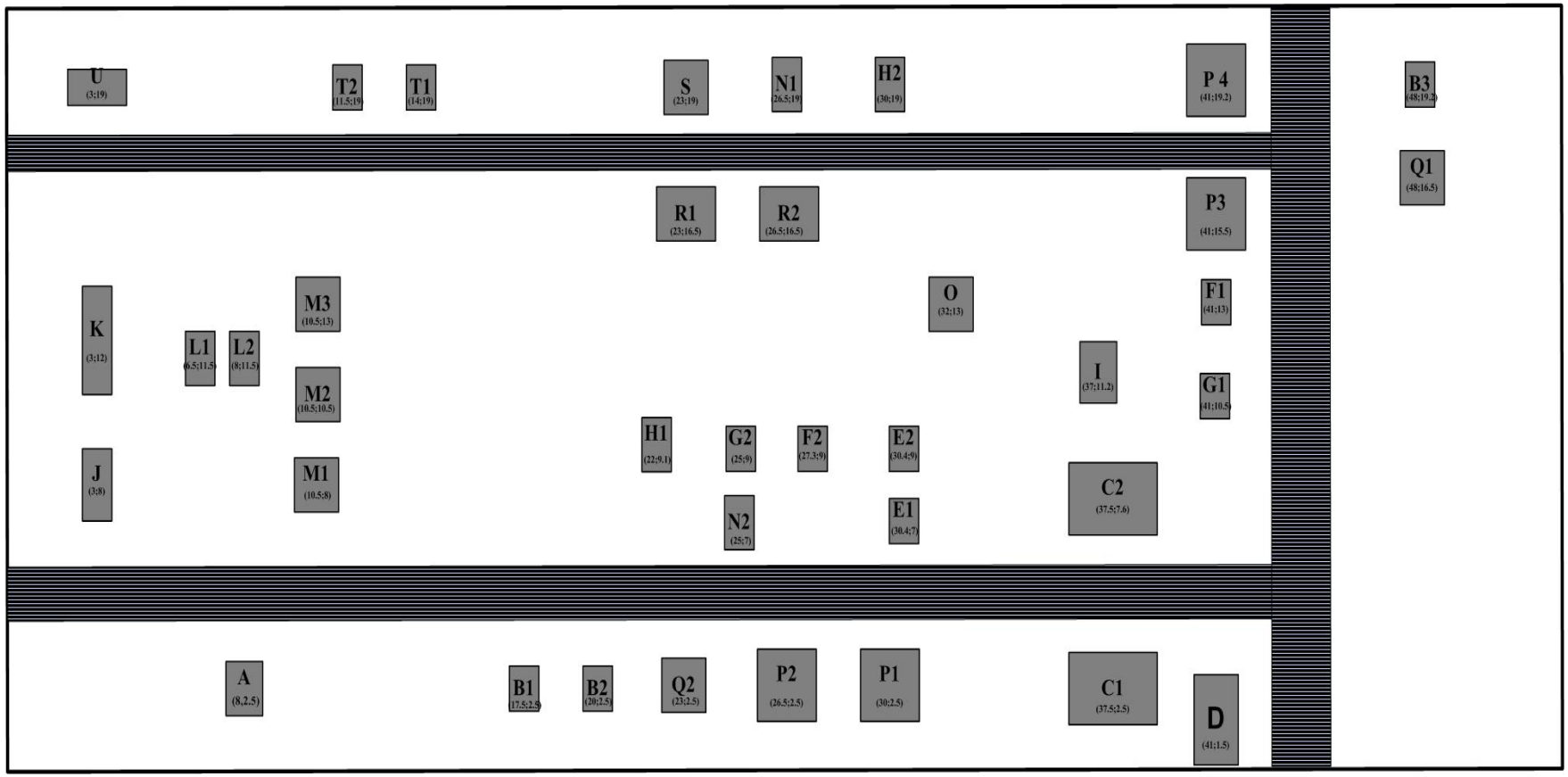
Keterangan Mesin Departemen Mill 1:

A	: Pengamplasan
B	: Mesin Bor
C	: Mesin Spindle Join
D	: Mesin Router
E	: Mesin Thicknesser 1
F	: Mesin Planner 1
G	: Mesin Circle Saw 1
H	: Mesin Planner 2
I	: Mesin Press Hidrolic
J	: Mesin Thicknesser 2
K	: Mesin Thicknesser 3
L	: Mesin Planner 3
M	: Mesin Planner 4
N	: Mesin Planner 5
O	: Mesin Rip Saw
P	: Mesin Circle Saw 2
Q	: Mesin Dimension
R	: Mesin Circle Saw 3
S	: Mesin Band Saw
T	: Mesin Radial 1
U	: Mesin Radial 2
V	: Mesin Radial 3
W	: Dust Collector

