

**OPTIMASI TATA LETAK AREA PENYIMPANAN PLAT
BAJA PADA PT UTPE DENGAN METODE ALGORITMA
GENETIK**



SKRIPSI

Heryadi Pamungkas

0404070352

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS INDONESIA

DEPOK

JULI 2008



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMASI TATA LETAK AREA PENYIMPANAN PLAT
BAJA PADA PT UTPE DENGAN METODE ALGORITMA
GENETIK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

Heryadi Pamungkas

0404070352

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS INDONESIA

DEPOK, 2008

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

OPTIMASI TATA LETAK AREA PENYIMPANAN PLAT BAJA PADA PT UTPE DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIK

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 18 Juli 2008

Heryadi Pamungkas

NPM (0404070352)

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Heryadi Pamungkas
NPM : 0404070352
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Optimasi Tata Letak Area Penyimpanan Plat Baja
Pada PT UTPE dengan Metode Algoritma Genetik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Ketua : Dr. Ir. Teuku Yuri M. Zagloel M. Eng. Sc
Anggota : Ir. Akhmad Hidayatno, MBT
Anggota : Ir. Erlinda Muslim, MEE
Anggota : Ir. Fauzia Dianawati, MSi

Depok, 18 Juli 2008

(Dr. Ir. Teuku Yuri M. Zagloel M. Eng. Sc)

NIP 131 845 376

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Penulis sadar bahwa penulisan skripsi ini tidak akan dapat berjalan dengan lancar tanpa bantuan dari banyak pihak. Terima kasih diucapkan kepada:

1. Ayah dan Ibu beserta kakak – kakak yang senantiasa memberikan dorongan dan motivasi dalam mengerjakan skripsi ini.
2. Bapak Yuri M. Zagloel selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan, dukungan, arahan, dan kritik yang berharga.
3. Bapak Akhmad Hidayatno selaku dosen pembimbing akademis yang telah memberikan bimbingan selama empat tahun masa kuliah penulis dan seluruh dosen Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia.
4. Bapak Amar Rachman dan Bapak Salmun sebagai awal pembuka jalan bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Heris Agung, Bang Hendy, dan seluruh karyawan PT UTPE, khususnya bagian PE dan Warehouse yang telah banyak membantu penulis dalam mendapatkan seluruh informasi yang dibutuhkan.
6. Nuri sebagai pemberi semangat saat penulis sedang menghadapi jalan buntu dalam proses penulisan skripsi ini.
7. Afita, Fahmi MC, dan Azis yang telah secara langsung membantu penulis untuk menemukan potongan terakhir dari *puzzle* Algoritma Genetik.
8. Duo Trisula Cikarang, Willy, Gilang, Zia, Ifoe, dan Kaka Dawi yang telah memeriahkan masa – masa magang penulis di PT UTPE, dan juga kepada semua teman teman TI 2004 dengan kekompakannya.
9. Semua pihak yang telah membantu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan memiliki keterbatasan. Namun penulis berharap agar skripsi ini bermanfaat bagi yang membacanya.

Depok , Juli 2008

Penulis

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS
(Hasil Karya Perorangan)**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Heryadi Pamungkas

NPM : 0404070352

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Optimasi Tata Letak Area Penyimpanan Plat Baja Pada PT UTPE dengan Metode Algoritma Genetik

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/ mempublikasikannya di Internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 24 Juni 2008

Yang menyatakan

(Heryadi Pamungkas)

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Nama : Heryadi Pamungkas
Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 23 Februari 1987
Alamat : Jl Mawar III blok G3/14 Cipinang Indah 1, Jakarta Timur 13240

Pendidikan :

a.	SD	:	SD Bhayangkari 1 Surabaya (1992-1998)
b.	SLTP	:	SLTPN 1 Surabaya (1998-2001)
c.	SMA	:	SMAN 2 Surabaya (2001-2004)
d.	S-1	:	Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia (2004-2008)

ABSTRAK

Nama : Heryadi Pamungkas
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Optimasi Tata Letak Area Penyimpanan Plat Baja Pada PT
UTPE dengan Metode Algoritma Genetik

xv + 70 halaman, 22 tabel, 13 gambar, 4 rumus, 14 lampiran

Penelitian ini berfokus pada bagaimana merancang tata letak plat baja yang paling optimal dengan menggunakan fasilitas yang ada pada area penyimpanan plat baja PT United Tractors Pandu Engineering. Fasilitas tersebut adalah area penyimpanan sebesar 84m x 25m, *crane* untuk mengambil dan meletakkan plat baja di dalam area, serta lori atau kereta barang untuk memindahkan material dari dan ke dalam area penyimpanan.

Penelitian ini merupakan bagian dari proyek perusahaan dalam rangka mengintegrasikan dua pabrik yang berlokasi di Cikarang dan Cakung ke dalam satu pabrik yang berlokasi di Cikarang dengan area yang diperluas. Demikian pula dengan area penyimpanan plat baja, perusahaan akan membutuhkan area baru yang dapat menampung seluruh plat baja yang ada di kedua pabrik.

Metode penelitian yang digunakan adalah algoritma genetik, sedangkan sistem pengumpulan data yang dipakai adalah observasi langsung ke lapangan, asumsi, dan menggunakan data yang ada di database perusahaan. Rancangan tata letak yang baru dibuat berdasarkan intensitas pengambilan tiap plat dimana plat dengan intensitas pengambilan tertinggi akan berada paling dekat dengan titik pusat pengambilan dengan tetap memperhitungkan pengelompokan per jenis plat .

Hasil dari penelitian ini berupa rancangan tata letak plat baja dengan jarak tempuh pengambilan plat baja yang paling kecil.

daftar bacaan : 15 (1986 – 2006)

ABSTRACT

Name : Heryadi Pamungkas
Study Program : Industrial Engineering
Title : Stock Plate Layout Optimization at PT UTPE with Genetic Algorithm Method

xv + 70 pages, 22 tables, 13 figures, 4 formulas, 14 appendices

The focus of this study is how to design the most optimal stock plate layout using provided facilities at stock plate storage area of PT United Tractors Pandu Engineering. Those facilities are the area itself 84 meters long and 24 meters wide, crane to pick or drop the plate inside the storage area, and lorry to carry the plate outside the storage area.

This study is a part of the company's project to integrate their two plans located in Cikarang and Cakung into one plan located in expanded area of Cikarang plan. The same thing happens to the stock plate storage, the company is going to need a new area that can accommodate total of the stock plate in both plan.

The method that is applied in this study is Genetic Algorithm, and for the data collecting the author directly observed the object, using assumptions, and existing data in the company's database. Design of the new layout is based on the picking intensity which means plate with the highest picking intensity will be the nearest to the picking point considering the same type of plate will not be located separately.

The output of this study is a stock plate layout design with the shortest distance to pick and drop the plate.

references : 15 (1986 – 2006)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	II
LEMBAR PENGESAHAN	III
KATA PENGANTAR.....	IV
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	V
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	VI
ABSTRAK	VII
ABSTRACT	VIII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR TABEL	XII
DAFTAR GAMBAR.....	XIII
DAFTAR RUMUS	XIV
DAFTAR LAMPIRAN.....	XV
1. PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 DIAGRAM KETERKAITAN MASALAH.....	2
1.3 PERUMUSAN MASALAH	2
1.4 TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.5 BATASAN MASALAH.....	3
1.6 METODOLOGI PENELITIAN	4
1.7 SISTEMATIKA PENULISAN	6
2. LANDASAN TEORI.....	7
2.1 GUDANG	7
2.1.1 Tata Letak Material.....	7
2.1.2 Material Handling (Penanganan Material).....	7
2.2 PERPUTARAN PRODUK.....	12

2.3	ALGORITMA	13
2.3.1	Pengertian Algoritma	13
2.3.2	Pendekatan Algoritma Dalam Tata Letak	13
2.4	MATLAB	19
2.5	ALGORITMA GENETIK	20
2.5.1	Pengertian Algoritma Genetik	20
2.5.2	Algoritma Genetik Pada Tata Letak	21
3.	PENGUMPULAN DATA	30
3.1	PROFIL PERUSAHAAN	30
3.1.1	Manajemen Sistem Kualitas	30
3.1.1	Corporate Data	31
3.2	TATA LETAK PLAT BAJA (KONDISI SEKARANG)	31
3.2.1	Spesifikasi Material	32
3.2.3	Sistem Peletakan dan Pengambilan	35
3.3	LOKASI BARU PELETAKAN PLAT BAJA	35
3.3.1	Sistem Peletakan dan Pengambilan Baru	36
4.	PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA	37
4.1	PENYUSUNAN VARIABEL	37
4.1.1	Penyesuaian Data	37
4.2	PENYUSUNAN ALGORITMA GENETIK	41
4.3	VERIFIKASI PROGRAM	43
4.3.1	Input Data Fiktif	43
4.3.1	Hasil Perangkat Lunak	44
4.3.1	Hasil Perhitungan Manual	45
4.4	PENGOLAHAN DATA DENGAN MATLAB7	46
4.4.1	Input Data Variabel	47
4.4.2	Pengolahan Data Tahap Pertama	48
4.5	PENYESUAIAN DENGAN KONDISI LAPANGAN	60
4.6	ANALISA	62
4.6.1	Analisa Penggunaan Metode GA	62
4.6.2	Analisa Penggunaan Perangkat Lunak	64

4.6.3	Analisa Variabel GA.....	64
4.6.4	Analisa Hasil.....	65
5.	KESIMPULAN	67
	DAFTAR REFERENSI.....	69



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan ALDEP dan CORELAP.....	18
Tabel 2.2	Jumlah Tumpukan yang Dibutuhkan Tiap Plat (Contoh).....	25
Tabel 2.3	Matriks Jarak.....	26
Tabel 3.1	Spesifikasi Plat Baja.....	33
Tabel 4.1	Pengelompokan SS41.....	38
Tabel 4.2	Data Plat Baja Untuk Algoritma Genetik.....	38
Tabel 4.3	Data Rekayasa Untuk Verifikasi.....	44
Tabel 4.4	Matriks Jarak Rekayasa Untuk Verifikasi.....	44
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Manual.....	45
Tabel 4.6	Data Tata Letak Tahap Satu.....	49
Tabel 4.7	Hasil Kromosom Letak Tahap Pertama.....	51
Tabel 4.8	Data Tata Letak SS41.....	53
Tabel 4.9	Data Tata Letak SM490.....	53
Tabel 4.10	Matriks Jarak SM490.....	54
Tabel 4.11	Data Tata Letak Wear Plate.....	54
Tabel 4.12	Matriks Jarak Wear Plate.....	55
Tabel 4.13	Data Tata Letak HS780.....	55
Tabel 4.14	Matriks Jarak HS780.....	56
Tabel 4.15	Data Tata Letak SHT780.....	56
Tabel 4.16	Matriks Jarak SHT780.....	57
Tabel 4.17	Hasil Pengolahan Data Tahap Kedua.....	58
Tabel 4.18	Total Jarak Tempuh.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Keterkaitan Masalah.....	3
Gambar 1.2	Diagram Alir Metode Penelitian.....	5
Gambar 2.1	Prosedur Algoritma Genetik Untuk Tata Letak.....	24
Gambar 3.1	Sertifikat yang Telah Diperoleh.....	30
Gambar 3.2	<i>Corporate Data</i>	31
Gambar 3.3	Lokasi 1 dan 2 Plat Baja.....	31
Gambar 3.4	Lokasi 3 Plat Baja.....	32
Gambar 4.1	Plot Tata Letak Untuk Algoritma Genetik.....	41
Gambar 4.2	Prosedur Algoritma Genetik.....	42
Gambar 4.3	Tata Letak Hasil Verifikasi.....	45
Gambar 4.4	Tata Letak Hasil Pengolahan Data Tahap Pertama.....	52
Gambar 4.5	Tata Letak Hasil Pengolahan Data Tahap Kedua.....	59
Gambar 4.6	Usulan Tata Letak Plat Baja.....	60

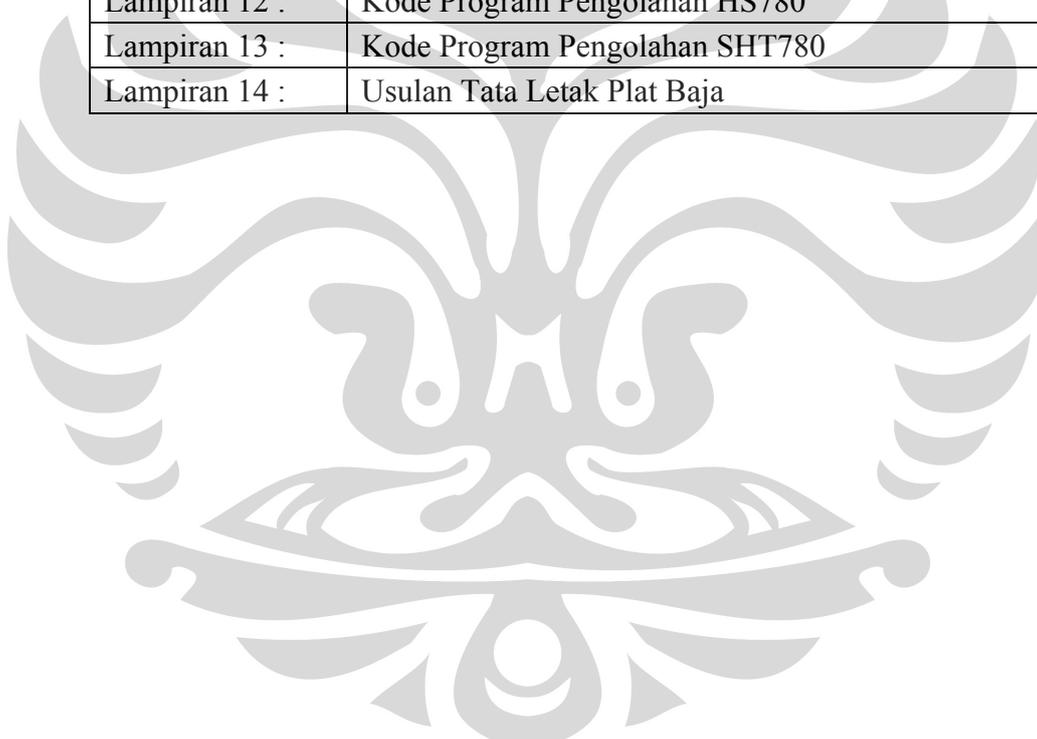
DAFTAR RUMUS

Rumus 4.1	Tinggi Maksimum Tumpukan.....	38
Rumus 4.2	Tumpukan yang Dibutuhkan.....	38
Rumus 4.3	Jarak Tempuh Pengambilan.....	60
Rumus 4.4	Total Waktu Tempuh Pengambilan.....	60



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 :	Lokasi Tumpukan Plat Baja
Lampiran 2 :	Intensitas Pengambilan Plat Pada Pabrik Cakung
Lampiran 3 :	Intensitas Pengambilan Plat Pada Pabrik Cikarang
Lampiran 4 :	Desain <i>layout</i> pabrik baru
Lampiran 5 :	Kode Program Verifikasi
Lampiran 6 :	Matriks Jarak Seluruh Plat
Lampiran 7 :	Kode Program Pengolahan Data Tahap Pertama
Lampiran 8 :	Matriks Jarak SS41
Lampiran 9 :	Kode Program Pengolahan SS41
Lampiran 10 :	Kode Program Pengolahan SM490
Lampiran 11 :	Kode Program Pengolahan Wear Plate
Lampiran 12 :	Kode Program Pengolahan HS780
Lampiran 13 :	Kode Program Pengolahan SHT780
Lampiran 14 :	Usulan Tata Letak Plat Baja



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setelah mengalami pukulan berat akibat dari krisis ekonomi yang menimpa Indonesia sejak tahun 1997, akhir-akhir ini sektor perindustrian di Indonesia mulai menunjukkan kembali kebangkitannya. Salah satu indikator dari perbaikan sektor industri adalah semakin maraknya kegiatan pertambangan. Meningkatnya kegiatan penambangan juga berimbas positif pada industri penunjang dari kegiatan penambangan seperti pada industri alat berat yaitu dengan meningkatnya permintaan. Kenaikan permintaan tersebut juga dialami oleh PT. United Tractors Pandu Engineering.