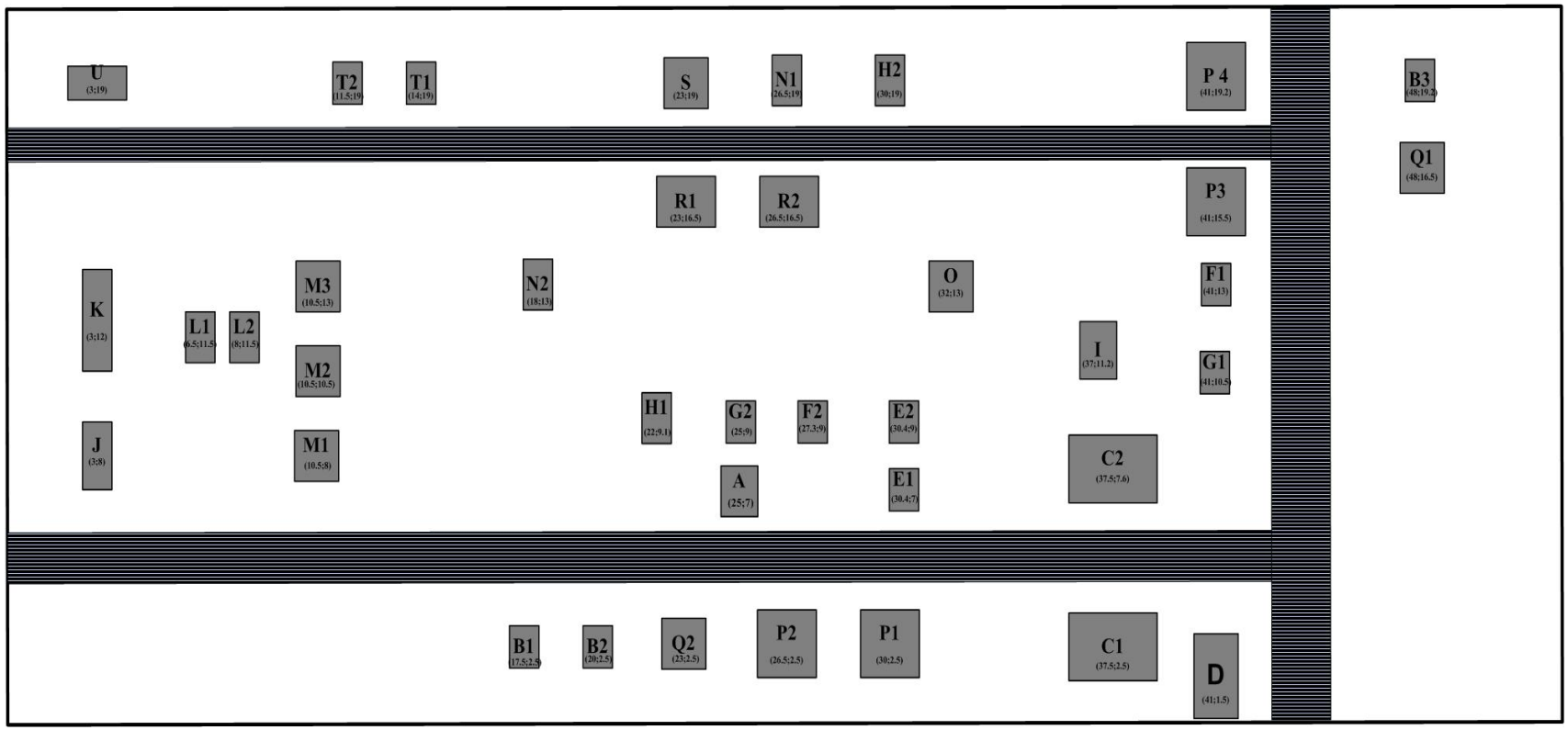
Lampiran 5 Alternatif layout 1 mill 2



Lampiran 6 Alternatif layout 2 mill 2



Lampiran 7 Alternatif layout 3 mill 2



Lampiran 7
Matrik Jarak Layout Alternatif 1 Mill 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
A	0.00	3.50	6.71	8.00	11.50	15.30	18.44	18.25	19.91	42.69	25.11	28.51	32.01	45.80	36.37	32.65	35.40	49.06	45.97	22.36	49.00	40.07	43.19
B		0.00	3.91	4.50	8.00	11.88	15.04	14.81	16.81	39.20	21.63	25.01	28.51	42.30	32.89	29.23	31.90	45.57	42.49	18.93	45.50	36.58	39.70
C			0.00	3.61	6.26	9.00	13.89	12.00	13.20	37.17	51.00	22.81	26.27	39.91	30.25	26.23	29.54	43.00	40.41	17.46	43.10	34.01	37.66
D				0.00	3.50	7.62	10.77	10.44	13.12	34.73	17.17	20.51	24.01	37.80	28.41	24.86	27.40	41.08	38.01	14.56	41.00	32.09	35.23
E					0.00	4.61	7.63	7.16	10.70	31.26	13.71	17.02	20.51	34.30	24.93	21.51	23.90	37.58	34.53	11.24	37.50	28.60	31.75
F						0.00	7.62	3.00	6.26	28.38	10.02	14.01	17.41	30.95	21.25	17.36	20.61	34.00	31.59	9.90	34.13	25.01	28.86
G							0.00	7.00	12.50	24.50	9.48	10.99	14.37	28.09	19.55	17.50	17.88	31.67	27.80	4.00	31.26	22.91	25.00
H								0.00	5.50	25.48	7.03	11.15	14.49	27.96	18.25	14.43	17.64	31.00	28.67	8.06	31.14	22.01	25.96
I									0.00	27.50	9.28	13.99	16.78	29.07	19.06	14.14	19.32	31.58	30.48	13.12	32.14	22.83	27.95
J										0.00	18.63	14.37	10.99	5.19	9.38	14.85	8.20	9.19	3.30	20.50	7.63	6.87	0.50
K											0.00	4.71	7.68	20.94	11.27	8.11	10.65	24.00	24.00	7.07	24.12	15.00	19.10
L												0.00	3.50	17.32	8.61	8.05	6.95	20.76	17.60	7.27	20.51	11.92	14.86
M													0.00	13.82	5.67	7.25	3.50	17.31	14.18	10.51	17.02	8.60	11.47
N														0.00	10.01	15.25	10.40	4.06	4.00	24.13	3.20	6.28	4.88
O															0.00	5.51	3.02	12.76	11.84	15.88	13.10	3.80	9.72
P																0.00	7.25	17.46	17.34	14.50	18.20	8.99	15.21
Q																	0.00	13.81	11.18	14.01	13.60	5.14	8.64
R																		0.00	7.24	27.77	2.50	9.00	8.85
S																			0.00	23.80	5.12	8.64	2.80
T																				0.00	27.29	19.10	21.00
U																					0.00	9.31	7.21
V																						0.00	7.07
W																							0.00

Lampiran 8
Matrik Jarak Layout Alternatif 2 Mill 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
A	0.00	3.50	6.71	8.00	11.50	15.30	18.44	18.25	19.91	42.50	25.11	28.51	32.01	45.80	36.37	32.65	35.40	49.06	45.97	22.36	49.00	50.06	43.19
B		0.00	3.91	4.50	8.00	11.88	15.04	14.81	16.81	39.00	21.63	25.01	28.51	42.30	32.89	29.23	31.90	45.57	42.49	18.93	45.50	46.56	39.70
C			0.00	3.61	6.26	9.00	13.89	12.00	13.20	36.62	51.00	22.81	26.27	39.91	30.25	26.23	29.54	43.00	40.41	17.46	43.10	44.00	37.66
D				0.00	3.50	7.62	10.77	10.44	13.12	34.50	17.17	20.51	24.01	37.80	28.41	24.86	27.40	41.08	38.01	14.56	41.00	42.07	35.23
E					0.00	4.61	7.63	7.16	10.70	31.00	13.71	17.02	20.51	34.30	24.93	21.51	23.90	37.58	34.53	11.24	37.50	38.57	31.75
F						0.00	7.62	3.00	6.26	27.66	10.02	14.01	17.41	30.95	21.25	17.36	20.61	34.00	31.59	9.90	34.13	35.01	28.86
G							0.00	7.00	12.50	24.82	9.48	10.99	14.37	28.09	19.55	17.50	17.88	31.67	27.80	4.00	31.26	32.63	25.00
H								0.00	5.50	24.68	7.03	11.15	14.49	27.96	18.25	14.43	17.64	31.00	28.67	8.06	31.14	32.01	25.96
I									0.00	25.93	9.28	13.99	16.78	29.07	19.06	14.14	19.32	31.58	30.48	13.12	32.14	32.58	27.95
J										0.00	17.66	14.02	10.53	3.30	6.93	12.35	7.10	6.96	5.19	20.89	6.50	7.87	4.03
K											0.00	4.71	7.68	20.94	11.27	8.11	10.65	24.00	24.00	7.07	24.12	25.00	19.10
L												0.00	3.50	17.32	8.61	8.05	6.95	20.76	17.60	7.27	20.51	21.73	14.86
M													0.00	13.82	5.67	7.25	3.50	17.31	14.18	10.51	17.02	18.27	11.47
N														0.00	10.01	15.25	10.40	4.06	4.00	24.13	3.20	4.84	4.88
O															0.00	5.51	3.02	12.76	11.84	15.88	13.10	13.76	9.72
P																0.00	7.25	17.46	17.34	14.50	18.20	18.46	15.21
Q																	0.00	13.81	11.18	14.01	13.60	14.78	8.64
R																		0.00	7.24	27.77	2.50	1.00	8.85
S																			0.00	23.80	5.12	7.66	2.80
T																				0.00	27.29	28.72	21.00
U																					0.00	2.60	7.21
V																						0.00	9.48
W																							0.00