PT. United Tractors Pandu Engineering (UTPE) merupakan sebuah perusahaan yang memproduksi alat-alat berat mulai dari kendaraan-kendaraan besar (seperti truk pengangkut batu bara), truk tangki, dan bucket untuk traktor yang cukup terkemuka di Indonesia. Saat ini perusahaan tersebut memiliki dua pabrik yang terpisah yaitu di kawasan industri Jababeka Cikarang dan kawasan industri Cakung Pulogadung. PT. UTPE berencana untuk melakukan integrasi dua pabrik tersebut di Cikarang dalam jangka waktu satu tahun mendatang. Integrasi tersebut dilakukan untuk meningkatkan kapasitas produksi dan kualitas dari produk yang dihasilkan karena PT. UTPE berencana untuk mengubah sistem produksi yang sebelumnya murni *job order* menjadi produksi massal untuk beberapa produk yaitu *tipping vessel (TV)* dan *dumping vessel (DV)*. Untuk mencapai tujuan dari integrasi dua pabrik maka diperlukan perancangan tata letak pabrik yang baik

Proses perancangan tata letak pabrik yang baik merupakan salah satu bidang dari keilmuan Teknik Industri. Perancangan tata letak pabrik yang baik akan membantu perusahaan terutama dalam hal aliran material yang efektif dan efisien sehingga kapasitas produksi dapat dioptimalkan. Aliran material yang tidak efektif dan efisien akan menimbulkan *waste* dalam proses produksi yang menghambat waktu produksi sehingga kapasitas produksi tidak dapat dioptimalkan.

Bagaimanapun juga integrasi pabrik bukanlah hal yang mudah untuk dilaksanakan, diperlukan perhitungan yang matang untuk pada setiap bagian. Selain memindahkan pabrik Cakung, pabrik Jababeka juga memerlukan perubahan untuk menyesuaikan dengan lingkungan kerja yang baru.

Perhitungan yang dilakukan antara lain adalah dari segi gudang bahan baku. Saat ini kedua pabrik tersebut masing - masing memiliki gudang bahan baku yang cukup luas. Pada layout pabrik yang baru (yang sudah terintegrasi) kedua gudang tersebut akan digabung menjadi satu sehingga pengaturannya menjadi lebih mudah. Untuk itu dibutuhkan perhitungan perhitungan yang matang untuk menentukan tata letak material yang baru.

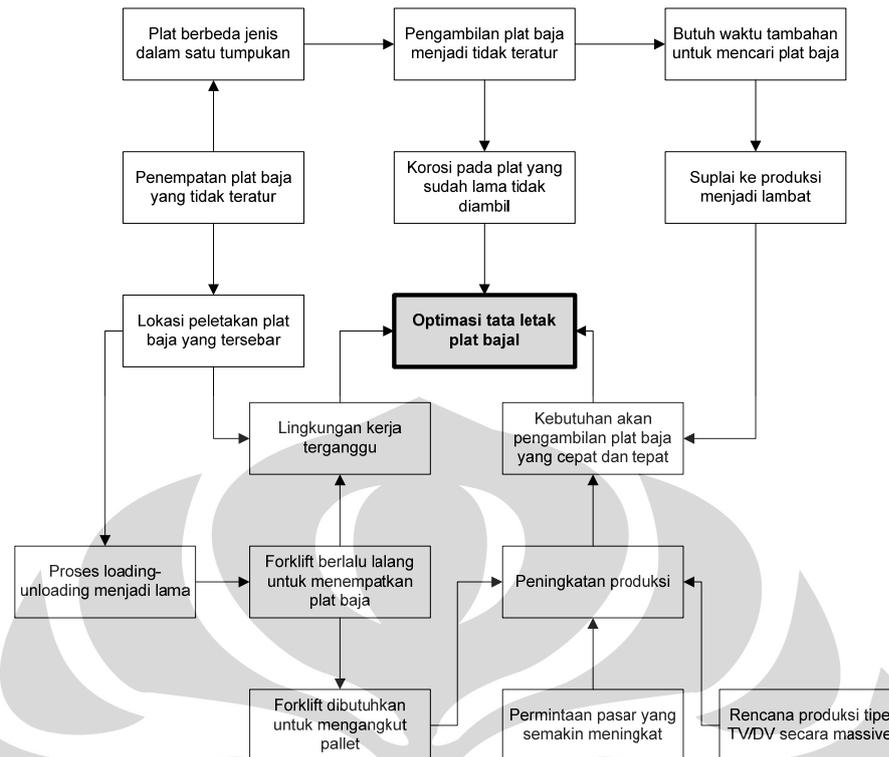
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Inti dari penelitian ini adalah optimasi tata letak plat baja, sedangkan faktor – faktor yang menjadi alasan diadakannya penelitian ini digambarkan pada gambar 1.1.

1.3 Perumusan Masalah

PT UTPE memerlukan design tata letak pabrik yang dapat mengintegrasikan kedua pabrik yang mereka miliki ke dalam satu pabrik di Cikarang. Design tata letak pabrik ini meliputi sistem pengaturan material di bagian persiapan bahan atau yang lebih dikenal dengan gudang bahan baku.

Material yang digunakan untuk produksi adalah besi, jenis bahan ini membutuhkan metode FIFO untuk penyimpanannya karena jika ditumpuk terlalu lama maka akan terjadi penyusutan kualitas karena korosi.



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.4 Tujuan Penelitian

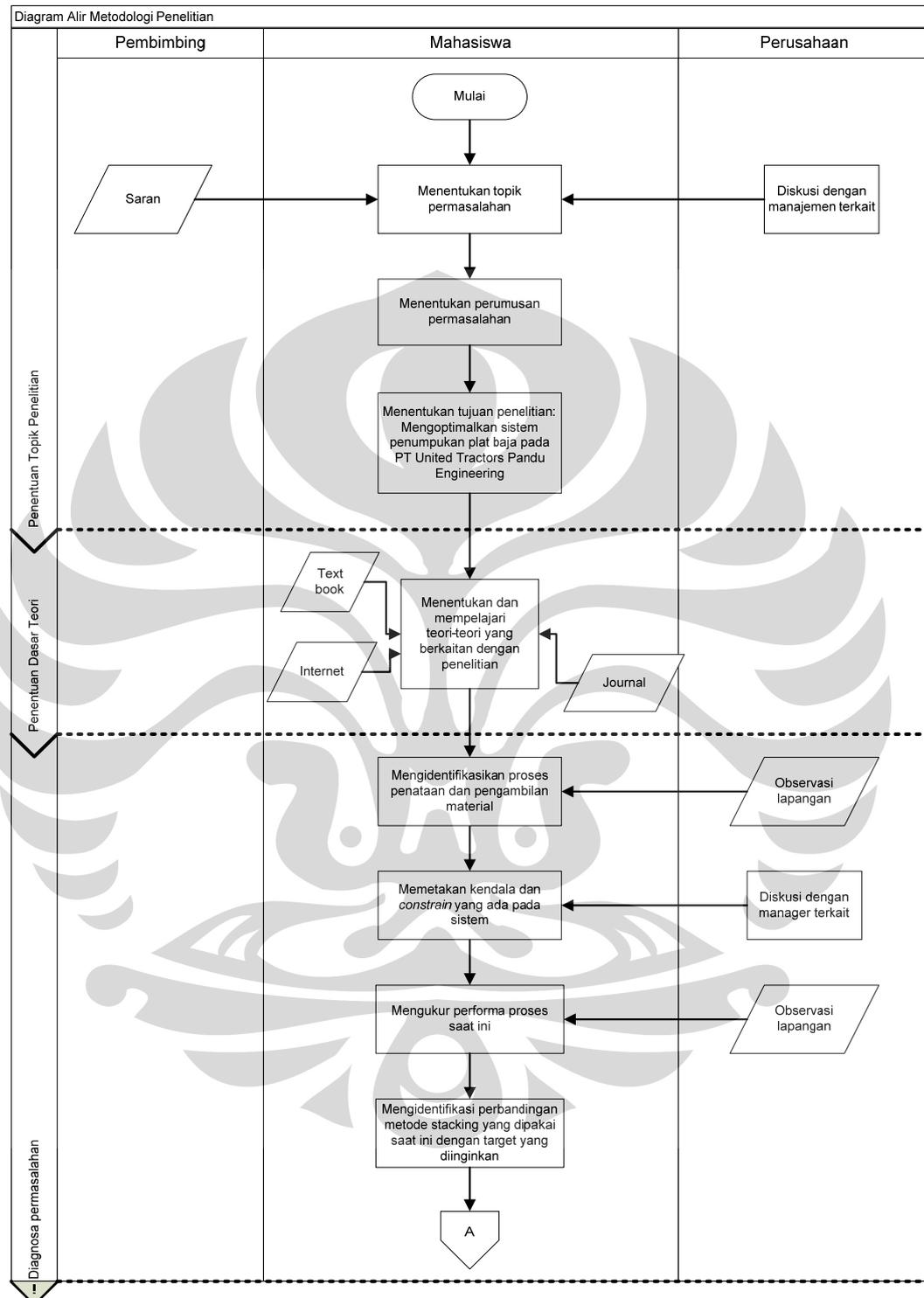
Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

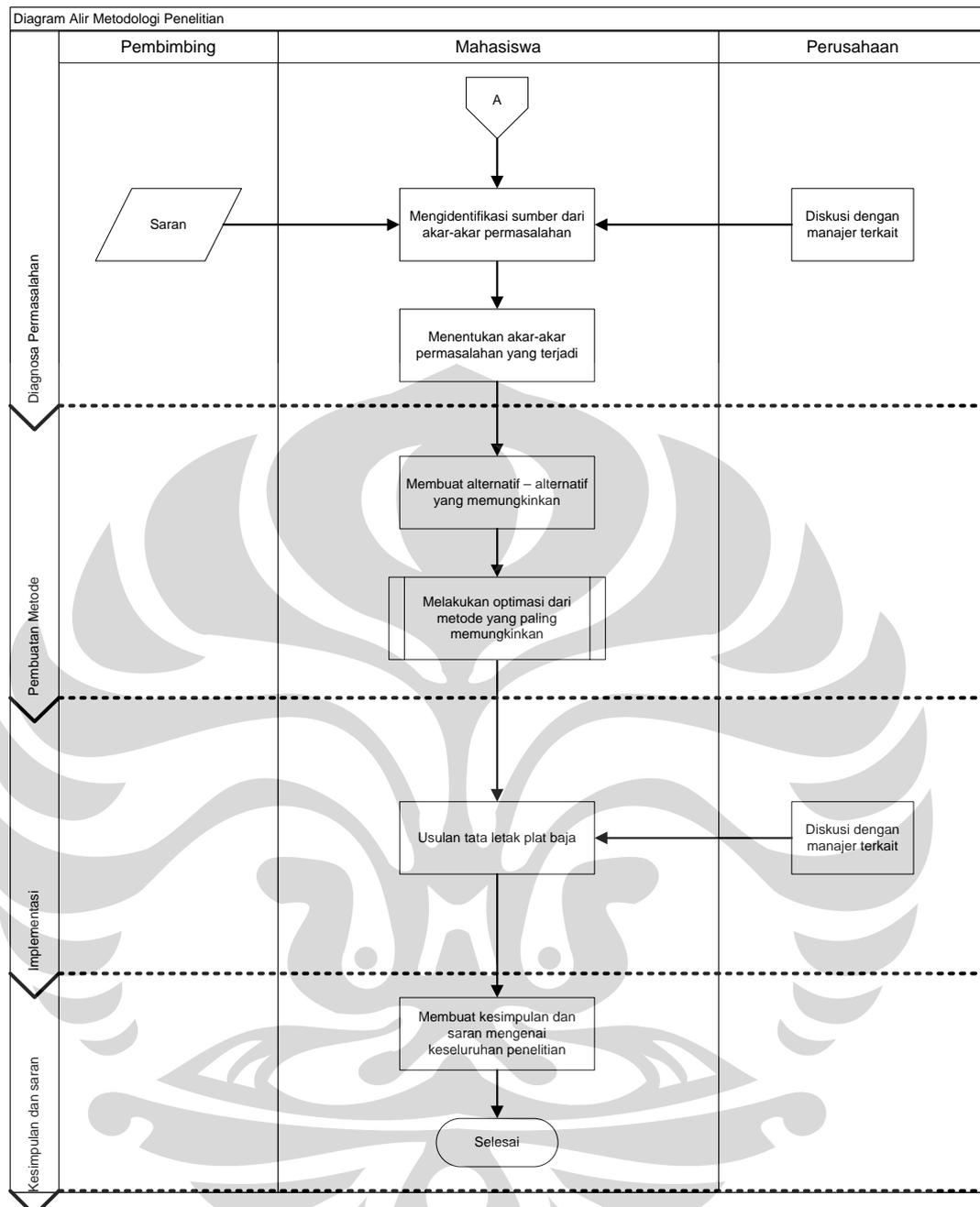
1. Memetakan proses peletakan dan pengambilan plat baja pada gudang bahan baku PT UTPE
2. Menentukan tata letak plat baja yang paling optimal untuk gudang bahan baku pabrik baru PT UTPE.

1.5 Batasan Masalah

Perancangan metode *stacking* pada pabrik PT UTPE ini akan dibatasi pada gudang bahan baku dan setengah jadi pabrik 1 PT UTPE.

1.6 Metodologi Penelitian





Gambar 1.2 Diagram Alir Metode Penelitian

Untuk penelitian ini kemudian metode yang digunakan adalah algoritma genetik. Adapun diagram metode optimasi algoritma genetik ditunjukkan pada gambar 2.1.

1.7 Sistematika Penulisan

Bab I Pendahuluan. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang masalah yang akan diteliti, diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan laporan penelitian ini.

Bab II Landasan Teori. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori *material handling*, gudang, algoritma genetik, dan berbagai teori lain yang menunjang penelitian ini.

Bab III Pengumpulan Data. Bab ini akan menampilkan data-data yang diperoleh dari PT UTPE yang kemudian diolah secara sederhana untuk memenuhi persyaratan metode algoritma genetik

Bab IV Pengolahan Data dan Analisa. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengolahan data yang telah ditampilkan pada bab III baik sebagai penyesuaian untuk metode algoritma genetik maupun proses pengerjaan menggunakan algoritma genetik itu sendiri, serta analisa mengenai proses dan hasil pengolahan data.

Bab V Kesimpulan dan Saran. Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran mengenai keseluruhan penelitian yang dilakukan berupa usulan tata letak plat baja pada PT UTPE.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Gudang

2.1.1 Tata Letak Material

Dalam menyelesaikan masalah tata letak material di gudang secara garis besar ada dua metode utama yang dapat digunakan. Yang pertama adalah *simplify analytical calculation*. Metode ini dapat memberikan pandangan dari hubungan antara parameter secara lebih abstrak. Metode yang kedua adalah *detailed simulation studies*. Pada metode yang kedua ini penelitian akan berjalan dengan level detail yang lebih tinggi, hanya saja permasalahan dari penggunaan metode yang kedua ini adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh prosesnya dan sangat jarang orang yang bisa menguasai seluk beluk metode ini dengan sempurna.

2.1.2 *Material Handling* (Penanganan Material)

Penanganan material dalam sistem *storage-handling* merupakan 3 aktifitas utama, yaitu pemuatan (*loading*) dan pembongkaran (*unloading*), pergerakan menuju dan dari penyimpanan, dan pemenuhan pesanan¹.

1. Pemuatan dan pembongkaran

Aktifitas pertama dan terakhir dalam rantai penanganan material adalah pemuatan dan pembongkaran. Ketika barang tiba di gudang, mereka harus dibongkar dari peralatan transportasi. Dalam banyak kasus, pembongkaran dan pergerakan menuju penyimpanan ditangani dalam satu operasi. Di lain kasus, kegiatan tersebut merupakan proses terpisah, yang kadang membutuhkan peralatan khusus. Pembongkaran dapat diperlakukan sebagai aktifitas yang terpisah karena barang dapat saja dibongkar, kemudian disortir, diinspeksi, dan diklasifikasikan sebelum bergerak menuju lokasi penyimpanan di dalam gudang.

¹ Ronald H. Ballou, *Business Logistics Management*, Prentice-Hall International, 4th Edition, New Jersey, 1999, p.246.

Pemuatan serupa dengan pembongkaran, bagaimanapun juga beberapa aktifitas tambahan dapat terjadi di titik pemuatan. Pengecekan final dapat dilakukan sebelum pengiriman dan dimuat ke dalam peralatan transportasi. Pemuatan juga termasuk usaha tambahan untuk mencegah kerusakan, seperti diberi penahan dan mengepak.

2. Pergerakan menuju dan dari penyimpanan

Antara titik pemuatan dan pembongkaran dalam fasilitas penyimpanan, barang mungkin berpindah beberapa kali. Pergerakan pertama adalah dari titik pembongkaran ke area penyimpanan. Selanjutnya, pergerakan dapat dari dok pengiriman atau menuju area *order-picking* untuk penambahan stok. Aktifitas pergerakan yang aktual dapat dibantu dengan sejumlah tipe peralatan penanganan material yang ada. Peralatan ini beragam dari *push truck* dan kereta manual sampai sistem pengambilan dan penyimpanan yang terkomputerisasi dan sepenuhnya otomatis.

3. Pemenuhan pesanan

Pemenuhan pesanan adalah pemilihan stok dari area penyimpanan sesuai dengan pesanan. Pemenuhan pesanan sering menjadi aktivitas penanganan material yang paling kritis karena penanganan pesanan dengan volume kecil membutuhkan banyak pekerja dan relatif lebih mahal daripada aktifitas penanganan material lainnya.

Penanganan material merupakan aktifitas yang menyerap biaya sangat banyak, meskipun memberikan beberapa pengaruh pada waktu pelayanan pesanan pelanggan yang berpengaruh pada pelayanan kepada pelanggan. Oleh karena itu, tujuan penanganan material adalah terpusat pada biaya, yaitu mengurangi biaya penanganan dan untuk meningkatkan pemanfaatan tempat. Peningkatan efisiensi penanganan material dapat dicapai melalui 4 pilar, yaitu pemanfaatan pemuatan, area tata letak, pilihan peralatan penyimpanan, dan pilihan peralatan pemindahan².

1. Pemanfaatan pemuatan

Prinsip dasar materials-handling secara umum adalah secara ekonomi berbanding lurus dengan ukuran muatan yang ditangani³. Yaitu seiring

² *Ibid.*, p.261.

³ Stanley M. Weir, *Order Selection* (New York: American Management Association, 1968), 4-5.

dengan meningkatnya muatan yang ditangani, jumlah perjalanan yang dibutuhkan lebih sedikit untuk menyimpan sejumlah barang, maka lebih besar nilai ekonominya. Jumlah perjalanan berhubungan langsung dengan waktu pekerja yang dibutuhkan untuk memindahkan barang, begitu juga dengan peralatan materials-handling yang sedang digunakan. Efisiensi seringkali dapat ditingkatkan dengan menyatukan beberapa kemasan kecil menjadi satu muatan dan kemudian menangani muatan yang telah digabungkan tersebut. Hal ini disebut dengan pemanfaatan pemuatan yang secara umum sering dilakukan dengan penggunaan palet dan kontainer.

2. Penggunaan palet

Palet merupakan *platform* (panggung) portabel yang biasanya dibuat dari kayu atau kertas karton yang berombak. Biasanya barang ditumpuk di atasnya untuk kemudian dipindahkan dan disimpan. Penggunaan palet membantu pergerakan dengan memungkinkan penggunaan standarisasi peralatan mekanis penanganan material untuk menangani berbagai macam barang. Lebih jauh lagi, menambah pemanfaatan muatan dengan meningkatkan berat dan volume material yang ditangani satu pekerja dalam satu jam. Hal ini juga meningkatkan pemanfaatan tempat dengan menyediakan tumpukan yang lebih stabil dan lebih banyak tumpukan di penyimpanan.

3. Penggunaan kontainer

Kecocokan antara pemanfaatan muatan dan system penanganan material adalah kontainer. Kontainer merupakan kotak besar dimana barang disimpan dan ditransportasikan. Kontainer dapat saja anti air dan dikunci untuk keamanan sehingga gudang biasa tidaklah diperlukan. Penyimpanan dapat dilakukan di area terbuka. Peralatan penanganan material standar dapat digunakan untuk memindahkan kontainer. Standarisasi ukuran kontainer merupakan kunci terhadap penyebarluasan penggunaan kontainer

4. Tata letak area

Lokasi persediaan pada gudang secara langsung berpengaruh pada total pengeluaran penanganan material dari semua barang-barang selama di

gudang. Yang menjadi tujuan adalah keseimbangan antara biaya penanganan material dan pemanfaatan area gudang. Secara spesifik, ada area penyimpanan dan pertimbangan *order-picking* pada desain gudang internal.

5. Tata letak untuk penyimpanan

Pada gudang dengan tingkat pergantian yang rendah, perhatian utama adalah untuk menata letak gudang untuk penyimpanan. Jendela sebaiknya lebar dan tinggi, dan penumpukan mungkin saja setinggi atap atau sesuai standar pemuatan. Lorong mungkin sempit. Tata letak ini berasumsikan bahwa waktu tambahan dibutuhkan untuk memindahkan persediaan dari dan ke tempat penyimpanan lebih banyak dibandingkan pemanfaatan penuh dari area tersebut.

Seiring dengan meningkatnya pergantian persediaan, tata letak tersebut semakin kurang memuaskan, dan perlu dilakukan modifikasi agar biaya penanganan tetap beralasan. Oleh karena itu, lorong akan cenderung lebar, dan tinggi tumpukan berkurang. Perubahan ini mengurangi waktu yang dihabiskan untuk meletakkan dan mengambil persediaan.

6. Tata letak untuk *order-picking*

Karena aliran umum dalam gudang adalah barang-barang yang datang ke gudang adalah dalam kuantitas yang lebih besar daripada kuantitas kepergian barang-barang, pertimbangan *order-picking* menjadi penentu utama dalam tata letak gudang. Jumlah jam kerja pekerja yang tidak seimbang dapat dihabiskan pada memenuhi pesanan dibandingkan penerimaan dan penyimpanan persediaan. Tata letak yang paling sederhana untuk *order-picking* adalah menggunakan area penyimpanan yang sudah ada (disebut sebagai *system area*), dengan modifikasi, seperti tinggi tumpukan, lokasi barang-barang relatif terhadap dok pengiriman, dan ukuran teluk yang diperlukan untuk efisiensi. Jika pergantian tinggi dan pemenuhan pesanan membutuhkan pemecahan muatan, penggunaan teluk penyimpanan untuk memenuhi penyimpanan dan kebutuhan *order-picking* dapat memberikan hasil dengan biaya lebih besar daripada seharusnya untuk penanganan material, dan pemanfaatan area gudang

yang kurang. Yaitu waktu perjalanan besar selama jarak yang jauh muncul pada rute selama di gudang untuk memenuhi pesanan, unit penyimpanan dipecah supaya tumpukan dan penempatan barang-barang dihilangkan, dan pemanfaatan area dikurangi. Perencanaan tata letak alternatif lain adalah meletakkan teluk persediaan di gudang sesuai dengan fungsi utamanya. Hal ini disebut *modified area system*. Area tertentu dalam gudang dapat didesain sesuai kebutuhan penyimpanan dan pemanfaatan area secara keseluruhan, sementara lainnya dapat didesain sesuai kebutuhan *order-picking* penyimpanannya dan waktu perjalanan pemenuhan pesanan minimum. Teluk penyimpanan digunakan untuk penyimpanan sementara. Ketinggian tumpukan *order-picking* dibatasi pada kenyamanan sesuai dengan tinggi penggapaian pekerja. Menggunakan area *order-picking* terpisah dari area cadangan akan meminimalkan waktu perjalanan dan waktu pelayanan pemenuhan pesanan.

Waktu perjalanan *order-picking* dapat dikurangi lebih jauh lagi melalui pemilihan peralatan *order-picking*, seperti ban berjalan, tali/kabel penyeret, *scanner*, dan peralatan lainnya; dan dengan desain operasional, seperti *sequencing* (pengurutan), *zoning* (penetapan wilayah), dan *batching* (pengumpulan)⁴.

Sequencing merupakan pengaturan item yang dibutuhkan untuk pesanan dengan urutan yang muncul pada rute *order-picking* dalam gudang⁵. Teknik ini dapat diterapkan pada *area* dan *modified area system*. *Sequencing* harus sesuai dengan pesanan itu sendiri.

Zoning adalah menugaskan seorang *order-picker* untuk melayani item persediaan tertentu daripada berkeliling ke seluruh persediaan⁶. *Order-picker* dapat memilih persediaan pada satu lorong atau area tertentu. Walaupun *zoning* memungkinkan pemanfaatan pekerja yang seimbang dan waktu perjalanan yang minimum dalam *order-picking*, *zoning* juga memiliki kelemahan. Yaitu, pertama, persediaan harus diletakkan pada zona sesuai dengan frekuensi penyimpanan,

⁴ Ronald H. Ballou, *Op.Cit.*, p.264.

⁵ *Ibid.*

⁶ Ronald H. Ballou, *Op.Cit.*, p.264.

berat item, kemiripan item, dan kemungkinan beban kerja *order-picker* seimbang. Kedua, pesanan hares dibagi kembali dan dibuat daftar pengambilan (*picking list*) untuk tiap zona. Ketiga, porsi yang beragam dari pesanan harus disatukan kembali menjadi pesanan lengkap sebelum meninggalkan gudang.

Botching adalah pemilihan lebih dari satu pesanan dalam satu kartu (*pass jalan*) melalui persediaan⁷. Hal ini akan mengurangi waktu perjalanan, tetapi juga mempersulit penyatuan kembali pesanan dan bagian pesanan untuk pengiriman.

2.2 Perputaran produk

Terdapat dua metode perputaran SKU, yaitu FIFO (*First In First Out*) dan LIFO (*Last In First Out*)⁸.

1. FIFO

Pada metode ini, SKU yang diterima paling dahulu pada gudang dikirim pertama dari gudang. Hal ini mengindikasikan produk tersebut memiliki batas waktu sebelum menjadi rusak. Tata letak gudang dengan perputaran FIFO menyediakan jalan ke semua posisi penyimpanan palet pada area penyimpanan dan pengambilan dan menjamin produk yang paling lama diambil pertama dari posisi penyimpanan dan pengambilan. Pengontrolan persediaan yang dibutuhkan untuk metode ini adalah akses yang tinggi terhadap produk yang pertama diterima, jadi biasanya membutuhkan area yang luas.

Jika terdapat banyak SKU dan sedikit unit penyimpanan untuk tiap SKU maka digunakan satu rak besar yang standar. Konsep penyimpanan ini membutuhkan tempat yang luas.

2. LIFO

Pada metode ini, SKU yang terakhir diterima gudang dikirim pertama kali dari gudang. Produk dengan tipe ini tidak memiliki batas waktu yang spesifik atau tidak terpengaruh oleh waktu, misalnya pakaian, sepatu, dan

⁷ *Ibid.*

⁸ David E. Mulcahy, *Warehouse Distribution and Operation Handbook*, McGraw-Hill International Editions, Michigan, 1994, p.1.2.

produk bukan makanan). Metode ini memungkinkan konsep tata letak gudang padat yang akan mengurangi area bangunan yang dibutuhkan.

2.3 Algoritma

2.3.1 Pengertian Algoritma

Algoritma adalah langkah – langkah prosedur penyelesaian masalah yang dengan jelas terdefiniskan untuk menghasilkan solusi permasalahan⁹. Algoritma dan *logic* merupakan sinonim. Keduanya membutuhkan urutan langkah untuk menyelesaikan masalah. Algoritma mengimplikasikan ekspresi yang menyelesaikan masalah yang kompleks.

2.3.2 Pendekatan Algoritma Dalam Tata Letak

Terdapat dua tujuan utama dasar digunakannya algoritma dalam perancangan tata letak, yaitu¹⁰:

1. Meminimalisasi total waktu aliran jarak (mirip dengan *classical Quadratic Assignment Problem/QAP*) lebih cocok jika inputnya *from-to-chart*.
2. Memaksimalkan skor kedekatan lebih cocok jika inputnya *relationship chart*.

Algoritma untuk tipe memperbaiki dimulai dengan kondisi tata letak awal yang kemudian didukung oleh analisis dan lalu mencari perbaikan fungsi objektif memulai perubahan di tata letak.

Berikut ini adalah metode berdasarkan kontribusi konseptualnya pada perencanaan tata letak atau pendekatan unik pada pembangunan atau perbaikan tata letak¹¹.

1. *Pairwise Exchange Method*

⁹ Dictionary, <http://www.answers.com/algorithm&r=67>. (last updated 2004)

¹⁰ James A. Tomkins, *Facilities Planning*, John Wiley and Sons, inc., 3rd Edition, USA, 2003, p.311.

¹¹ *Ibid.*, p.315.

Umumnya, masalah tata letak berhubungan dengan mendesain ulang fasilitas yang sudah ada, yang dipicu oleh tambahan mesin baru, perubahan bauran produk, keputusan yang berhubungan dengan penyusutan dan perluasan area penyimpanan, atau realisasi simpel yaitu tata letak yang ada tidak lagi memadai untuk kebutuhan saat ini. *Pairwise exchange method* merupakan algoritma untuk tipe perbaikan tata letak. Dapat digunakan untuk tujuan dengan dasar kedekatan dan kedekatan jarak, tetapi biasanya sering digunakan untuk kedekatan jarak. *Pairwise exchange method* menetapkan bahwa untuk tiap iterasi, semua pertukaran lokasi departemen dievaluasi dan pasangan yang menghasilkan pengurangan terbesar pada total biaya dipilih. *Pairwise exchange method* tidak pasti menghasilkan solusi tata letak optimal karena hasil akhirnya tergantung pada tata letak awal, yaitu jika tata letak awal berbeda, maka solusinya juga berbeda.

2. *Graph-Based Method*

Graph-based method merupakan algoritma tipe konstruksi, akarnya pada teori grafik. Sering digunakan untuk tujuan dengan dasar kedekatan.

3. CRAFT (*Computerized Relative Allocation of Facilitied Techniques*)

Input data yang dibutuhkan adalah; *from-to chart* (aliran) dan tata letak awal. Biaya tata letak diukur dengan fungsi tujuan jarak. Departemen tidak dibatasi untuk bentuk empat persegi panjang (*rectangular*) saja dan tata letak direpresentasikan dengan gaya diskrit. CRAFT merupakan algoritma tata letak untuk tipe perbaikan. Dimulai dengan tata letak awal, umumnya merupakan tata letak aktual dari fasilitas yang sudah ada tetapi juga dapat merepresentasikan tata letak yang mungkin dibangun dari algoritma lain. CRAFT dimulai dengan menentukan *centroid* (pusat) dari departemen pada tata letak awal. Kemudian dihitung jarak rectilinear antara pasangan *centroid* departemen dan menyimpan nilainya dalam matriks jarak. Selanjutnya CRAFT mempertimbangkan pertukaran yang mungkin dengan *two-way* (pasangan) atau *three-way* departemen dan mengidentifikasi pertukaran yang paling bagus, yaitu yang menghasilkan pengurangan terbesar pada biaya tata letak. CRAFT biasanya terbatas untuk bangunan *rectangular*. Tetapi, dengan departemen

dummy, CRAFT dapat digunakan untuk bangunan *nonrectangular* juga. Departemen *dummy* tidak punya aliran atau interaksi dengan departemen lain, tetapi membutuhkan area spesifik tertentu oleh perencana tata letak. *Dummy* departemen dapat digunakan untuk:

1. Mengisi bangunan yang tidak biasa
 2. Merepresentasikan rintangan atau area yang tidak digunakan pada fasilitas tersebut (seperti tangga, *elevator*, *plant service*, dll)
 3. Merepresentasikan tempat extra pada fasilitas
 4. Membantu mengevaluasi lokasi di lorong di tata letak akhir
- Sebagai catatan, *dummy* lokasinya tidak boleh berubah.

4. MCRAFT

Mirip CRAFT, tapi kendala-kendalanya lebih longgar, misalnya MCRAFT dapat menukar dua departemen mana saja yang berdekatan ataupun tidak. MCRAFT membagi fasilitas menjadi kelompok (*hands*) dan kisi (*grid*) pada tiap kelompok ditugaskan pada satu atau lebih departemen. Jumlah kelompok dispesifikasikan oleh pengguna. MCRAFT teknik formasi tata letak yang sebelumnya digunakan pada ALDEP. Data yang dibutuhkan adalah panjang dan lebar bangunan dan jumlah *band* (kelompok)

MCRAFT tidak mampu untuk menangkap tata letak awal secara tepat, kecuali departemen sudah diatur dalam kelompok-kelompok. Batasan pada metode ini adalah lebar kelompok diasumsikan sama untuk semua kelompok. Sehingga MCRAFT tidak seefektif CRAFT dalam memperlakukan rintangan dan departemen yang tetap. Kelebihan utama MCRAFT adalah mampu secara otomatis menukar departemen lain jika diperlukan. Kekurangan utama MCRAFT adalah departemen yang tetap dan rintangan juga ditukar/dipindah.