Lampiran 9
Matrik Jarak Layout Alternatif 3 Mill 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
A	0.00	3.50	6.71	8.00	11.50	15.30	18.44	18.25	19.91	42.69	25.11	28.51	32.09	45.80	36.37	32.65	35.40	49.06	45.97	22.36	49.00	50.06	43.19
B		0.00	3.91	4.50	8.00	11.88	15.04	14.81	16.81	39.20	21.63	25.01	28.60	42.30	32.89	29.23	31.90	45.57	42.49	18.93	45.50	46.56	39.70
C			0.00	3.61	6.26	9.00	13.89	12.00	13.20	37.17	51.00	22.81	26.01	39.91	30.25	26.23	29.54	43.00	40.41	17.46	43.10	44.00	37.66
D				0.00	3.50	7.62	10.77	10.44	13.12	34.73	17.17	20.51	24.12	37.80	28.41	24.86	27.40	41.08	38.01	14.56	41.00	42.07	35.23
E					0.00	4.61	7.63	7.16	10.70	31.26	13.71	17.02	20.64	34.30	24.93	21.51	23.90	37.58	34.53	11.24	37.50	38.57	31.75
F						0.00	7.62	3.00	6.26	28.38	10.02	14.01	17.01	30.95	21.25	17.36	20.61	34.00	31.59	9.90	34.13	35.01	28.86
G							0.00	7.00	12.50	24.50	9.48	10.99	15.39	28.09	19.55	17.50	17.88	31.67	27.80	4.00	31.26	32.63	25.00
H								0.00	5.50	25.48	7.03	11.15	14.01	27.96	18.25	14.43	17.64	31.00	28.67	8.06	31.14	32.01	25.96
I									0.00	27.50	9.28	13.99	15.27	29.07	19.06	14.14	19.32	31.58	30.48	13.12	32.14	32.58	27.95
J										0.00	18.63	14.37	12.30	5.19	9.38	14.85	8.20	9.19	3.30	20.50	7.63	9.86	0.50
K											0.00	4.71	7.00	20.94	11.27	8.11	10.65	24.00	24.00	7.07	24.12	25.00	19.10
L												0.00	4.71	17.32	8.61	8.05	6.95	20.76	17.60	7.27	20.51	21.73	14.86
M													0.00	14.01	4.29	4.10	4.10	17.00	15.21	11.87	17.17	18.00	12.73
N														0.00	10.01	15.25	10.40	4.06	4.00	24.13	3.20	4.84	4.88
O															0.00	5.51	3.02	12.76	11.84	15.88	13.10	13.76	9.72
P																0.00	7.25	17.46	17.34	14.50	18.20	18.46	15.21
Q																	0.00	13.81	11.18	14.01	13.60	14.78	8.64
R																		0.00	7.24	27.77	2.50	1.00	8.85
S																			0.00	23.80	5.12	7.66	2.80
T																				0.00	27.29	28.72	21.00
U																					0.00	2.60	7.21
V																						0.00	9.48
W																							0.00