5. BLOCPAN

Data yang dibutuhkan adalah *relationship chart* dan *from-to chart* (aliran). Biayanya dapat diukur dengan dasar jarak atau kedekatan. Jumlah *bands* (kelompok) ditentukan oleh program dan dibatasi dua atau tiga kelompok. Lebar kelompok bervariasi. Tiap departemen diwakili oleh satu

kelompok, semua departemen bentuknya *rectangular*. BLOCPLAN dapat digunakan untuk konstruksi dan perbaikan tata letak. BLOCPLAN tidak dapat menangkap tata letak awal secara akurat. BLOCPLAN pertamanya menugaskan satu dari dua atau tiga kelompok. Setelah semua departemen ditugaskan pada kelompok, BLOCPLAN menghitung lebar kelompok yang sesuai dengan membagi total area departemen pada kelompok dengan tinggi bangunan. Tata letak keseluruhan dibentuk dengan menghitung lebar yang sesuai untuk tiap kelompok seperti yang dideskripsikan di atas dan mengatur departemen pada tiap kelompok menurut urutannya. BLOCPLAN menghitung angka kedekatan berdasarkan *relationship chart*.

6. MIP (*Mixed Integer Programming*)

Semua departemen diasumsikan *rectangular*. Tidak perlu tata letak awal, jadi diasumsikan untuk tipe konstruksi.

7. LOGIC (*Layout Optimazation with Guillotine Induced Cuts*)

Biaya tata letak diukur dengan fungsi jarak dan bangunannya *rectangular*. Dapat digunakan untuk konstruksi dan perbaikan tata letak. LOGIC didasari dengan membagi bangunan menjadi porsi yang lebih kecil dan lebih kecil lagi dengan mengeksekusi *guillotine cuts* dengan sukses, yaitu garis lotus dari ujung bangunan ke ujung bangunan satu lagi. Potongannya bisa vertikal atau horisontal. Jika vertikal, sebuah departemen ditugaskan ke timur atau barat. LOGIC mengeksekusi satu seri potongan horisontal dan vertikal. Dengan potongan tersebut, subset departemen ditugaskan ke timur-barat atau utara-selatan dari potongan tersebut.

8. MULTIPLE (*MULTI-floor Plant Layout Evaluation*)

Untuk fasilitas dengan lantai lebih dari satu. Bisa saja untuk lantai satu dengan men-set jumlah lantai sama dengan satu dan mengabaikan semua kebutuhan data yang berhubungan dengan lift. MULTIPLE mirip dengan CRAFT. Input data yang dibutuhkan adalah *form-to-chart* untuk aliran. Fungsi tujuannya mirip CRAFT yaitu berdasarkan jarak dengan jarak diukur dengan garis lurus antara departemen *centroids* (pusat).

Departemen tidak dibatasi *rectangular*, dan tata letak direpresentasikan dengan cara yang diskrit. MULTIPLE merupakan algoritma tipe perbaikan tata letak yang dimulai dengan tata letak awal yang ditentukan oleh perencana tata letak. MULTIPLE merupakan *steepest-descent procedure*, yaitu perbaikan tata letak yang dilihat melalui 2 cara pergantian dan tiap iterasi pergantian yang menghasilkan pengurangan biaya terbesar dipilih. Perbedaan MULTIPLE dengan CRAFT adalah MULTIPLE dapat mengganti dua departemen manapun yang bertenaga atau tidak. MULTIPLE menggunakan *spacefilling curves* (SCFs). Walaupun SCFc mulanya tidak ada hubungannya dengan optimasi dan IE, SCFs telah digunakan untuk membangun prosedur heuristik untuk *routing* dan mempartisi masalah dan untuk menentukan lokasi efisien untuk item di rak penyimpanan. Di MULTIPLE, SCFs digunakan untuk membangun tata letak baru ketika ada dua departemen yang ditukar.

9. CORELAP (*Computerized Relationship Layout Planning*)

CORELAP memilih departemen dengan TCR (*Total Closeness Rating*) maksimum sebagai departemen pertama, kemudian departemen dengan tingkat maksimum sebagai departemen pertama, kemudian departemen dengan tingkat kedekatan paling tinggi dengan departemen pertama masuk. Tata letak fasilitas dihitung dengan menghitung TCR untuk tiap departemen, dimana TCR merupakan jumlah *numerical values* yang ditugaskan pada hubungan antar departemen dan semua departemen. Departemen dengan TCR tertinggi ditempatkan pada pusat tata letak (tengah-tengah). Setelah tata letak final dibuat, CORELAP mengevaluasi tata letak tersebut dengan menghitung skor tata letak. CORELAP menggunakan garis lurus terdekat antara departemen berkebalikan dengan jarak antar departemen *centroid* (pusat) seperti di CRAFT. Jarak terdekat dengan garis lurus digunakan karena diasumsikan tiap departemen akan memiliki area pengiriman dan penerimaan pada sisi tata letak terdekat tetangganya. CORELAP menghasilkan tata letak sering dengan bangunan yang tidak biasa bentuknya dan memerlukan

penyesuaian manual. Data yang dibutuhkan adalah area departemen yang dibutuhkan (*space requirements*) dan ARC.

10. ALDEP (*Automated Layout Design Program*)

Input data dasarnya sama dengan CORELAP. ALDEP merupakan model pertama untuk *multiple floors* (sampai 3 lantai). Keuntungan yang diperoleh oleh ALDEP adalah adanya departemen tetap. ALDEP memilih secara acak departemen pertama kemudian selanjutnya mengikuti langkah *sweep method*. *Relationship chart* kemudian discan untuk menentukan apakah ada departemen yang memiliki "*A*" *relationship* dengan departemen pertama yang dipilih secara acak. Jika ada, maka dipilih untuk memasuki tata letak. Jika ada lebih dari satu, maka dipilih secara acak salah satu. Rutinitas penempatan dengan ALDEP dimulai dengan menempatkan departemen pertama pada sudut kiri atas tata letak dan diperpanjang ke bawah. Data yang dibutuhkan adalah:

1. Spesifikasi *sweep width*
2. Spesifikasi tingkat kepentingan
3. *Relationship chart*
4. *Score rating* minimal

Tabel 2.1 merupakan tabel ringkasan perbedaan antara ALDEP dan CORELAP

Tabel 2.1 Perbedaan ALDEP dan CORELAP

ALDEP	CORELAP
Memilih departemen pertama dan menghilangkan <i>file randomly</i>	Memilih departemen pertama yang memasuki tata letak dan menghilangkan tie dengan TCR
Menghasilkan banyak tata letak, merata - rata tiap tata letak, dan menyerahkan evaluasi tata letak pada desainer fasilitasnya	Mencoba memproduksi satu tata letak terbaik
Memungkinkan departemen untuk ditempatkan pada spesifik lokasi dan dapat memasukkan departemen <i>dummy</i>	
Tidak mengakomodasi aliran antar lantai seefektif MULTIPLE atau SABLE/STAGES	
Jika ada departemen tetap, ALDEP sering membagi departemen	

2.4 Matlab

Bahasa pemrograman sebagai media untuk berinteraksi antara manusia dengan computer dewasa ini dibuat agar semakin mudah dan cepat. Sebagai contoh, dapat dilihat dari perkembangan bahasa pemrograman Pascal, yang terus memunculkan varian baru hingga akhirnya menjadi Delphi, demikian pula bahasa Basic dengan Visual Basic-nya serta bahasa C dengan C++Builder-nya. Pada akhirnya semua bahasa pemrograman akan semakin memanjakan pemakainya dengan penambahan fungsi – fungsi baru yang sangat mudah digunakan bahkan oleh tingkat pemula sekalipun.

Matlab muncul di dunia bahasa pemrograman yang cenderung dikuasai oleh bahasa yang telah mapan. Logikanya, sebagai pemain baru tentu saja Matlab akan sukar mendapat hati dari pemakai (*programmer*). Namun Matlab hadir tidak dengan fungsi dan karakteristik yang ditawarkan bahasa pemrograman lain (yang biasanya hampir seragam). Matlab dikembangkan sebagai bahasa pemrograman sekaligus alat visualisasi, yang menawarkan banyak kemampuan untuk menyelesaikan berbagai kasus yang berhubungan langsung dengan disiplin keilmuan Matematika, seperti bidang rekayasa teknik, fisika, statistika, komputasi dan modeling. Matlab dibangun dari bahasa induknya yaitu bahasa C, namun tidak dapat dikatakan sebagai varian dari C, karena dalam sintak maupun cara kerjanya sama sekali berbeda dengan C. Namun dengan hubungan langsungnya terhadap bahasa C, Matlab memiliki kelebihan-kelebihan bahasa C bahkan mampu berjalan pada semua *platform* SO (sistem operasi) tanpa mengalami perubahan sintak sama sekali.

Matlab adalah bahasa pemrograman level tinggi (ingat dalam dunia pemrograman semakin tinggi level bahasa semakin mudah cara menggunakannya) yang dikhususkan untuk komputasi teknis. Bahasa ini mengintegrasikan kemampuan komputasi, visualisasi dan pemrograman dalam sebuah lingkungan yang tunggal dan mudah digunakan. Matlab memberikan sistem interaktif yang menggunakan konsep array atau matriks sebagai standar variabel elemennya tanpa membutuhkan pendeklarasian array seperti pada bahasa lainnya. Matlab dikembangkan oleh MathWorks, yang pada awalnya

dibuat untuk memberikan kemudahan mengakses data matrik pada proyek UNPACK dan EISPACK. Selanjutnya menjadi sebuah aplikasi untuk komputasi matriks. Dan sejak awal dipergunakan, Matlab memperoleh masukan ribuan pemakai. Dalam lingkungan pendidikan ilmiah menjadi alat pemrograman standar bidang Matematika, Rekayasa dan Keilmuan terkait. Dan dalam lingkungan Industri dapat menjadi pilihan paling produktif untuk riset, pengembangan dan analisa.

Kehadiran Matlab memberikan jawaban sekaligus tantangan. Matlab menyediakan beberapa pilihan untuk dipelajari, mempelajari metoda visualisasi saja, pemrograman saja atau kedua-duanya. Kemudahan yang ditawarkan sama sekali bukan tandingan bahasa pemrograman yang lain, karena bahasa pemrograman yang lain memang tidak menawarkan kemudahan serupa. Matlab memang dihadirkan bagi orang-orang yang tidak ingin disibukkan dengan rumitnya sintak dan alur logika pemrograman, sementara pada saat yang sama membutuhkan hasil komputasi dan visualisasi yang maksimal untuk mendukung pekerjaannya. Selain itu Matlab juga memberikan keuntungan bagi programmer-developer program yaitu untuk menjadi program pembanding yang sangat handal, hal tersebut dapat dilakukan karena kekayaannya akan fungsi matematika, fisika, statistik dan visualisasi.

2.5 Algoritma Genetik

2.5.1 Pengertian Algoritma Genetik

Algoritma genetik merupakan prosedur pencarian solusi alami berdasarkan fungsi optimalisasi¹². Pertama – tama, solusi awal yang mungkin dibuat, kemudian kombinasi satu dengan lainnya akan membentuk solusi baru. Solusi baru tersebut kemudian digunakan untuk mengganti solusi awal yang lebih jelek. Selanjutnya proses tersebut akan terus berulang sampai muncul solusi yang sangat mendekati kondisi optimal.

¹² Dictionary, *Op.Cit.*, Genetic Algorithm.

Teknik penyelesaian algoritma genetik adalah berdasarkan analogi evolusi biologi dimana *fitness* (kecocokan) individu menentukan kemampuannya bertahan dan bereproduksi. Mekanisme algoritma genetik dimulai dengan *encoding* (menyandikan) informasi pada sumber daya menjadi gen¹³. Semua gen tersebut kemudian secara acak dikombinasikan untuk menghasilkan sebuah populasi yang terdiri dari kromosom, yang merepresentasikan solusi yang mungkin. Operasi genetik dilakukan pada kromosom yang secara acak dipilih dari populasi. Hal ini akan menghasilkan keturunan. Kecocokan kromosom – kromosom ini kemudian diukur dan kemungkinan mereka bertahan ditentukan dengan kecocokannya tersebut. Algoritma genetik telah secara luas diaplikasikan untuk permasalahan tata letak. Pendekatan yang umum adalah untuk mendapatkan daftar urutan mesin dalam kromosom, yang kemudian dialokasikan pada lokasi tertentu dengan algoritma penempatan. Pada tata letak gudang, mesin tersebut mewakili komponen.

2.5.2 Algoritma Genetik Pada Tata Letak

Algoritma genetik pada tata letak dibuat berdasarkan fungsi optimalisasi yaitu meminimalisasi pergerakan material dengan jadwal kerja yang ada¹⁴. Pada tata letak gudang, algoritma genetik dibuat berdasarkan fungsi optimalisasi yaitu meminimalisasi jarak yang ditempuh ketika melakukan pengambilan barang.

Langkah pertama dari rangkaian proses algoritma genetik mencakup menyandikan informasi pada sumber daya menjadi gen. Setiap gen merepresentasikan *alphanumeric string* yang memiliki tiga bagian, jumlah mesin, ukuran *rectangularnya* (panjang dan lebar) dan lokasi¹⁵. Gen tersebut kemudian dipilih secara acak untuk memproduksi sebuah populasi dari kromosom (kandidat solusi). Kromosom tersebut kemudian secara acak dipilih untuk operasi *crossover* dan *mutation*. *Crossover* mengkombinasikan karakteristik dua

¹³ Christian Hicks, "A Genetic Algorithm Tool for Designing Manufacturing Facilities in The Capital Goods Industry", Faculty of Engineering, Newcastle University, United Kingdom

¹⁴ *Ibid.*

¹⁵ Christian Hicks, *Op.Cit.*,

orang tua untuk menghasilkan keturunan sedangkan *mutation* memproduksi perubahan acak pada satu kromosom.

Algoritma pengujian kecocokan pertama menerjemahkan urutan mesin dalam kromosom menjadi tata letak dengan menggunakan algoritma penempatan. Jarak lorong atau margin dapat dispesilkan untuk menyediakan jarak yang diperlukan antar sumber daya.

Sumber daya yang berhubungan dengan gen pertama pada kromosom ditempatkan pada koordinat awal (permulaan). Sumber daya berikutnya ditempatkan disebelah kanannya dengan memperhitungkan luas yang diperlukan. Hal ini berulang sampai kendala fisik dicapai. Tata letak yang dihasilkan kemudian dapat dievaluasi menggunakan total langsung jarak perjalanan atau total jarak *rectilinear* yang ditempuh.

Tahap akhir algoritma genetik adalah memilih jumlah yang sama dari kromosom sebagai populasi awal untuk generasi berikutnya. Kemungkinan bertahan dan jumlah replikasi kromosom ditentukan dari kecocokannya.

Penggunaan algoritma genetik pada tata letak gudang memerlukan beberapa penyesuaian. Seperti yang telah disebutkan di awal, fungsi optimalisasi untuk permasalahan tata letak gudang adalah meminimalisasi jarak yang ditempuh ketika melakukan pengambilan barang. Gen-gen yang disandikan pada tata letak gudang adalah jumlah komponen (barang), ukuran tiap komponen yang akan ditempatkan dalam panjang dan lebar, dan lokasi.

Informasi pada sumber daya tata letak dikonversikan menjadi gen, yaitu jumlah lokasi (palet), mencakup kebutuhan palet untuk tiap komponen; jumlah komponen (barang); dan matriks jarak antar palet. Jadi, setiap komponen akan memiliki ukuran penyimpanan dan lokasi penempatannya. Selanjutnya, gen – gen tersebut dipilih secara acak untuk memproduksi kandidat solusi (solusi awal) yang terdiri dari kromosom-kromosom yang membentuk populasi. Kromosom tersebut kemudian secara acak dipilih untuk operasi *crossover*. *Crossover* mengkombinasikan karakteristik dua orang tua untuk menghasilkan keturunan.

Penataan letak merupakan salah satu dari sekian banyak permasalahan yang dapat diselesaikan dengan algoritma genetik. Algoritma genetik ini dapat

digunakan untuk menata ulang sebuah fasilitas (dalam hal ini gudang) dengan jalan/lorong yang telah ada sebelumnya.

Penggunaan algoritma genetik dalam tata letak juga efektif karena adanya pengecekan *fitness value* (tingkat kecocokan), yang diterapkan pada hampir setiap langkah – langkah pengerjaan; pencarian solusi awal, pengecekan hasil *crossover*, pengecekan setiap hasil pencarian lokal untuk setiap tahap dan pengecekan kromosom anak hasil pencarian lokal apakah layak masuk ke dalam populasi awal atau harus dibuang. *Fitness value* berfungsi sebagai evaluasi dengan kriteria tertentu.

Dalam permasalahan ini, *fitness value*-nya adalah jarak tempuh pengambilan komponen. *Fitness value* akan mencari jarak tempuh yang terkecil. Algoritma pengujian kecocokan pertama menerjemahkan urutan pengambilan komponen dalam kromosom menjadi tata letak dengan menggunakan algoritma penempatan. Algoritma yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.1.

2.5.2.1 Langkah – Langkah Pengerjaan Algoritma

Sebagai contoh, pada sebuah gudang bahan baku yang dapat memuat 18 tumpukan plat terdapat 9 jenis plat baja yang setiap plat baja membutuhkan satu atau lebih tumpukan. Maka langkah – langkah untuk menyelesaikan kasus tersebut menggunakan metode algoritma genetik adalah:

1. Konversi solusi awal ke dalam gen. Gen – gen dalam permasalahan ini adalah jumlah lokasi penyimpanan, yaitu jumlah tumpukan yang dibutuhkan; jenis plat; jumlah tumpukan yang dibutuhkan setiap plat; dan jarak antar tumpukan (matriks jarak).

Contoh :

Jumlah lokasi : 18 (tumpukan)

Jenis plat : 9

Jumlah tumpukan yang dibutuhkan masing – masing plat ditunjukkan pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Jumlah Tumpukan Yang Dibutuhkan Tiap Plat (Contoh)

ID Plat	Jumlah Tumpukan Yang Dibutuhkan
1	3
2	3
3	2
4	3
5	2
6	1
7	2
8	1
9	1
Total	18

Matriks jarak antar tumpukan ditampilkan pada tabel 2.3

- Meletakkan data *cluster*/pengelompokan, yaitu pengelompokan pengambilan jenis material, dan bobot masing – masing jenis plat. Pengelompokan ini dilakukan berdasarkan tingkat pengambilan, untuk jenis plat dengan intensitas pengambilan yang tinggi maka peletakannya berada di dekat titik pusat pengambilan.

Contoh:

Jumlah pengelompokan : 5

Kelompok 1 : plat jenis 1

Kelompok 2 : plat jenis 2 dan 3

Kelompok 3 : plat jenis 4 dan 5

Kelompok 4 : plat jenis 6

Kelompok 5 : plat jenis 7, 8, dan 9

Tipe pengelompokan seperti ini berarti bahwa dalam sekali pengambilan maka plat dalam kelompok yang sama dapat diambil secara berurut tanpa perlu kembali ke titik pusat pengambilan terlebih dahulu.

- Membuat solusi awal. Solusi awal didapat dengan mengurutkan komponen secara acak sampai didapatkan 7 buah solusi awal atau disebut dengan populasi.

Contoh solusi awal pada contoh adalah :

Solusi awal 1 : 1-2-3-4-5-6-7-8-9

Solusi awal 2 : 3-8-7-4-2-1-9-6-5

Solusi awal 3 : 7-5-4-3-2-1-8-9-6

Tabel 2.3 Matriks Jarak

PLAT	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	0	1	2	2	1	2	3	3	2	3	4	1	2	1	2	2	2	2
2	2	1	0	1	3	2	1	2	4	3	2	3	2	3	2	1	1	3	3
3	3	2	1	0	4	3	2	1	5	4	3	2	3	4	3	2	2	4	4
4	1	2	3	4	0	1	2	3	1	2	3	4	1	2	1	2	2	3	3
5	2	1	2	3	1	0	1	2	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	1
6	3	2	1	2	2	1	0	1	3	2	1	2	2	2	3	2	1	3	2
7	4	3	2	1	3	2	1	0	4	3	2	1	1	3	4	3	3	3	2
8	2	3	4	5	1	2	3	4	0	1	2	3	3	1	5	4	1	2	2
9	3	2	3	4	2	1	2	3	1	0	1	2	2	1	3	3	2	1	1
10	4	3	2	3	3	2	1	2	2	1	0	1	1	2	4	2	4	2	1
11	5	4	3	2	4	3	2	1	3	2	1	0	1	2	5	3	1	1	1
12	2	1	2	3	1	3	2	1	3	2	1	1	0	1	1	4	2	2	4
13	3	2	3	4	2	1	2	3	1	1	2	2	1	0	1	2	3	3	3
14	2	1	2	3	1	2	3	4	5	3	4	5	1	1	0	1	5	1	2
15	3	2	1	2	2	3	2	3	4	3	2	3	4	2	1	0	1	2	1
16	3	2	1	2	2	1	1	3	1	2	4	1	2	3	5	1	0	1	3
17	1	2	3	4	3	2	3	3	2	1	2	1	2	3	1	2	1	0	2
18	1	2	3	4	3	1	2	2	2	1	1	1	4	3	2	1	3	2	0

4. Memeriksa solusi awal sesuai dengan jumlah yang diinginkan.
5. Menghitung *fitness value*. *Fitness value* dilakukan dengan menghitung jarak tempuh awal didapat dengan menggunakan matriks jarak. Pertama dicari terlebih dahulu kromosom letak yang menunjukkan komponen diletakkan pada tumpukan nomor berapa (dalam kasus ini ada 11 nomor dan jumlah plat). Jarak tempuh dihitung dari tumpukan yang terletak di tengah – tengah dari keseluruhan tumpukan untuk satu jenis plat. Misalnya, plat jenis 1 memerlukan 3 buah tumpukan, yaitu tumpukan dengan urutan 1, 2, dan 3. Maka jarak tempuh untuk plat jenis 1 dihitung dari tumpukan nomor 2.

Contoh:

Untuk solusi awal 1:

Kromosom	: 1-2-3-4-5-6-7-8-9
Kromosom letak	: 2-5-7-10-12-14-15-17-18
Rute	: 0-1-0-2-3-0-4-5-0-6-0-7-8-9-0
Tumpukan	: 0-2-0-5-7-0-10-12-0-14-0-15-17-18-0
Jarak tempuh	: $2+2+2+2+4+4+4+2+1+2+3+3+1+2+1 = 35$

Proses ini berulang untuk solusi 2, 3, dan seterusnya.

6. Menentukan orang tua (P) dengan acak. Kromosom orang tua dicari dengan acak pada dua populasi

Contoh:

Hasil pilihan acak adalah populasi dari solusi 1 dan 3.

P1 : 1-2-3-4-5-6-7-8-9

P3 : 7-5-4-3-2-1-8-9-6

7. *Crossover* dengan memilih dua orang tua (nomor 6). *Crossover* dilakukan dengan mengkombinasikan kromosom orang tua sehingga dihasilkan kromosom anak (C).

P1 : 1 - |2 - 3| - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9

P3 : 7 - |5 - 4| - 3 - 2 - 1 - 8 - 9 - 6

C1 : 4 - |2 - 3| - 1 - 8 - 9 - 6 - 1 - 5

C2 : 3 - |5 - 4| - 6 - 7 - 8 - 9 - 1 - 2

8. Memilih kromosom anak yang terbaik berdasarkan *fitness value*-nya

Contoh:

Kromosom C1 : 4-2-3-1-8-9-6-1-5

Kromosom letak = 10-5-7-2-17-18-14-15-12

Rute = 0-4-0-2-3-0-1-0-8-9-0-6-0-7-0-5-0

Tumpukan = 0-10-0-5-7-0-2-0-17-18-0-14-0-15-0-12-0

Jarak tempuh = $4+4+2+2+4+2+2+1+2+1+2+2+3+3+2+2 = 38$

Kromosom C2 : 3-5-4-6-7-8-9-1-2

Kromosom letak = 7-12-10-14-15-17-18-2-5

Rute = 0-3-0-5-4-0-6-0-7-8-9-0-1-0-2-0

Rute = 0-7-0-12-10-0-14-0-15-17-18-0-2-0-5-0

Jarak tempuh = $4+4+2+1+4+2+2+3+2+2+1+2+2+2+2 = 35$

Jarak tempuh (*fitness value*) yang lebih kecil adalah C2, maka yang dipilih adalah C2.

9. Melakukan pencarian lokal. Pencarian lokal dilakukan untuk mencari lokal optimal dari kromosom anak. Mekanisme ini terdiri dari sembilan tahap, dimana tahap kedua akan dilakukan setelah tahap satu menemukan perbaikan atau setelah iterasi pencarian lokal maksimal tercapai pada tahap satu tetapi belum ada perbaikan, dan seterusnya.

Sembilan tahap pencarian tersebut adalah:

- a. Bila u adalah node klien, maka pindahkan u lalu sisipkan setelah v

Awal : 3 - 5 - 4 - 6 - 7 - 8 - 9 - 1 - 2

Akhir : 5 - 4 - 6 - 7 - 8 - 3 - 9 - 1 - 2

- b. Bila u dan x adalah klien, pindahkan lalu sisipkan (u,x) setelah v

Awal : 5 - 4 - 6 - 7 - 8 - 3 - 9 - 1 - 2

Akhir : 6 - 7 - 8 - 3 - 9 - 5 - 4 - 1 - 2

- c. Bila u dan x adalah klien, pindahkan lalu sisipkan (x,u) setelah v

Awal : 6 - 7 - 8 - 3 - 9 - 5 - 4 - 1 - 2

Akhir : 6 - 3 - 8 - 7 - 9 - 5 - 4 - 1 - 2

- d. Bila u dan v adalah klien - klien, tukar u dan v

Awal : 6 - 3 - 8 - 7 - 9 - 5 - 4 - 1 - 2

Akhir : 6 - 1 - 8 - 7 - 9 - 5 - 4 - 3 - 2

- e. Bila u, v, dan x adalah klien - klien, tukar (u,v) dan x

Awal : 6 - 1 - 8 - 7 - 9 - 5 - 4 - 3 - 2

Akhir : 2 - 8 - 7 - 9 - 5 - 4 - 3 - 6 - 1

- f. Bila (u,v) dan (x,y) adalah klien - klien, tukar (u,v) dan (x,y)

Awal : 2 - 8 - 7 - 9 - 5 - 4 - 3 - 6 - 1

Akhir : 2 - 8 - 7 - 9 - 3 - 6 - 5 - 4 - 1

- g. Bila $T(u) = T(x)$, ganti (u,v) dan (x,y) dengan (u,x) dan (v,y)

Dari hasil pencarian lokal tahap f, cari *fitness value*

Awal : (2 - 8 - 7 - 9 - 3) - 6 - 4 - 5 - 1

1 trip

Akhir : (2 - 9 - 7 - 8 - 3) - 6 - 4 - 5 - 1

h. Bila $T(u) \neq T(x)$, ganti (u,v) dan (x,y) dengan (u,x) dan (v,y)

$$\text{Awal} : (2 - \underline{9} - \underline{7} - 8 - 3) - (6 - 4 - \underline{5} - \underline{1})$$

1 trip 1 trip

$$\text{Akhir} : 2 - \underline{9} - \underline{5} - 8 - 3 - 6 - 4 - \underline{7} - \underline{1}$$

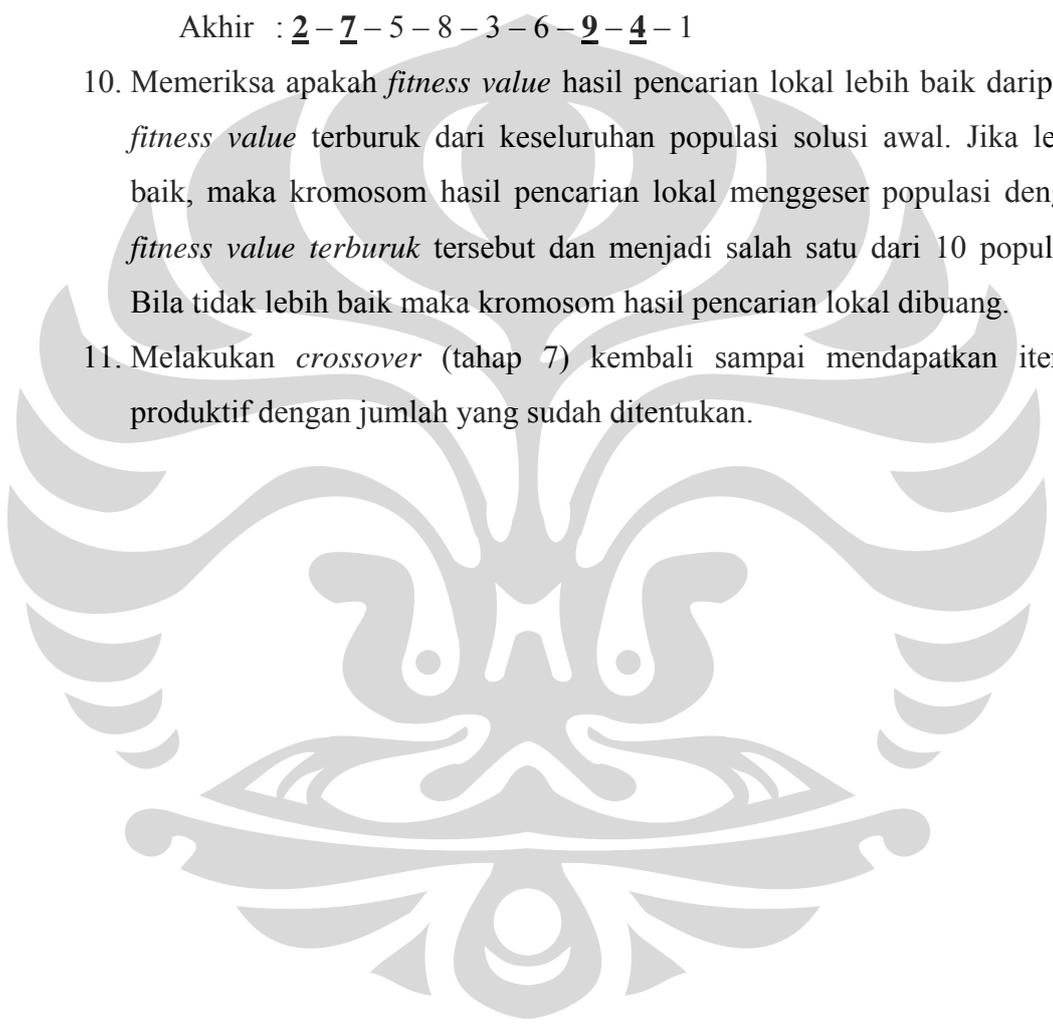
i. Bila $T(u) \neq T(x)$, ganti (u,v) dan (x,y) dengan (u,x) dan (v,y)

$$\text{Awal} : (\underline{2} - \underline{9} - 5 - 8 - 3) - (6 - \underline{4} - \underline{7} - 1)$$

1 trip 1 trip

$$\text{Akhir} : \underline{2} - \underline{7} - 5 - 8 - 3 - 6 - \underline{9} - \underline{4} - 1$$

10. Memeriksa apakah *fitness value* hasil pencarian lokal lebih baik daripada *fitness value* terburuk dari keseluruhan populasi solusi awal. Jika lebih baik, maka kromosom hasil pencarian lokal menggeser populasi dengan *fitness value terburuk* tersebut dan menjadi salah satu dari 10 populasi. Bila tidak lebih baik maka kromosom hasil pencarian lokal dibuang.
11. Melakukan *crossover* (tahap 7) kembali sampai mendapatkan iterasi produktif dengan jumlah yang sudah ditentukan.



3. PENGUMPULAN DATA

3.1 Profil Perusahaan

PT United Tractors Pandu Engineering (PT UTPE) adalah sebuah perusahaan manufaktur yang memproduksi alat – alat berat seperti truk pengangkut batu bara, tanki, *bucket* untuk traktor, *fork lift*, dan lainnya. PT UTPE saat ini memiliki dua pabrik yaitu yang terletak di kawasan industri Cakung dan kawasan industri Jababeka, Cikarang. Produk yang dihasilkan oleh kedua pabrik tersebut tidak jauh berbeda. Perbedaannya terletak pada produksi *fork lift* yang hanya terdapat di Cakung, apalagi saat ini *fork lift* sudah berhenti diproduksi sehingga produksi pabrik Cakung dan Cikarang menjadi sama.