Lampiran 10
Matrik Jarak Layout Initial Mill 2

	A	B1	B2	B3	C1	C2	D	E1	E2	F1	F2	G1	G2	H1	H2	I	J	K	L1	L2	M1	M2	M3	N1	N2	O	P1	P2	P3	P4	Q1	Q2	R1	R2	S	T1	T2	U
A	0.00	9.00	12.00	15.00	29.00	29.45	33.02	22.11	22.13	19.82	20.37	17.59	18.20	15.48	13.70	30.28	7.43	10.74	9.12	9.00	6.04	8.38	10.79	12.90	14.50	26.20	33.96	34.63	35.47	36.98	42.38	43.35	20.52	23.20	22.30	17.56	16.87	17.24
B1		0.00	3.00	6.00	20.00	20.64	24.02	13.18	13.22	11.24	12.18	3.18	10.31	8.28	7.25	21.81	15.04	16.32	13.83	12.73	8.51	10.31	12.35	10.61	10.55	18.31	25.30	26.20	27.29	29.24	34.01	35.21	15.23	16.92	17.56	16.77	17.39	21.64
B2			0.00	3.00	17.00	17.75	21.02	10.24	10.28	8.58	7.72	6.73	8.20	6.90	6.60	19.10	17.87	19.47	16.22	15.00	10.98	12.42	14.16	11.42	10.69	15.95	22.47	23.48	24.70	26.83	31.30	32.60	14.32	15.44	16.77	17.56	18.56	23.69
B3				0.00	14.00	14.90	18.03	7.34	7.40	6.22	7.79	4.92	6.80	6.68	7.25	16.48	20.74	22.14	18.79	17.49	13.66	14.84	16.32	12.90	11.63	13.83	19.70	20.84	22.20	24.55	28.65	30.06	14.00	14.43	16.50	18.79	20.11	25.93
C1					0.00	5.10	4.12	7.34	7.40	10.69	11.68	12.82	13.65	16.39	18.24	8.70	34.44	35.30	31.80	30.36	27.06	27.68	28.50	23.93	21.71	11.63	8.94	11.24	13.60	17.17	17.80	20.00	19.80	17.50	21.64	28.31	30.37	37.79
C2						0.00	7.23	7.58	7.50	9.72	9.80	12.01	12.08	15.07	17.07	3.60	34.00	34.28	30.75	29.26	26.50	26.66	27.04	22.17	19.75	7.36	4.94	6.72	8.85	12.27	14.15	15.99	16.59	13.76	18.05	25.67	27.93	35.86
D							0.00	11.46	11.51	14.76	15.62	16.92	17.67	20.46	22.33	10.49	38.55	39.42	35.92	34.48	31.18	31.80	32.60	27.97	25.71	14.60	9.00	11.50	14.00	17.70	16.55	19.03	23.43	20.86	25.10	32.18	34.30	41.84
E1								0.00	0.20	3.55	5.08	5.50	6.59	9.13	10.93	9.55	27.20	27.97	24.46	23.03	19.78	20.34	21.19	16.71	14.59	8.54	12.44	13.78	15.42	18.20	21.52	23.11	13.72	12.31	15.92	21.46	23.38	30.55
E2									0.00	3.42	4.91	5.42	6.47	9.04	10.85	9.42	27.18	27.92	24.41	22.97	19.74	20.29	21.12	16.61	14.48	8.34	12.34	13.66	15.28	18.04	21.41	22.99	13.55	12.12	15.74	21.33	23.26	30.46
F1										0.00	2.00	2.30	3.05	5.70	7.60	10.57	24.32	24.81	21.28	19.82	16.83	17.16	18.20	13.24	11.07	7.62	14.14	14.36	16.12	18.34	22.78	24.03	10.43	9.53	12.75	17.91	19.84	27.10
F2											0.00	3.05	2.30	5.30	7.30	9.95	24.32	24.48	24.48	19.46	16.83	16.87	17.53	12.46	10.12	6.17	13.78	14.27	15.16	17.08	22.02	23.08	8.65	7.54	10.89	16.64	18.70	26.28
G1												0.00	2.00	3.66	5.42	12.71	22.02	22.56	19.04	17.59	14.53	14.92	15.69	11.24	9.22	9.22	16.38	17.09	18.12	20.12	24.88	26.04	9.71	9.62	12.17	16.28	18.06	25.06
G2													0.00	3.00	5.00	12.20	22.02	22.20	18.67	17.18	14.53	14.58	15.04	10.31	8.06	8.06	16.07	16.43	17.27	18.97	24.19	25.16	7.76	7.65	10.20	14.87	16.80	24.17
H1														0.00	2.00	15.15	19.03	19.22	15.68	14.20	11.55	11.58	12.14	7.58	5.59	10.73	19.05	19.40	20.05	21.52	27.03	27.89	7.47	8.66	9.95	12.73	14.43	21.42
H2															0.00	17.13	17.04	17.25	13.71	12.24	9.56	9.60	10.27	5.95	4.38	12.62	21.05	21.36	21.95	23.30	28.36	29.77	7.98	9.85	10.34	11.58	13.05	19.67
I																0.00	34.15	34.01	30.50	29.00	26.69	26.51	26.56	21.58	19.09	5.31	4.06	4.39	5.87	8.94	12.21	13.60	14.97	11.76	16.03	24.29	26.67	34.88
J																	0.00	4.00	4.95	6.10	7.50	7.91	9.01	13.46	15.81	29.43	38.08	38.33	38.73	39.62	45.80	46.37	21.73	24.99	22.83	15.56	13.90	11.00
K																		0.00	3.54	5.02	8.50	7.65	7.57	12.54	15.03	29.02	38.03	38.01	38.16	38.68	45.22	45.57	20.50	23.93	21.19	13.04	11.01	7.00
L1																			0.00	1.50	5.32	4.12	4.27	9.12	11.60	25.54	34.51	34.53	34.73	35.35	41.80	42.21	17.24	20.62	18.12	10.61	9.01	8.28
L2																				0.00	4.30	2.69	2.92	7.65	10.11	24.05	33.02	33.03	33.24	33.89	40.31	40.73	15.81	19.16	16.77	9.60	8.28	9.01
M1																					0.00	2.50	5.00	7.07	9.01	22.07	30.60	30.91	31.41	32.43	38.45	39.14	15.12	18.12	16.65	11.54	11.05	13.31
M2																						0.00	2.50	5.59	7.91	21.64	30.50	30.60	30.91	31.72	37.98	38.50	13.87	17.09	15.12	9.19	8.56	11.34
M3																							0.00	5.00	7.50	21.50	30.60	30.50	30.60	31.12	37.66	38.01	12.98	16.38	13.87	6.95	6.08	9.60
N1																								0.00	2.50	16.50	25.62	25.50	25.62	26.24	32.69	33.09	8.28	11.54	9.60	6.18	7.21	13.87
N2																									0.00	14.00	23.14	23.00	23.14	23.62	30.20	30.63	6.10	9.19	7.81	7.21	8.85	16.16
O																										0.00	9.34	9.00	9.34	10.93	16.38	17.16	9.66	6.52	10.82	18.97	21.36	29.61
P1																											0.00	2.50	5.00	8.70	9.22	11.17	18.97	15.69	19.31	28.31	30.70	38.94
P2																												0.00	2.50	6.20	7.83	9.35	18.34	14.92	18.97	27.66	30.10	38.47
P3																													0.00	3.70	7.07	7.92	18.03	14.53	18.34	27.23	29.71	38.16
P4																														0.00	7.50	7.00	18.20	14.75	18.00	27.00	29.50	38.00
Q1																															0.00	2.70	25.00	21.50	25.12	34.09	36.59	45.07
Q2																																0.00	25.15	21.67	25.00	34.00	36.50	45.00
R1																																	0.00	3.50	2.50	9.34	11.77	20.16
R2																																		0.00	4.30	12.75	15.21	23.63
S																																			0.00	9.00	11.50	20.00
T1																																				0.00	2.50	11.00
T2																																					0.00	8.50
U																																						0.00