PT UTPE memiliki misi untuk menjadi perusahaan manufaktur terbaik dalam kualitas produk dan pelayanan, pertumbuhan, manajemen lingkungan dalam bisni *material handling*, alat transportasi berat dan fabrikasi komponen

3.1.1 Manajemen Sistem Kualitas

Sistem kualitas yang dijalankan di PT UTPE telah mendapatkan lisensi ISO 9001:2000 yang diberikan oleh SAI Global-Australia. Saat ini PT UTPE telah mendapatkan tiga sertifikat; ISO 9001:2000 dan dua buah sertifikat untuk produk *forklift* mereka.



Gambar 3.1 Sertifikat yang Telah Diperoleh

3.1.1 *Corporate Data*

Gambar 3.2 *Corporate Data*

3.2 **Tata Letak Plat Baja (Kondisi Sekarang)**

Saat ini tata letak plat baja di PT UTPE sangat tidak teratur. Tidak ada tempat yang pasti untuk peletakan setiap jenis plat. Berikut ini adalah beberapa foto dari kondisi tata letak plat baja di PT UTPE saat ini;



Gambar 3.3 Lokasi 1 dan 2 Plat Baja

Lokasi 1 dan 2 plat baja (gambar 3.3) merupakan lokasi dimana paling banyak terdapat tumpukan plat baja. Pada dasarnya lokasi 2 merupakan lokasi asli peletakan plat baja di PT UTPE sedangkan lokasi 3 adalah perluasan dari lokasi 2.



Gambar 3.4 Lokasi 3 Plat Baja

Lokasi 3 plat baja (gambar 3.4) terletak di depan pintu ruang fabrikasi. Pada lokasi ini hanya terdapat 1 tumpukan plat baja. Pada awalnya lokasi ini bukanlah untuk meletakkan tumpukan plat, hanya saja dikarenakan keterbatasan ruang pada lokasi 1 dan lokasi 2 maka kemudian plat – plat tersebut terpaksa ditumpuk di lokasi ini.

Pada praktiknya, masih ada lokasi – lokasi lain dari tumpukan plat baja. Ketidakteraturan penempatan plat baja ini membuat suplai ke ruang produksi menjadi lambat dan tidak efisien. Selain itu lingkungan seperti ini juga dapat mengurangi kenyamanan pekerja dalam melakukan pekerjaannya. Untuk itulah kemudian penelitian ini dilakukan agar bisa menemukan komposisi tepat tata letak penumpukan. Posisi lokasi – lokasi ini dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.2.1 Spesifikasi Material

Secara umum, ada 6 jenis plat baja pada gudang bahan baku PT UTPE; *Wear Plate*, SS41, SM490, SHT780, HS780, dan EH360. Setiap jenis plat tersebut memiliki berbagai ukuran baik panjang, lebar, maupun ketebalannya, kecuali jenis EH360 yang hanya memiliki satu jenis ukuran.

Dalam menyusun tata letak plat baja, data pengambilan per bulan sangat diperlukan untuk menentukan dimana sebuah plat baja akan diletakkan. Semakin besar jumlah pengambilan satu varian plat baja, maka semakin dekat varian tersebut dengan titik pusat pengambilan. Hal ini dilakukan untuk mencegah

pengambilan plat yang berada di ujung dengan intensitas yang tinggi sehingga system yang berjalan menjadi lebih efisien.

Tabel 3.1 Spesifikasi Plat Baja

No	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat/Unit (Kg)	Pengambilan Max/bln(Unit)
1	SS41	3,2	1219	2438	74,65	150
2	SS41	4,5	1524	6096	328,18	150
3	SS41	5	1524	6096	364,64	20
4	SS41	6	1219	2438	139,98	120
5	SS41	6	1524	6096	437,57	150
6	SS41	6	1829	6096	525,15	100
7	SS41	8	1524	6096	583,43	150
8	SS41	8	1829	6096	700,19	100
9	SS41	9	1524	6096	656,36	60
10	SS41	9	1829	6096	787,72	0
11	SS41	10	1524	6096	729,29	20
12	SS41	12	1524	6096	875,15	40
13	SS41	12	1829	6096	1050,29	0
14	SS41	16	1524	6096	1166,86	20
15	SS41	19	1524	6096	1385,65	8
16	SS41	22	1524	6096	1604,44	8
17	SS41	25	1524	6096	1823,22	8
18	SS41	28	1219	2438	653,23	2
19	SS41	32	1219	2438	746,55	2
20	SS41	36	1219	2438	839,87	1
21	SS41	40	1524	6096	2917,16	2
22	SS41	45	1219	2438	1049,83	2
23	SS41	50	1219	2438	1166,48	1
24	SS41	60	1219	2438	1399,78	1
25	SS41	75	1219	2438	1749,72	1
26	SM490	6	1524	6096	437,57	170
27	SM490	8	1524	6096	583,43	180
28	SM490	10	1524	6096	729,29	44
29	SM490	12	1524	6096	875,15	39
30	SM490	16	1524	6096	1166,86	33
31	SM490	20	1524	6096	1458,58	36
32	SM490	25	1524	6096	1823,22	33
33	SM490	32	1524	6096	2333,72	3
34	SM490	50	1524	6096	3646,44	1
35	SM490	60	1524	6096	4375,73	1
36	SM490	65	2500	6000	7653,75	1

Tabel 3.1 Spesifikasi Plat Baja (Lanjutan)

No	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat/Unit (Kg)	Pengambilan Max/bln(Unit)
37	EH360	8	2500	8000	1256,00	20
38	HS780	10	1524	6096	729,29	2
39	HS780	12	1524	6096	875,15	4
40	HS780	16	1524	6096	1166,86	3
41	HS780	20	1524	6096	1458,58	2
42	HS780	25	1524	6096	1823,22	4
43	HS780	32	1524	6096	2333,72	1
44	SHT 780	8	2500	8000	1256,00	33
45	SHT 780	9	2500	8000	1413,00	4
46	SHT 780	10	2500	8000	1570,00	24
47	SHT 780	12	2500	8000	1884,00	60
48	SHT 780	16	2500	8000	2512,00	24
49	SHT 780	20	2500	8000	3140,00	19
50	SHT 780	25	2500	8000	3925,00	9
51	SHT 780	32	2500	8000	5024,00	1
52	SHT 780	40	2500	8000	6280,00	4
53	SHT 780	50	2500	8000	7850,00	3
54	SHT 780	60	2500	8000	9420,00	1
55	SHT 780	80	2500	8000	12560,00	1
56	SHT 780	90	2500	8000	14130,00	4
57	SHT 780	120	2500	8000	18840,00	1
58	Wear Plate	6	2500	6000	706,50	219
59	Wear Plate	8	2500	6000	942,00	32
60	Wear Plate	10	2500	6000	1177,50	111
61	Wear Plate	12	2500	6000	1413,00	122
62	Wear Plate	16	2500	6000	1884,00	159
63	Wear Plate	25	2500	6000	2943,75	12
64	Wear Plate	20	2500	6000	2355,00	75
65	Wear Plate	32	2500	6000	3768,00	5

(Sumber : PT UTPE)

Pada umumnya data pada tabel di atas akan disajikan dalam bentuk pengambilan rata – rata per bulan, tetapi dalam kasus ini data disajikan dalam bentuk pengambilan maksimal. Hal ini dilakukan karena data di atas (tabel 3.7) juga digunakan untuk menghitung jumlah tumpukan yang diperlukan untuk setiap

varian plat baja. Menghitung jumlah tumpukan juga berarti menyediakan ruang yang cukup meletakkan plat baja dalam jumlah maksimum.

Data ini dihitung berdasarkan total pengambilan tiap bulan pada pabrik cakung dan cikarang untuk setiap varian plat baja yang sama. Data selengkapnya telah terlampir pada Lampiran 2 dan Lampiran 3.

3.2.3 Sistem Peletakan dan Pengambilan

Saat ini sistem pengangkutan plat baja yang digunakan adalah dengan menggunakan *forklift*. Plat baja yang datang dari pemasok akan diangkat menggunakan *forklift* menuju tumpukan yang telah tersedia atau tempat yang kosong apabila tidak ada tumpukan plat sejenis.

Sistem penumpukan plat baja itu sendiri tidak beraturan. Terkadang ada beberapa tumpukan yang terdiri dari lebih dari satu jenis plat baja. Kondisi ini berpotensi untuk menimbulkan masalah apabila plat yang terletak di paling dasar dibutuhkan untuk diambil. Hal ini terjadi karena keterbatasan ruang pada lokasi penumpukan plat baja. Keterbatasan ruang pula yang menyebabkan lokasi penumpukan plat baja menjadi melebar dan tersebar.

Pada saat pengambilan plat menuju divisi persiapan bahan untuk dipotong, dibengkokkan atau proses lainnya maka *forklift* kembali digunakan. *Forklift* tersebut akan membawa beberapa lembar plat baja yang sejenis yang kemudian diletakkan secara bertumpuk di persiapan bahan untuk kemudian menunggu diproses. Dengan menggunakan *forklift* sebagai sarana untuk mengangkut maka ruang yang dibutuhkan oleh gudang bahan baku akan semakin besar karena *forklift* membutuhkan ruang yang cukup lebar untuk berbelok dan berputar.

3.3 Lokasi Baru Peletakan Plat Baja

Dalam jangka waktu satu tahun, proyek integrasi pabrik akan segera berjalan. Untuk itu saat ini perusahaan sudah mulai mempersiapkan lokasi pabrik yang baru beserta rencana awal *layout* pabrik secara keseluruhan. *Layout* tersebut

posisi, luas area, dan aliran material dari seluruh kegiatan yang berjalan di pabrik, termasuk gudang bahan baku. *Layout* tersebut telah terlampir pada Lampiran 4.

Berdasarkan kebijakan perusahaan maka disediakan lokasi baru peletakan plat baja yang dapat memuat total stok plat baja dari kedua pabrik (Cakung dan Cikarang). Lokasi baru yang disediakan oleh perusahaan adalah sebesar 84m x 25m.

3.3.1 Sistem Peletakan dan Pengambilan Baru

Sistem peletakan dan pengambilan material tidak lagi menggunakan *forklift*, melainkan menggunakan *crane*. Dengan menggunakan *crane* maka ruang antar plat tidak perlu terlalu lebar, cukup 50cm saja. Dengan jarak yang sangat sempit tersebut maka peletakan plat baja juga akan menjadi lebih padat sehingga dapat menghemat ruang. Meskipun demikian, *crane* digunakan tidak sampai proses produksi di persiapan bahan. *Crane* hanya digunakan untuk meletakkan dan mengambil material ke kereta barang (lori).

Titik pusat pengambilan material berada tepat di tengah. Hal ini dilakukan untuk mempersingkat waktu pengambilan karena dengan meletakkan titik pengambilan di tengah maka secara keseluruhan jarak total tiap tumpukan menjadi lebih dekat dibandingkan apabila titik pengambilan diletakkan di depan. Perpindahan plat dari *crane* dan kereta akan dilakukan di titik pusat pengambilan, setelah itu *crane* akan menunggu permintaan material yang selanjutnya.

Kereta barang akan mengantarkan plat baja ke divisi persiapan bahan untuk kemudian diproses sesuai jenisnya. Pada divisi persiapan bahan juga terdapat *crane* yang akan memindahkan plat dari kereta barang sehingga kereta barang tersebut dapat kembali ke lokasi peletakan plat dengan kondisi kosong dan siap untuk mengangkut plat selanjutnya.

4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA

4.1 Penyusunan Variabel

Lokasi yang disediakan oleh PT UTPE untuk peletakan plat baja adalah ruang berbentuk persegi panjang dengan dimensi ukuran 84m x 25m. Pada tabel 3.1 telah ditampilkan spesifikasi plat baja beserta pengambilannya, setiap plat baja memiliki dimensi ukuran yang berbeda – beda dengan jarak tiap tumpukan 0.5m, sedangkan dalam metode GA (*Genetic Algorithm*) setiap tumpukan plat dapat berpindah atau bertukar posisi dengan tumpukan plat jenis lain untuk mengoptimalkan tata letak plat dan mencari waktu pengambilan yang paling singkat. Kondisi ini menyebabkan beberapa data harus mengalami beberapa penyesuaian.

4.1.1 Penyesuaian Data

4.1.1.1 Konversi Ukuran Plat Baja

Untuk menyesuaikan data dengan metode GA, maka setiap jenis plat akan diasumsikan berukuran sama, yaitu 8m x 2.5m. Selain itu untuk plat SS41 dengan ukuran 2.4m x 1.2m yang berjumlah sembilan jenis akan dikelompokkan menjadi tiga kelompok berdasarkan intensitas pengambilan yang serupa dan tiap kelompok akan menempati satu ruang tumpukan yang akan ditunjukkan pada tabel 4.1

Untuk kelompok C yaitu SS41 dengan tebal 3.2 dan 6 memiliki intensitas pengambilan yang berbeda, yaitu 120 dan 150 pengambilan per bulan. Untuk selanjutnya, intensitas tersebut akan diambil rata – rata yaitu sebesar 135 pengambilan per bulan sebagai intensitas pengambilan kelompok C.

Penyesuaian ini hanya berlaku pada saat pengolahan data menggunakan metode GA. Jika pengolahan sudah selesai dan hasilnya sudah didapatkan, maka akan dikembalikan ke ukuran semula. Jika tata letak plat baja sudah menggunakan ukuran asli, maka jarak tiap plat akan lebar sehingga membutuhkan penyesuaian kembali dengan memadatkan tata letak plat baja tersebut.

Tabel 4.1 Pengelompokan SS41

Kelompok	Jenis Plat	Dimensi			Intensitas Pengambilan
		Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	
A	SS41	36	1219	2438	1
	SS41	50	1219	2438	1
	SS41	60	1219	2438	1
	SS41	75	1219	2438	1
B	SS41	28	1219	2438	2
	SS41	32	1219	2438	2
	SS41	45	1219	2438	2
C	SS41	3.2	1219	2438	150
	SS41	6	1219	2438	120

4.1.1.2 Daftar Plat Baja yang Baru

Jika setiap plat baja sudah diasumsikan memiliki ukuran yang sama, maka tahap selanjutnya adalah menghitung jumlah tumpukan yang dibutuhkan. Tonase tanah pada lokasi yang baru adalah 9000 kg per m², hal ini berarti untuk setiap tumpukan tidak boleh terlalu berat sampai melebihi tonase tanah tersebut, karena jika melebihi angka tersebut fondasi tanah bias rusak. Data plat yang telah disesuaikan akan ditampilkan pada tabel 4.2. Data tinggi maksimum dan jumlah tumpukan didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{tinggi maksimum} = \frac{\text{tonase tanah}}{\text{beban}} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$\text{jumlah tumpukan} = \text{roundup}\left(\frac{\text{pengambilan maksimum}}{\text{tinggi maksimum}}\right) \dots\dots\dots (4.2)$$

Tabel 4.2 Data Plat Baja Untuk Algoritma Genetik

ID	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat/Unit (Kg)	Pengambilan Max/bln (unit)	Luas (m ²)	Beban (kg/m ²)	Tinggi Max (Unit)	Jumlah Tumpukan
1	SS41	C	1219	2438	74,65	135	2,97	25,12	358,28	1
2	SS41	4,5	1524	6096	328,18	150	9,29	35,33	254,78	1
3	SS41	5	1524	6096	364,64	20	9,29	39,25	229,30	1
4	SS41	6	1524	6096	437,57	150	9,29	47,10	191,08	1
5	SS41	6	1829	6096	525,15	100	11,15	47,10	191,08	1
6	SS41	8	1524	6096	583,43	150	9,29	62,80	143,31	2
7	SS41	8	1829	6096	700,19	100	11,15	62,80	143,31	1
8	SS41	9	1524	6096	656,36	60	9,29	70,65	127,39	1
9	SS41	9	1829	6096	787,72	0	11,15	70,65	127,39	1

Tabel 4.2 Data Plat Baja Untuk Algoritma Genetik (Lanjutan)