Lampiran 11
Matrik Jarak Layout Alternatif 1 Mill 2

	A	B1	B2	B3	C1	C2	D	E1	E2	F1	F2	G1	G2	H1	H2	I	J	K	L1	L2	M1	M2	M3	N1	N2	O	P1	P2	P3	P4	Q1	Q2	R1	R2	S	T1	T2	U
A	0.00	9.00	12.00	43.35	29.00	29.45	33.02	22.11	22.13	34.63	20.37	33.96	18.20	15.48	27.50	30.28	7.43	10.74	9.12	9.00	6.04	8.38	10.79	24.79	14.50	26.20	22.00	18.50	35.47	36.98	42.38	15.00	20.52	23.20	22.30	17.56	16.87	17.24
B1		0.00	3.00	35.21	20.00	20.64	24.02	13.16	13.22	26.20	12.16	25.30	10.31	8.28	21.01	21.81	15.04	16.32	13.63	12.73	8.51	10.31	12.35	13.04	10.55	18.31	13.00	9.50	27.23	29.24	34.01	6.00	15.23	16.32	17.56	16.77	17.33	21.64
B2			0.00	32.60	17.00	17.75	21.02	10.24	10.28	23.48	7.72	22.47	8.20	6.90	19.29	19.10	17.87	19.47	16.22	15.00	10.98	12.42	14.16	17.73	10.53	15.95	10.00	6.50	24.70	26.83	31.30	3.00	14.32	15.44	16.77	17.56	18.56	23.63
B3				0.00	20.00	15.99	18.03	23.11	22.99	9.35	23.08	11.17	25.16	27.89	18.00	13.60	46.37	45.57	42.21	40.73	38.14	38.50	38.01	21.50	30.63	17.16	24.55	27.22	7.92	7.00	2.70	30.06	25.15	21.67	25.00	34.00	36.50	45.00
C1					0.00	5.10	4.12	7.34	7.40	11.24	11.68	8.34	13.65	16.33	17.52	8.70	34.44	33.30	31.80	30.36	27.06	27.68	28.50	13.56	21.71	11.63	7.00	10.50	3.60	17.17	17.80	14.00	13.80	17.50	21.64	28.31	30.37	37.73
C2						0.00	7.29	7.58	7.50	6.72	9.80	4.94	12.08	15.07	13.38	3.60	34.00	34.28	30.75	29.26	26.50	26.66	27.04	15.50	19.75	7.36	8.66	11.67	8.85	12.27	14.15	14.90	16.59	13.76	18.05	25.67	27.93	35.86
D							0.00	11.46	11.51	11.50	15.62	9.00	17.67	20.46	20.67	10.49	38.55	38.42	35.92	34.46	31.16	31.80	32.60	22.73	25.71	14.60	11.05	14.53	4.00	17.70	16.55	18.03	23.43	20.66	25.10	32.13	34.30	41.64
E1								0.00	0.20	13.16	5.08	12.44	6.53	9.13	14.30	9.55	27.20	27.37	24.46	23.03	19.76	20.34	21.13	14.72	14.53	8.54	2.20	4.13	5.42	16.20	21.52	7.34	13.72	12.31	15.32	21.45	23.36	30.55
E2									0.00	13.66	4.31	12.34	6.47	9.04	14.10	9.42	27.18	27.92	24.41	22.97	19.74	20.29	21.12	14.53	14.48	8.34	2.40	4.24	5.28	16.04	21.41	7.40	13.55	12.12	15.74	21.33	23.26	30.46
F1										0.00	14.27	2.50	16.49	19.40	12.53	4.39	38.33	38.01	34.53	33.03	30.31	30.60	30.52	15.69	23.00	3.00	15.21	17.30	2.50	6.20	7.83	20.84	16.34	14.92	18.97	27.66	30.10	38.47
F2											0.00	13.78	2.30	5.30	10.36	9.95	24.32	24.48	24.48	19.46	16.83	16.87	17.53	10.03	10.12	6.17	7.04	6.55	15.16	17.08	22.02	7.79	8.65	7.54	10.89	16.64	18.70	26.28
G1												0.00	16.07	19.05	13.90	4.06	38.08	38.03	34.51	33.02	30.60	30.50	30.60	16.81	23.14	3.34	13.60	16.56	5.00	8.70	9.22	19.70	18.97	15.69	19.91	28.31	30.70	38.84
G2													0.00	3.00	11.16	12.20	22.02	22.20	18.67	17.18	14.53	14.58	15.04	10.11	8.06	8.06	8.20	6.67	17.27	18.97	24.19	6.80	7.76	7.65	10.20	14.87	16.80	24.17
H1														0.00	12.73	15.15	19.03	19.22	15.68	14.20	11.55	11.58	12.14	10.87	5.59	10.73	10.37	7.99	20.05	21.52	27.03	6.68	7.47	8.66	9.95	12.73	14.43	21.42
H2															0.00	10.48	29.15	27.89	24.67	23.24	22.33	21.27	20.40	3.50	13.42	6.32	16.50	16.87	11.54	11.00	18.17	17.92	7.43	4.30	7.00	16.00	18.50	27.00
I																0.00	34.15	34.01	30.50	29.00	26.63	26.51	26.56	13.08	19.03	5.31	11.17	13.64	5.87	8.34	12.21	16.48	14.37	11.76	16.03	24.23	26.67	34.68
J																	0.00	4.00	4.95	6.10	7.50	7.91	9.01	25.95	15.81	29.43	27.55	24.14	38.73	39.62	45.80	20.74	21.73	24.99	22.83	15.56	13.90	11.00
K																		0.00	3.54	5.02	6.50	7.65	7.57	24.52	15.03	28.02	26.62	25.35	38.16	38.66	45.22	22.14	20.50	23.33	21.13	13.04	11.01	7.00
L1																			0.00	1.50	5.32	4.12	4.27	21.36	11.60	25.54	25.16	21.33	34.73	35.35	41.80	18.73	17.24	20.62	18.12	10.61	9.01	6.28
L2																				0.00	4.30	2.63	2.92	19.96	10.11	24.05	23.77	20.57	33.24	33.89	40.31	17.43	15.81	19.16	16.77	9.60	8.28	9.01
M1																					0.00	2.50	5.00	19.42	9.01	22.07	20.26	16.92	31.41	32.49	38.45	13.66	15.12	18.12	16.65	11.54	11.05	13.31
M2																						0.00	2.50	18.12	7.91	21.64	21.08	17.83	30.91	31.72	37.38	14.84	13.87	17.09	15.12	9.13	8.56	11.34
M3																							0.00	17.09	7.50	21.50	22.15	19.14	30.60	31.12	37.66	16.32	12.98	16.38	13.87	6.95	6.08	9.60
N1																								0.00	10.40	8.14	16.87	16.50	4.92	14.50	21.64	16.87	4.30	2.50	3.50	12.50	15.00	23.50
N2																									0.00	14.00	15.95	13.51	23.14	23.82	30.20	11.63	6.10	3.13	7.81	7.21	8.85	16.16
O																										0.00	10.69	11.85	3.34	10.93	16.38	13.83	9.66	6.52	10.82	18.97	21.36	29.61
P1																											0.00	3.50	7.03	20.00	22.60	7.00	15.65	14.43	17.32	22.36	24.73	31.64
P2																												0.00	9.47	22.12	25.66	3.50	14.43	14.00	16.87	20.70	22.30	28.71
P3																													0.00	3.70	7.07	22.20	18.03	14.53	18.34	27.23	29.71	38.16
P4																														0.00	7.50	24.55	18.20	14.75	18.00	27.00	29.50	38.00
Q1																															0.00	28.65	25.00	21.50	25.12	34.09	36.59	45.07
Q2																																0.00	14.00	14.43	16.50	18.79	20.11	25.93
R1																																	0.00	3.50	2.50	3.34	11.77	20.16
R2																																		0.00	4.30	12.75	15.21	23.63
S																																			0.00	9.00	11.50	20.00
T1																																				0.00	2.50	11.00
T2																																					0.00	8.50
U																																						0.00

Lampiran 12
Matrik Jarak Layout Alternatif 2 Mill 2

	A	B1	B2	B3	C1	C2	D	E1	E2	F1	F2	G1	G2	H1	H2	I	J	K	L1	L2	M1	M2	M3	N1	N2	O	P1	P2	P3	P4	Q1	Q2	R1	R2	S	T1	T2	U
A	0.00	9.00	12.00	43.35	29.00	29.45	33.02	22.11	22.13	34.63	20.37	33.96	18.20	15.48	27.50	30.28	7.43	10.74	9.12	9.00	6.04	8.38	10.79	24.79	17.59	26.20	22.00	18.50	15.47	36.98	42.38	15.00	20.52	23.20	22.30	17.56	16.87	17.24
B1		0.00	3.00	35.21	20.00	20.64	24.02	13.18	13.22	26.20	12.18	25.30	10.31	8.28	21.01	21.81	15.04	16.92	13.83	12.73	8.51	10.31	12.35	19.04	9.18	18.31	13.00	9.50	27.23	29.24	34.01	6.00	15.23	16.92	17.56	16.77	17.33	21.64
B2			0.00	32.60	17.00	17.75	21.02	10.24	10.28	23.48	7.72	22.47	8.20	5.30	19.29	19.10	17.87	19.47	16.22	15.00	10.38	12.42	14.16	17.73	6.73	15.95	10.00	6.50	24.70	26.83	31.30	3.00	14.32	15.44	16.77	17.56	16.56	23.69
B3				0.00	20.00	15.39	13.03	23.11	22.99	9.35	23.08	11.17	25.16	27.89	18.00	13.60	46.37	45.57	42.21	40.73	39.14	38.50	38.01	21.50	26.04	17.16	24.55	27.22	1.32	7.00	2.70	30.06	25.15	21.67	25.00	34.00	36.50	45.00
C1					0.00	5.10	4.12	7.34	7.40	11.24	11.68	8.94	13.65	16.39	17.92	8.70	34.44	35.30	31.80	30.36	27.06	27.68	28.50	13.56	12.82	11.63	7.00	10.50	13.60	17.17	17.80	14.00	19.80	17.50	21.64	28.31	30.37	37.79
C2						0.00	7.23	7.58	7.50	6.72	9.80	4.94	12.08	15.07	13.38	3.60	34.00	34.28	30.75	29.26	26.50	26.66	27.04	15.50	12.01	7.36	8.66	11.67	8.85	12.27	14.15	14.30	16.53	13.76	18.05	25.67	27.33	35.86
D							0.00	11.46	11.51	11.50	15.62	9.00	17.67	20.46	20.67	10.43	36.55	39.42	35.92	34.48	31.18	31.80	32.60	22.73	16.32	14.60	11.05	14.53	14.00	17.70	16.55	18.03	23.43	20.86	25.10	32.18	34.30	41.84
E1								0.00	0.20	13.78	5.06	12.44	6.59	9.13	14.30	9.55	27.20	27.97	24.46	23.03	19.78	20.34	21.13	14.72	5.50	8.54	2.20	4.13	5.42	18.20	21.52	7.34	13.72	12.31	15.92	21.46	23.36	30.55
E2									0.00	13.66	4.31	12.34	6.47	9.04	14.10	9.42	27.18	27.92	24.41	22.97	19.74	20.29	21.12	14.53	5.42	8.34	2.40	4.24	5.28	18.04	21.41	7.40	13.55	12.12	15.74	21.33	23.26	30.46
F1										0.00	14.27	2.50	16.49	19.40	12.53	4.39	38.33	38.01	34.53	33.03	30.31	30.60	30.52	15.69	17.09	9.00	15.21	17.90	2.50	6.20	7.83	20.84	18.34	14.32	18.97	27.66	30.10	38.47
F2											0.00	13.78	2.30	5.30	10.36	9.35	24.32	24.48	24.48	19.46	16.83	16.87	17.53	10.03	3.05	6.17	7.04	6.55	15.16	17.08	22.02	7.79	8.65	7.54	10.83	16.64	18.70	26.28
G1												0.00	16.07	19.05	13.90	4.06	38.08	38.03	34.51	33.02	30.60	30.50	30.60	16.81	16.38	9.34	13.60	16.56	5.00	8.70	9.22	19.70	18.37	15.63	19.91	28.31	30.70	38.94
G2													0.00	3.00	11.18	12.20	22.02	22.20	18.67	17.18	14.53	14.58	15.04	10.11	2.00	8.06	8.20	6.67	17.27	18.97	24.19	6.80	7.76	7.65	10.20	14.87	16.80	24.17
H1														0.00	12.73	15.15	19.03	19.22	15.68	14.20	11.55	11.56	12.14	10.87	3.66	10.73	10.37	7.99	20.05	21.52	27.03	6.66	7.47	8.66	9.95	12.73	14.43	21.42
H2															0.00	10.48	29.15	27.89	24.67	23.24	22.39	21.27	20.40	3.50	13.00	6.32	16.50	16.87	11.54	11.00	18.17	17.32	7.43	4.30	7.00	16.00	18.50	27.00
I																0.00	34.15	34.01	30.50	29.00	26.69	26.51	26.56	13.08	12.71	5.31	11.17	13.64	5.87	8.34	12.21	16.48	14.37	11.76	16.03	24.23	26.67	34.88
J																	0.00	4.00	4.95	6.10	7.50	7.31	9.01	25.35	22.02	29.43	27.55	24.14	38.73	39.62	45.80	20.74	21.73	24.39	22.83	15.56	13.90	11.00
K																		0.00	3.54	5.02	8.50	7.65	7.57	24.52	22.56	29.02	28.62	25.35	38.16	38.68	45.22	22.14	20.50	23.93	21.19	13.04	11.01	7.00
L1																			0.00	1.50	5.32	4.12	4.27	21.36	19.04	25.54	25.16	21.93	34.73	35.35	41.80	18.79	17.24	20.62	18.12	10.61	9.01	8.28
L2																				0.00	4.30	2.63	2.92	19.36	17.59	24.05	23.77	20.57	33.24	33.63	40.31	17.43	15.61	19.16	16.77	9.60	8.28	9.01
M1																					0.00	2.50	5.00	19.42	14.53	22.07	20.26	16.32	31.41	32.43	38.45	13.66	15.12	18.12	16.65	11.54	11.05	13.31
M2																						0.00	2.50	18.12	14.32	21.64	21.08	17.83	30.91	31.72	37.88	14.84	13.87	17.09	15.12	9.19	8.56	11.34
M3																							0.00	17.09	15.69	21.50	22.15	19.14	30.60	31.12	37.66	16.32	12.38	16.38	13.87	6.35	6.08	9.60
N1																								0.00	12.09	8.14	16.87	16.50	14.32	14.50	21.64	16.87	4.30	2.50	3.50	12.50	15.00	23.50
N2																									0.00	9.22	6.73	4.74	18.12	20.12	24.88	4.92	9.71	9.62	12.17	16.28	18.06	25.06
O																										0.00	10.69	11.85	3.34	10.93	16.36	13.83	9.66	6.52	10.62	18.97	21.36	29.61
P1																											0.00	3.50	17.03	20.00	22.80	7.00	15.65	14.43	17.32	22.38	24.79	31.64
P2																												0.00	13.47	22.12	25.66	3.50	14.43	14.00	16.87	20.70	22.30	28.71
P3																													0.00	3.70	7.07	22.20	18.03	14.53	18.34	27.23	29.71	38.16
P4																														0.00	7.50	24.55	18.20	14.75	18.00	27.00	29.50	38.00
Q1																															0.00	28.65	25.00	21.50	25.12	34.03	36.58	45.07
Q2																																0.00	14.00	14.43	16.50	18.79	20.11	25.33
R1																																	0.00	3.50	2.50	3.34	11.77	20.16
R2																																		0.00	4.30	12.75	15.21	23.63
S																																			0.00	9.00	11.50	20.00
T1																																				0.00	2.50	11.00
T2																																					0.00	8.50
U																																						0.00