ID	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat/Unit (Kg)	Pengambilan Max/bln (unit)	Luas (m ²)	Beban (kg/m ²)	Tinggi Max (Unit)	Jumlah Tumpukan
10	SS41	10	1524	6096	729,29	20	9,29	78,50	114,65	1
11	SS41	12	1524	6096	875,15	40	9,29	94,20	95,54	1
12	SS41	12	1829	6096	1050,29	0	11,15	94,20	95,54	1
13	SS41	16	1524	6096	1166,86	20	9,29	125,60	71,66	1
14	SS41	19	1524	6096	1385,65	8	9,29	149,15	60,34	1
15	SS41	22	1524	6096	1604,44	8	9,29	172,70	52,11	1
16	SS41	25	1524	6096	1823,22	8	9,29	196,25	45,86	1
17	SS41	B	1219	2438	653,23	2	2,97	219,80	40,95	1
18	SS41	A	1219	2438	840,00	1	2,97	282,65	31,84	1
19	SS41	40	1524	6096	2917,16	2	9,29	314,00	28,66	1
20	SM490	6	1524	6096	437,57	170	9,29	47,10	191,08	1
21	SM490	8	1524	6096	583,43	180	9,29	62,80	143,31	2
22	SM490	10	1524	6096	729,29	44	9,29	78,50	114,65	1
23	SM490	12	1524	6096	875,15	39	9,29	94,20	95,54	1
24	SM490	16	1524	6096	1166,86	33	9,29	125,60	71,66	1
25	SM490	20	1524	6096	1458,58	36	9,29	157,00	57,32	1
26	SM490	25	1524	6096	1823,22	33	9,29	196,25	45,86	1
27	SM490	32	1524	6096	2333,72	3	9,29	251,20	35,83	1
28	SM490	50	1524	6096	3646,44	1	9,29	392,50	22,93	1
29	SM490	60	1524	6096	4375,73	1	9,29	471,00	19,11	1
30	SM490	65	2500	6000	7653,75	1	15,00	510,25	17,64	1
31	EH360	8	2500	8000	1256,00	20	20,00	62,80	143,31	1
32	HS780	10	1524	6096	729,29	2	9,29	78,50	114,65	1
33	HS780	12	1524	6096	875,15	4	9,29	94,20	95,54	1
34	HS780	16	1524	6096	1166,86	3	9,29	125,60	71,66	1
35	HS780	20	1524	6096	1458,58	2	9,29	157,00	57,32	1
36	HS780	25	1524	6096	1823,22	4	9,29	196,25	45,86	1
37	HS780	32	1524	6096	2333,72	1	9,29	251,20	35,83	1
38	SHT 780	8	2500	8000	1256,00	33	20,00	62,80	143,31	1
39	SHT 780	9	2500	8000	1413,00	4	20,00	70,65	127,39	1
40	SHT 780	10	2500	8000	1570,00	24	20,00	78,50	114,65	1
41	SHT 780	12	2500	8000	1884,00	60	20,00	94,20	95,54	1
42	SHT 780	16	2500	8000	2512,00	24	20,00	125,60	71,66	1
43	SHT 780	20	2500	8000	3140,00	19	20,00	157,00	57,32	1
44	SHT 780	25	2500	8000	3925,00	9	20,00	196,25	45,86	1
45	SHT 780	32	2500	8000	5024,00	1	20,00	251,20	35,83	1
46	SHT 780	40	2500	8000	6280,00	4	20,00	314,00	28,66	1
47	SHT 780	50	2500	8000	7850,00	3	20,00	392,50	22,93	1
48	SHT 780	60	2500	8000	9420,00	1	20,00	471,00	19,11	1

Tabel 4.2 Data Plat Baja Untuk Algoritma Genetik (Lanjutan)

ID	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat/Unit (Kg)	Pengambilan Max/bln (unit)	Luas (m ²)	Beban (kg/m ²)	Tinggi Max (Unit)	Jumlah Tumpukan
49	SHT 780	80	2500	8000	12560,00	1	20,00	628,00	14,33	1
50	SHT 780	90	2500	8000	14130,00	4	20,00	706,50	12,74	1
51	SHT 780	120	2500	8000	18840,00	1	20,00	942,00	9,55	1
52	Wear Plate	6	2500	6000	706,50	219	15,00	47,10	191,08	2
53	Wear Plate	8	2500	6000	942,00	32	15,00	62,80	143,31	1
54	Wear Plate	10	2500	6000	1177,50	111	15,00	78,50	114,65	1
55	Wear Plate	12	2500	6000	1413,00	122	15,00	94,20	95,54	2
56	Wear Plate	16	2500	6000	1884,00	159	15,00	125,60	71,66	3
57	Wear Plate	20	2500	6000	2355,00	75	15,00	157,00	57,32	2
58	Wear Plate	25	2500	6000	2943,75	12	15,00	196,25	45,86	1
59	Wear Plate	32	2500	6000	3768,00	5	15,00	251,20	35,83	1
Total Tumpukan										66

(Sumber : PT UTPE, diolah)

4.1.1.3 Plot Lokasi Plat Baja

Lokasi peletakan plat baja yang baru berukuran 84m x 25m. Luas area tersebut cukup untuk menampung semua plat jika dihitung berdasarkan luas asli plat baja, tetapi jika menggunakan ukuran yang telah disesuaikan, maka lokasi tersebut hanya dapat menampung 64 tumpukan, padahal jumlah tumpukan yang dibutuhkan adalah 66 tumpukan.

Untuk mengatasi masalah ini maka luas area diperlebar menjadi 84m x 26.5m. Hal ini dilakukan hanya untuk penyesuaian saja karena setelah data diolah dan hasil tata letak diperoleh maka akan diadakan penyesuaian kembali dengan memperpadat tata letak tumpukan sehingga luas area dapat berkurang lagi. Plot tata letak untuk metode GA dapat dilihat pada gambar 4.1.

Total tumpukan yang terdapat pada plot tata letak yang baru adalah 72, padahal jumlah yang dibutuhkan hanya 66 tumpukan. Jika demikian maka dibutuhkan plat **Dummy** yang berjumlah 6 tumpukan untuk memenuhi kuota tersebut. Dengan penambahan ini maka total jenis plat berjumlah 60 dengan plat Dummy akan menempati ID Plat 60. Meskipun demikian, dalam pengolahan data nanti plat Dummy tidak dihitung 6 varian dalam 1 jenis, melainkan 6 varian

dengan 6 jenis yang berbeda. Hal ini disebabkan karena plat Dummy tidak perlu berkelompok dalam tata letak.

	a	b	c	d	e	f	g	h
1	1	18	19	36	37	54	55	72
2	2	17	20	35	38	53	56	71
3	3	16	21	34	39	52	57	70
4	4	15	22	33	40	51	58	69
5	5	14	23	32	41	50	59	68
6	6	13	24	31	42	49	60	67
7	7	12	25	30	43	48	61	66
8	8	11	26	29	44	47	62	65
9	9	10	27	28	45	46	63	64

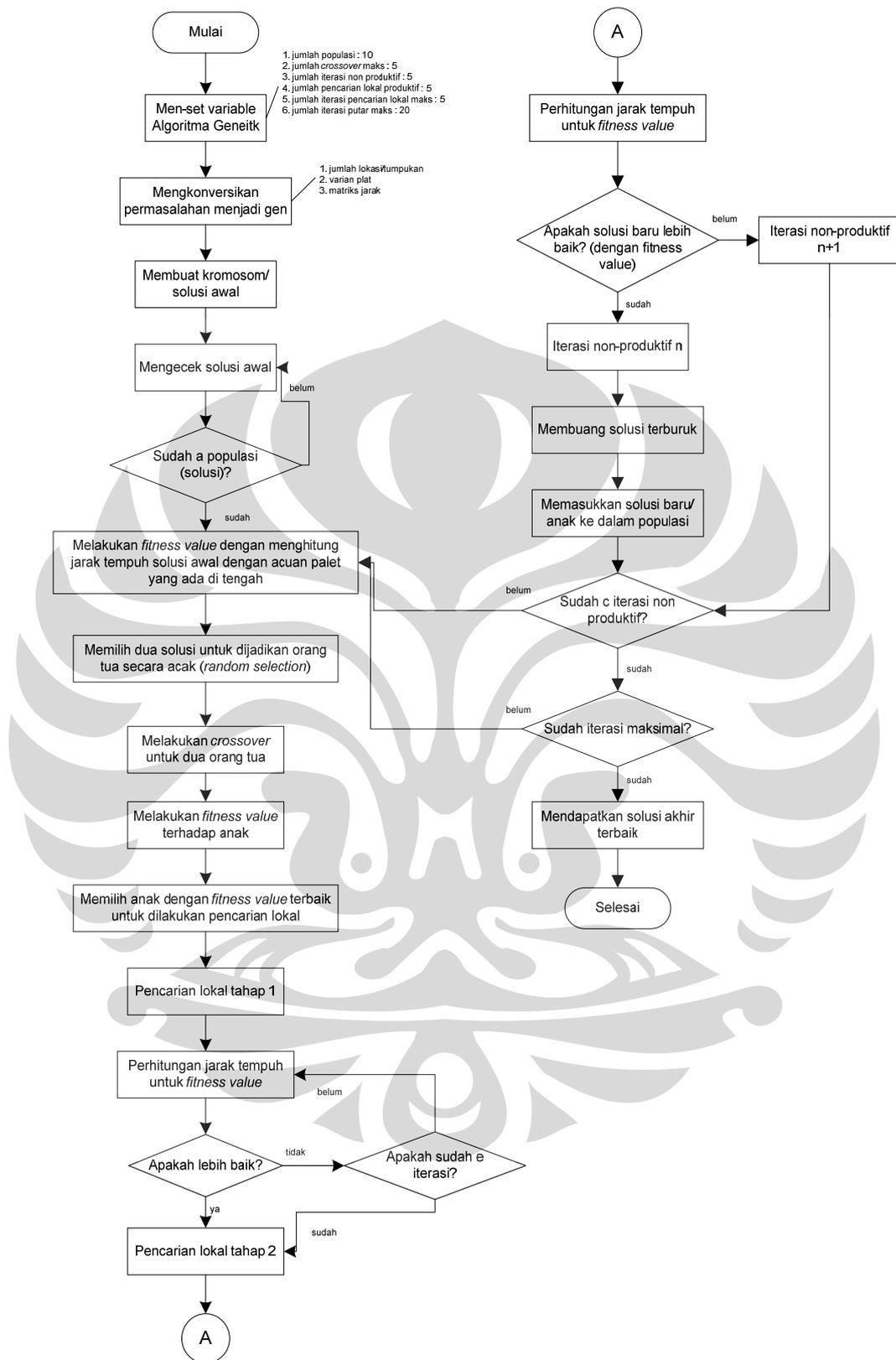
Gambar 4.1 Plot Tata Letak Untuk Algoritma Genetik

Titik pusat yang merupakan titik hitung setiap plat berada di perpotongan kedua garis diagonal pada setiap plat, sedangkan titik pusat pengambilan berada pada perpotongan kedua garis diagonal untuk total area.

4.2 Penyusunan Algoritma Genetik

Optimasi tata letak plat baja pada gudang bahan baku PT UTPE ini akan dihitung dengan metode GA. Prosedur algoritma yang dipakai ditampilkan pada gambar 4.2. Metode GA ini dibuat berdasarkan fungsi optimalisasi yaitu meminimalisasi jarak tempuh yang dilakukan ketika pengambilan dan peletakan plat baja. Jarak tempuh yang minimal akan menghasilkan waktu ambil yang minimal dengan cara membaginya dengan kecepatan *crane*, yaitu 0.13 m/s.

Informasi pada sumber daya dikonversikan menjadi gen, yaitu jumlah lokasi (tumpukan), mencakup kebutuhan tumpukan untuk tiap varian plat; jumlah varian; dan matriks jarak antar tumpukan. Selanjutnya gen tersebut akan dipilih secara acak untuk mencari kandidat solusi (solusi awal) yang terdiri dari kromosom – kromosom yang membentuk populasi. Kromosom tersebut kemudian secara acak dipilih untuk *crossover*.



Gambar 4.2 Prosedur Algoritma Genetik

Fitness value adalah berfungsi evaluasi dengan criteria tertentu. Dalam permasalahan ini, *fitness value* adalah jarak tempuh pengambilan plat baja. *Fitness value* akan mencari jarak tempuh yang paling kecil. Algoritma pengujian kecocokan pertama menerjemahkan urutan pengambilan plat dalam kromosom menjadi tata letak dengan menggunakan algoritma penempatan.

Penyelesaian algoritma ini diselesaikan dengan perangkat lunak Matlab7. Matlab adalah perangkat lunak berbasis pemrograman dengan induk bahasa pemrograman bahasa C, walaupun tidak dapat dikatakan sebagai varian dari C, karena dalam sintak maupun cara kerjanya sangat berbeda dengan bahasa C yang digunakan oleh C++Builder. Namun dengan hubungan langsungnya dengan bahasa C, Matlab memiliki kelebihan – kelebihan bahasa C, bahkan mampu berjalan pada semua *platform* Sistem Operasi (SO) tanpa mengalami perubahan sintak. Yang membuat Matlab sangat sesuai dengan metode GA dalam kasus ini adalah Matlab bekerja dengan *array* atau matriks yang sejalan dengan tahap – tahap prosedur GA, khususnya penggunaan matriks jarak.

4.3 Verifikasi Program

Verifikasi adalah langkah pengujian model program yang sudah dibuat menggunakan Matlab7. Pengujian ini diperlukan untuk mengetahui apakah hasil yang didapatkan dari perangkat lunak ini valid atau sesuai dengan perhitungan manual. Pengujian ini dilakukan dengan menjalankan program dengan data fiktif yang sederhana yang kemudian dibandingkan dengan hasil dari perhitungan manual.

4.3.1 Input Data Fiktif

Data yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Jumlah varian plat, jenis plat, intensitas pengambilan, dan total tumpukan yang dibutuhkan sebagai data yang dibutuhkan untuk menjalankan model ini ditampilkan dalam tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Data Rekayasa Untuk Verifikasi

Jenis Plat	Intensitas Pengambilan	ID Plat	Varian	Total Tumpukan
Tipe-A	20	1	A1	2
		2	A2	1
Tipe-B	10	3	B1	2
Tipe-C	50	4	C1	2
Tipe-D	30	5	D1	4
		6	D2	1
Tipe-E	20	7	E1	4
			Total	16

- Matriks jarak antar tumpukan disajikan dalam tabel 4.4

Tabel 4.4 Matriks Jarak Rekayasa Untuk Verifikasi

Plat	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	0	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
1	8	0	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16
2	7	1	0	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15
3	6	2	1	0	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
4	5	3	2	1	0	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
5	4	4	3	2	1	0	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12
6	3	5	4	3	2	1	0	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11
7	2	6	5	4	3	2	1	0	1	3	4	5	6	7	8	9	10
8	1	7	6	5	4	3	2	1	0	2	3	4	5	6	7	8	9
9	1	9	8	7	6	5	4	3	2	0	1	2	3	4	5	6	7
10	2	10	9	8	7	6	5	4	3	1	0	1	2	3	4	5	6
11	3	11	10	9	8	7	6	5	4	2	1	0	1	2	3	4	5
12	4	12	11	10	9	8	7	6	5	3	2	1	0	1	2	3	4
13	5	13	12	11	10	9	8	7	6	4	3	2	1	0	1	2	3
14	6	14	13	12	11	10	9	8	7	5	4	3	2	1	0	1	2
15	7	15	14	13	12	11	10	9	8	6	5	4	3	2	1	0	1
16	8	16	15	14	13	12	11	10	9	7	6	5	4	3	2	1	0

4.3.1 Hasil Perangkat Lunak

Setelah model dijalankan dengan menggunakan data fiktif tersebut, maka hasil yang didapat adalah sebagai berikut:

- Kromosom letak : 11-10-5-7-14-9-2
- Jarak tempuh : 1040

Berdasarkan urutan peletakan dari kromosom letak, maka tata letaknya adalah sebagai berikut:

E1 1	E1 2	E1 3	E1 4	B1 5	B1 6	C1 7	C1 8
D2 9	A2 10	A1 11	A1 12	D1 13	D1 14	D1 15	D1 16

Gambar 4.3 Tata Letak Hasil Verifikasi

Kotak yang berwarna abu – abu pada gambar 4.3 dianalogikan tumpukan plat, angka pada bagian bawah kotak menunjukkan kromosom letak, sedangkan yang di bagian atas adalah varian plat yang menempati tumpukan tersebut. Kode program dapat dilihat pada Lampiran 5.