Lampiran 13
Matrik Jarak Layout Alternatif 3 Mill 2

	A	B1	B2	B3	C1	C2	D	E1	E2	F1	F2	G1	G2	H1	H2	I	J	K	L1	L2	M1	M2	M3	N1	N2	O	P1	P2	P3	P4	Q1	Q2	R1	R2	S	T1	T2	U
A	0.00	3.16	6.73	26.04	12.62	12.01	16.32	5.50	5.42	17.03	3.05	16.38	2.00	3.66	13.00	12.71	22.02	22.56	13.04	17.53	14.53	14.92	15.69	12.03	9.22	9.22	6.73	4.74	16.12	20.12	24.66	4.32	9.71	9.62	12.17	16.28	16.06	25.06
B1		0.00	3.00	35.21	20.00	20.64	24.02	13.18	13.22	26.20	12.18	25.30	10.31	8.28	21.01	21.81	15.04	16.92	13.83	12.73	8.51	10.31	12.35	19.04	10.55	18.31	13.00	9.50	27.29	29.24	34.01	6.00	15.23	16.92	17.56	16.77	17.39	21.64
B2			0.00	32.60	17.00	17.75	21.02	10.24	10.26	23.48	7.72	22.47	8.20	6.30	19.29	19.10	17.87	19.47	16.22	15.00	10.98	12.42	14.16	17.73	10.63	15.95	10.00	6.50	24.70	26.83	31.30	3.00	14.32	15.44	16.17	17.56	18.56	23.69
B3				0.00	20.00	15.99	19.03	23.11	22.99	9.35	23.08	11.17	25.16	27.89	18.00	13.60	46.37	45.57	42.21	40.73	39.14	38.50	38.01	21.50	30.63	17.16	24.55	27.22	7.92	7.00	2.70	30.06	25.15	21.67	25.00	34.00	36.50	45.00
C1					0.00	5.10	4.12	7.34	7.40	11.24	11.68	8.94	13.65	16.39	17.92	8.70	34.44	35.30	31.80	30.36	27.06	27.68	28.50	19.56	21.71	11.63	7.00	10.50	13.60	17.17	17.80	14.00	13.80	17.50	21.64	28.31	30.37	37.79
C2						0.00	7.29	7.58	7.50	6.72	9.80	4.94	12.08	15.07	13.38	3.60	34.00	34.28	30.75	29.26	26.50	26.66	27.04	15.50	19.75	7.36	8.66	11.67	8.85	12.27	14.15	14.90	16.59	13.76	18.05	25.67	27.93	35.86
D							0.00	11.46	11.51	11.50	15.62	3.00	17.67	20.46	20.67	10.43	36.55	33.42	35.32	34.48	31.18	31.80	32.60	22.73	25.11	14.60	11.05	14.53	14.00	17.70	16.55	18.03	23.43	20.86	25.10	32.18	34.30	41.64
E1								0.00	0.20	13.76	5.06	12.44	6.53	9.13	14.30	9.55	27.20	27.97	24.46	23.03	19.78	20.34	21.19	14.72	14.59	8.54	2.20	4.13	11.42	18.20	21.52	7.34	13.72	12.31	15.92	21.46	23.38	30.55
E2									0.00	13.66	4.31	12.34	6.47	9.04	14.10	9.42	27.18	27.92	24.41	22.97	19.74	20.29	21.12	14.53	14.48	8.34	2.40	4.24	11.26	18.04	21.41	7.40	13.55	12.12	15.74	21.33	23.26	30.46
F1										0.00	14.27	2.50	16.49	19.40	12.53	4.39	38.33	38.01	34.53	33.03	30.91	30.60	30.52	15.69	23.00	9.00	15.21	17.30	2.50	6.20	7.83	20.84	18.34	14.92	18.97	27.66	30.10	38.47
F2											0.00	13.78	2.30	5.30	10.36	9.95	24.32	24.48	24.48	19.46	16.83	16.87	17.53	10.03	10.12	6.17	7.04	6.55	16.16	17.08	22.02	7.73	8.65	7.54	10.83	16.64	18.70	26.28
G1												0.00	16.07	19.05	13.90	4.06	38.08	38.03	34.51	33.02	30.60	30.50	30.60	16.81	23.14	9.34	13.60	16.56	5.00	8.70	9.22	19.70	18.97	15.69	19.91	28.31	30.70	38.94
G2													0.00	3.00	11.16	12.20	22.02	22.20	18.67	17.16	14.53	14.58	15.04	10.11	8.06	8.06	8.20	6.67	17.27	18.97	24.13	6.80	7.76	7.65	10.20	14.87	16.80	24.17
H1														0.00	12.73	15.15	19.03	19.22	15.68	14.20	11.55	11.58	12.14	10.87	5.59	10.73	10.37	7.93	20.05	21.52	27.03	6.68	7.47	8.66	9.95	12.73	14.43	21.42
H2															0.00	10.48	29.15	27.89	24.67	23.24	22.39	21.27	20.40	3.50	13.42	6.32	16.50	16.87	1.54	11.00	18.17	17.92	7.43	4.30	7.00	16.00	18.50	27.00
I																0.00	34.15	34.01	30.50	29.00	26.69	26.51	26.56	13.08	13.09	5.31	11.17	13.64	5.87	8.94	12.21	16.48	14.97	11.76	16.03	24.23	26.67	34.88
J																	0.00	4.00	4.95	6.10	7.50	7.91	9.01	25.95	15.81	29.43	27.55	24.14	38.73	39.62	45.80	20.74	21.73	24.99	22.83	15.56	13.90	11.00
K																		0.00	3.54	5.02	8.50	7.65	7.57	24.52	15.03	29.02	28.62	25.35	38.16	38.68	45.22	22.14	20.50	23.93	21.19	13.04	11.01	7.00
L1																			0.00	1.50	5.32	4.12	4.27	21.36	11.60	25.54	25.16	21.93	34.73	35.35	41.80	18.79	17.24	20.62	18.12	10.61	9.01	8.26
L2																				0.00	4.30	2.69	2.92	19.36	10.11	24.05	23.77	20.57	38.24	33.89	40.31	17.43	15.81	19.16	16.77	9.60	8.28	9.01
M1																					0.00	2.50	5.00	19.42	9.01	22.07	20.26	16.92	31.41	32.49	38.45	13.66	15.12	18.12	16.65	11.54	11.05	13.31
M2																						0.00	2.50	18.12	7.91	21.64	21.08	17.89	30.91	31.72	37.98	14.84	13.87	17.09	15.12	9.19	8.56	11.34
M3																							0.00	17.09	7.50	21.50	22.15	19.14	30.60	31.12	37.66	16.32	12.98	16.38	13.87	6.95	6.08	9.60
N1																								0.00	10.40	8.14	16.87	16.50	14.92	14.50	21.64	16.87	4.30	2.50	3.50	12.50	15.00	23.50
N2																									0.00	14.00	15.35	13.51	23.14	23.62	30.20	11.63	6.10	9.13	7.81	7.21	8.85	16.16
O																										0.00	10.63	11.85	3.34	10.33	16.38	13.63	3.66	6.52	10.62	16.37	21.36	29.61
P1																											0.00	3.50	11.03	20.00	22.80	7.00	15.65	14.43	17.92	22.98	24.79	31.64
P2																												0.00	13.47	22.12	25.66	3.50	14.43	14.00	16.87	20.70	22.30	28.71
P3																													0.00	3.70	7.07	22.20	18.03	14.53	18.34	27.23	29.71	38.16
P4																														0.00	7.50	24.55	18.20	14.75	18.00	27.00	29.50	38.00
Q1																															0.00	28.65	25.00	21.50	25.12	34.03	36.59	45.07
Q2																																0.00	14.00	14.43	16.50	18.79	20.11	25.93
R1																																	0.00	3.50	2.50	9.34	11.77	20.16
R2																																		0.00	4.30	12.75	15.21	23.63
S																																			0.00	9.00	11.50	20.00
T1																																				0.00	2.50	11.00
T2																																					0.00	8.50
U																																						0.00

Lampiran 14
Pembentukan Cell Manufaktur Mill 1
a. Metode Rank Order Clustering

		MESIN																				
		B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
PART	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2593
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2593
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2593
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2593
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2593
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2593
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2625
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2625
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2625
	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	4370
	11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	4370
	12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	4370
	13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	4370
	14	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	90116
	15	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	90116
	16	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	90116
	17	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	90116
	18	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	180228
	19	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	180228
	20	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	180228
	21	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	180228

P/M		MESIN																			
		B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
PART	18	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	19	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	20	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	21	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	14	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	15	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	16	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	17	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1

Urutan Kolom:

G	2088960	K	511
T	2088960	M	511
D	1966080	V	511
F	1966080	P	448
E	122880	Q	63
H	122880	B	0
J	7680	C	0
N	7680	L	0
R	7680	O	0
U	7680	S	0

Final matrix

P/M		MESIN																				
		G	T	D	F	E	H	J	N	R	U	K	M	V	P	Q	B	C	L	O	S	
PART	18	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	983040
	19	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	983040
	20	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	983040
	21	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	983040
	14	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	835584
	15	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	835584
	16	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	835584
	17	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	835584
	10	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15360
	11	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15360
	12	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15360
	13	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15360
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	960
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	960
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	960
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	928
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	928
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	928
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	928
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	928
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	928

b. Metode Rank Order Clustering II

Initial Layout

		MESIN																			
		B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
PART	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	**1**	0	0	0	0	0	**1**

8	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	**1**	0	0	0	0	0	**1**
9	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	**1**	0	0	0	0	0	**1**
10	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	**1**	0
11	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	**1**	0
12	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	**1**	0
13	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	**1**	0
14	0	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
15	0	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
16	0	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
17	0	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
18	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
19	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
20	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
21	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0

Kolom	Baris																				
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
18	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	14	15	16	17	18	19	20	21
17	14	15	16	17	18	19	20	21	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	14	15	16	17	18	19	20	21	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	7	8	9
13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
12	7	8	9	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
11	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	14	15	16	17	18	19	20	21
10	7	8	9	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
9	7	8	9	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
8	7	8	9	1	2	3	4	5	6	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
7	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	14	15	16	17	18	19	20	21
6	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21
5	14	15	16	17	18	19	20	21	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
4	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
3	14	15	16	17	18	19	20	21	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
2	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
1	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
Baris	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6

Pengaturan Baris Baru

		MESIN																			
		B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
PART	18	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
	19	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
	20	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
	21	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
	14	0	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
	15	0	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
	16	0	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
	17	0	0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	**1**	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	**1**	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	**1**	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	**1**	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	**1**	0	0	0	0	0	**1**
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	**1**	0	0	0	0	0	**1**
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	**1**	0	0	0	0	0	**1**
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0	**1**	0	0	0	**1**	0	0	0	0	**1**
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Kolom	Baris																				
20(17)	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
19(13)	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
18(10)	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
17(2)	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
16(1))	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
15(15)	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
14(14)	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9
13(20)	7	8	9	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13
12(11)	7	8	9	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13
11(9)	7	8	9	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13
10(19)	7	8	9	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13
9(16)	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21	14	15	16	17
8(12)	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21	14	15	16	17

Kolom	Baris																				
7(8)	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21	14	15	16	17
6(7)	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21	14	15	16	17
5(4)	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21
4(5)	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21
3(3)	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
2(18)	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
1(6)	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6
Baris	18	19	20	21	14	15	16	17	10	11	12	13	7	8	9	1	2	3	4	5	6

Final Matrix

		MESIN																			
		G	T	D	F	E	H	J	N	R	U	K	M	V	P	Q	B	C	L	O	S
PART	18	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	**1**	**1**	0	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	**1**	**1**	0	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	**1**	**1**	0	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	**1**	**1**	0	0	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	**1**	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**1**	**1**	0	**1**	0	0	0	0	0

c. Metode Direct Clustering Algorithm

M/P		Part																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MESIN	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
	J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Q	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
	U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	V	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Final matrix

M/P		Part																			
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	7	8	9	1	2	3	4	5	6
MESIN	K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	G	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	J	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0