4.3.1 Hasil Perhitungan Manual

Perhitungan manual yang dilakukan juga menggunakan data yang sama, hanya saja tahap pengerjaannya tidak dilakukan 100% karena memakan waktu terlalu lama. Untuk itu tahap pengerjaan manual ini hanya menghitung jarak tempuh dari kromosom letak yang telah didapatkan dari perangkat lunak. Hasil perhitungan manual ditampilkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Manual

Jenis Plat	Rute	Titik Hitung	Jarak	Intensitas Pengambilan	Jarak Tempuh
A	0-1-2-0	0-11-10-0	6	20	120
B	0-3-0	0-5-0	8	10	80
C	0-4-0	0-7-0	4	50	200
D	0-5-6-0	0-14-9-0	12	30	360
E	0-7-0	0-2-0	14	20	280
Total					1040

Hasil yang didapatkan dari hasil perhitungan manual ternyata sama dengan hasil dari perhitungan menggunakan model, yaitu 1040. Hasil ini menunjukkan bahwa model yang dibuat menggunakan Matlab7 ini sudah dapat berjalan dengan benar dan penelitian ini dapat dilanjutkan menggunakan data yang sebenarnya.

4.4 Pengolahan Data Dengan Matlab7

Perangkat lunak yang digunakan untuk menjalankan prosedur GA adalah Matlab7. Walaupun produk Matlab yang terbaru adalah Matlab2008, tetapi penggunaan Matlab7 tidak jauh berbeda dengan Matlab2008, hanya ada beberapa fungsi yang bertambah dan tampilan antar muka yang baru di Matlab2008, sedangkan untuk fungsi yang diperlukan untuk menjalankan metode GA sudah terdapat semua di Matlab7 sehingga Matlab7 masih layak pakai untuk metode ini.

Kasus yang menjadi objek penelitian kali ini serupa dengan data fiktif yang digunakan untuk verifikasi program, hanya saja perbedaannya adalah pada kasus yang sebenarnya varian plat dengan jenis yang sama harus dikelompokkan untuk memudahkan pengambilan. Untuk itu kemudian proses pengolahan data menggunakan perangkat lunak ini akan dibagi menjadi dua tahap.

Tahap yang pertama adalah mencari kromosom letak dari tiap jenis plat. Hal ini berarti hanya ada 7 jumlah plat yang akan dihitung, yaitu tiap jenis plat; SS41, SM490, EH360, HS780, SHT780, dan Wear Plate, ditambah plat Dummy. Setiap jenis memiliki jumlah tumpukan sebesar total tumpukan varian plat yang sejenis. Untuk plat Dummy walaupun memiliki 6 buah tumpukan, tetapi dalam prosesnya tidak akan dikelompokkan, melainkan dihitung sebanyak tujuh jenis dengan tiap jenis memiliki 1 buah tumpukan. Hal ini dilakukan karena pada dasarnya plat Dummy tidak perlu berkelompok.

Tahap yang kedua adalah mencari kromosom dari varian plat. Tahap ini akan berulang sebanyak lima kali, yaitu menghitung varian plat dari tiap jenis plat, kecuali EH360 dan Dummy. Plat dengan jenis EH360 tidak perlu diolah pada tahap dua ini karena tumpukan hanya berjumlah satu, dengan demikian kromosom letaknya sudah dapat diketahui melalui tahap yang pertama. Sedangkan plat

Dummy sudah tidak perlu lagi dicari kromosom letak dari tiap varian karena pada dasarnya plat ini akan dihilangkan lagi.

4.4.1 Input Data Variabel

Dalam kedua tahap yang akan dilakukan data tata letak yang dipakai berbeda – beda sesuai dengan kebutuhannya, akan tetapi data variabel yang dipakai tetap sama. Karena data variabel hanya menentukan sejauh mana metode GA ini akan berjalan dan sebanyak apakah iterasi akan dilakukan, hal ini tidak dipengaruhi oleh data tata letak yang akan dihitung.

Variabel yang akan digunakan dalam GA adalah populasi, iterasi maksimum, iterasi non produktif maksimum, iterasi pencarian lokal produktif maksimum, iterasi pencarian maksimum, iterasi puncak maksimum. Penjelasan untuk setiap variabel adalah sebagai berikut:

1. Populasi adalah jumlah kromosom dari solusi awal yang akan disimpan, artinya adalah solusi awal yang dibuat, kemudian hasil pencarian lokal akan dibandingkan dengan seluruh solusi awal dan kemudian diambil beberapa yang terbaik sesuai dengan nilai yang dipakai. Nilai yang dipakai adalah 10.
2. Iterasi maksimum dalam kode program yang dipakai adalah “*jmlh_cross_max*”, artinya adalah maksimum jumlah *crossover* yang akan dilakukan. Nilai yang dipakai adalah 5.
3. Iterasi non produktif maksimum dalam kode program yang dipakai adalah “*jmlh_non_produkatif_max*”, artinya adalah maksimum jumlah iterasi *crossover* yang tidak menghasilkan perbaikan solusi. Nilai yang dipakai adalah 5.
4. Iterasi pencarian lokal produktif maksimum dalam kode program adalah “*jmlh_ls_produkatif_max*”, dimana *ls* dalam kode adalah *local search* atau pencarian lokal. Artinya adalah maksimum jumlah iterasi dalam pencarian mutasi orang tua secara acak untuk menghasilkan kromosom dengan total jarak yang berbeda. Nilai yang dipakai adalah 5.

5. Iterasi pencarian lokal maksimum dalam kode program yang dipakai adalah “iterasi_ls_max”, artinya adalah maksimum jumlah iterasi untuk mencari solusi yang lebih baik pada setiap tahap pencarian lokal. Nilai yang dipakai adalah 5.
6. Iterasi putar maksimum dalam kode program adalah “iterasi_putar_max”, artinya adalah jumlah iterasi pencarian lokal tambahan pada saat pencarian lokal. Nilai yang dipakai adalah 20.

4.4.2 Pengolahan Data Tahap Pertama

4.4.2.1 Input Data Tata Letak Untuk Tahap Pertama

Pada tahap ini yang akan dicari adalah kromosom letak dari setiap jenis plat yang paling optimal. Parameter optimal dalam hal ini adalah jarak tempuh yang paling kecil pada proses pengambilan material. Data yang digunakan sama dengan data plat baja (tabel 4.2), hanya saja diolah kembali untuk menyesuaikan dengan kebutuhan. Data yang dipakai dalam pengolahan tahap satu ini adalah sebagai berikut :

- Jumlah lokasi = 72
- Varian Plat = 12
- Jumlah tumpukan yang diperlukan ditampilkan pada tabel 4.6
- Matriks jarak antar tumpukan akan dilampirkan pada Lampiran 6

Data intensitas pengambilan yang dipakai adalah rata – rata intensitas pengambilan dari varian plat dengan jenis tersebut. Langkah ini dilakukan karena dalam satu jenis plat saja data pengambilan plat dapat memiliki rentang yang sangat jauh, mencapai perbandingan 1 : 100. Jika menggunakan data pengambilan maksimum untuk setiap jenis plat, maka kemungkinan adanya varian plat dengan intensitas pengambilan kecil yang berada di dekat titik pusat pengambilan plat akan semakin besar. Hal ini menyebabkan jarak tempuh total plat baja menjadi besar sehingga tata letak yang baru akan kurang optimal.

Tabel 4.6 Data Tata Letak Tahap Satu

No	Jenis Plate	Rata - Rata Intensitas Pengambilan	Jumlah Tumpukan
1	SS41	46,64	20
2	SM490	49,18	12
3	EH360	20,00	1
4	HS780	2,67	6
5	SHT780	13,43	14
6	Wear Plate	91,88	13
7	Dummy	-	1
8	Dummy	-	1
9	Dummy	-	1
10	Dummy	-	1
11	Dummy	-	1
12	Dummy	-	1
Total			72

4.4.2.2 Proses Pengolahan Data Tahap Pertama

Pada kode program yang dijalankan, ada beberapa langkah yang dilakukan dalam mengolah data – data tata letak di atas untuk mencari jarak terpendek dalam pengambilan plat baja. Langkah – langkah tersebut adalah :

1. Memasukkan data variabel

Pada langkah pertama ini data yang dimasukkan adalah data – data variabel yang telah diberikan sebelumnya.

2. Memasukkan data tata letak.

Pada langkah kedua ini data yang dimasukkan adalah jumlah lokasi, jenis plat (dalam kode ditulis varian plat), jumlah tumpukan tiap jenis, dan matriks jarak.

3. Memasukkan data *cluster*

Dalam data *cluster* ini ada dua aktifitas yang dilakukan, yaitu memasukkan data intensitas pengambilan dan membuat matriks kelompok dari data jenis plat.

4. Membuat kromosom awal

Langkah ini dilakukan hanya untuk membuat matriks kromosom untuk kemudian dipakai pada langkah – langkah selanjutnya.

5. Memeriksa solusi awal

Pada langkah yang kelima ini ada dua matriks yang dibuat, yang pertama adalah matriks kromosom trans, sedangkan yang kedua adalah matriks kromosom letak. Matriks kromosom trans pada dasarnya hanyalah sarana bantuan untuk membentuk matriks kromosom letak. Untuk selanjutnya yang dipakai hanya matriks kromosom letak saja.

6. Menghitung solusi awal

Matriks yang dihasilkan adalah jarak dari tiap plat ke titik pusat pengambilan material, serta jarak tempuh total untuk mengambil plat tersebut sebesar dua kali jarak plat ke titik pusat pengambilan.

7. Menentukan orang tua secara acak

Sesuai dengan tahap pengerjaan GA, setelah kromosom sebagai populasi dibuat dan dihitung jarak tempuhnya sebagai *fitness value*, lalu dari populasi itu diambil dua solusi secara acak untuk di-*crossover*.

8. *Crossover*

Crossover yang dilakukan sesuai dengan tahap *crossover* pada bab II, hanya saja pada langkah ini juga mencakup pencarian *fitness value* dari kromosom anak, mencari kromosom anak dengan *fitness value* terbaik, melakukan pencarian lokal, dan mencari *fitness value* dari hasil pencarian lokal tersebut. *Crossover* dilakukan secara berulang terus menerus dengan batasan yang telah dibuat pada data variabel yang telah dimasukkan sebelumnya.

9. Membandingkan *fitness value* dengan *fitness value* populasi

Pada langkah ini *fitness value* hasil pencarian lokal dibandingkan dengan *fitness value* dari keseluruhan populasi. Dari total jumlah populasi ditambah hasil pencarian lokal, akan dicari kromosom dengan jarak tempuh total yang paling besar untuk dibuang. Setelah langkah nomor 9 ini maka akan kembali ke langkah 7. Pengulangan ini akan berlanjut sebanyak nilai variabel iterasi_putar_max.

10. Menampilkan jarak maksimal dan minimal

Ini adalah langkah terakhir dari proses pengolahan data tahap satu. Data yang ditampilkan adalah *fitness value* yang paling baik dan paling buruk,

setelah itu kemudian ditampilkan kromosom letak dari kromosom yang membentuk *fitness value* tersebut. Yang kemudian dikatakan solusi akhir adalah kromosom letak untuk tiap plat yang membentuk *fitness value* yang paling baik atau dengan kata lain tata letak dengan jarak tempuh yang paling kecil.

Kode program untuk pengolahan data tahap pertama ini telah dilampirkan pada Lampiran 7.

4.4.2.3 Hasil Pengolahan Data Tahap Pertama

Setelah menjalankan model untuk pengolahan data tahap pertama, hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut :

- Kromosom letak untuk tiap jenis. Ditampilkan pada tabel 4.7.
- Jarak tempuh yang paling kecil adalah 1040m
- Tata letak plat baja per jenis. Ditampilkan pada gambar 4.4.

Tabel 4.7 Hasil Kromosom Letak Tahap Pertama

No	Jenis Plat	Kromosom Letak	Jumlah Tumpukan
1	SS41	24	20
2	SM490	7	12
3	EH360	14	1
4	HS780	67	6
5	SHT780	54	14
6	Wear Plate	41	13
7	Dummy	72	1
8	Dummy	71	1
9	Dummy	63	1
10	Dummy	62	1
11	Dummy	1	1
12	Dummy	64	1
Total			72

	a	b	c	d	e	f	g	h
1	Dummy	SS41	SS41	WearPlate	WearPlate	SHT780	SHT780	Dummy
2	SM490	SS41	SS41	WearPlate	WearPlate	SHT780	SHT780	Dummy
3	SM490	SS41	SS41	SS41	WearPlate	SHT780	SHT780	HS780
4	SM490	SS41	SS41	SS41	WearPlate	SHT780	SHT780	HS780
5	SM490	EH 360	SS41	SS41	WearPlate	SHT780	SHT780	HS780
6	SM490	SM490	SS41	SS41	WearPlate	SHT780	SHT780	HS780
7	SM490	SM490	SS41	SS41	WearPlate	SHT780	SHT780	HS780
8	SM490	SM490	SS41	SS41	WearPlate	WearPlate	Dummy	HS780
9	SM490	SM490	SS41	SS41	WearPlate	WearPlate	Dummy	Dummy

Gambar 4.4 Tata Letak Hasil Pengolahan Data Tahap Pertama

4.4.3 Pengolahan Data Tahap Kedua

Pada tahap kedua pengolahan data ini solusi yang dicari adalah tata letak untuk setiap varian plat baja. Untuk itu proses pengolahan data tahap kedua ini akan dilakukan sebanyak lima kali; satu kali untuk tiap jenis plat kecuali EH360.

4.4.3.1 Input Data Tata Letak Untuk Tahap Kedua

Jenis plat yang akan dihitung pertama kali adalah SS41. Data – data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Jumlah lokasi = 20
- Varian Plat = 19
- Jumlah tumpukan yang diperlukan ditampilkan pada tabel 4.8
- Matriks jarak antar tumpukan akan dilampirkan pada Lampiran 8.

Jenis plat yang akan dihitung berikutnya adalah SM490. Data – data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Jumlah lokasi = 12
- Varian Plat = 12
- Jumlah tumpukan yang diperlukan ditampilkan pada tabel 4.9.
- Matriks jarak antar tumpukan akan ditampilkan pada tabel 4.10.

Tabel 4.8 Data Tata Letak SS41

No	ID Plat	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Pengambilan Max/bln(unit)	Tumpukan
1	1	SS41	C	1219	2438	135	1
2	2	SS41	4.5	1524	6096	150	1
3	3	SS41	5	1524	6096	20	1
4	4	SS41	6	1524	6096	150	1
5	5	SS41	6	1829	6096	100	1
6	6	SS41	8	1524	6096	150	2
7	7	SS41	8	1829	6096	100	1
8	8	SS41	9	1524	6096	60	1
9	9	SS41	9	1829	6096	0	1
10	10	SS41	10	1524	6096	20	1
11	11	SS41	12	1524	6096	40	1
12	12	SS41	12	1829	6096	0	1
13	13	SS41	16	1524	6096	20	1
14	14	SS41	19	1524	6096	8	1
15	15	SS41	22	1524	6096	8	1
16	16	SS41	25	1524	6096	8	1
17	17	SS41	B	1219	2438	2	1
18	18	SS41	A	1219	2438	1	1
19	19	SS41	40	1524	6096	2	1
Total Tumpukan							20

Tabel 4.9 Data Tata Letak SM490

No	ID Plat	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Pengambilan Max/bln(unit)	Tumpukan
1	20	SM490	6	1524	6096	170	1
2	21	SM490	8	1524	6096	180	2
3	22	SM490	10	1524	6096	44	1
4	23	SM490	12	1524	6096	39	1
5	24	SM490	16	1524	6096	33	1
6	25	SM490	20	1524	6096	36	1
7	26	SM490	25	1524	6096	33	1
8	27	SM490	32	1524	6096	3	1
9	28	SM490	50	1524	6096	1	1
10	29	SM490	60	1524	6096	1	1
11	30	SM490	65	2500	6000	1	1
Total Tumpukan							12

Tabel 4.10 Matriks Jarak SM490

Plat Baja		Centre	P2a	P3a	P4a	P5a	P6a	P7a	P8a	P9a	P9b	P8b	P7b	P6b
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Centre	0	0	42,0	39,0	36,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0	36,5	33,5	30,5	27,5
P2a	1	42,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	29,5	26,5	23,5	20,5
P3a	2	39,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	26,5	23,5	20,5	17,5
P4a	3	36,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	23,5	20,5	17,5	14,5
P5a	4	33,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	20,5	17,5	14,5	11,5
P6a	5	36,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	17,5	14,5	11,5	8,5
P7a	6	39,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	14,5	11,5	8,5	11,5
P8a	7	42,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0	11,5	8,5	11,5	14,5
P9a	8	45,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0	8,5	11,5	14,5	17,5
P9b	9	36,5	29,5	26,5	23,5	20,5	17,5	14,5	11,5	8,5	0	3,0	6,0	9,0
P8b	10	33,5	26,5	23,5	20,5	17,5	14,5	11,5	8,5	11,5	3,0	0	3,0	6,0
P7b	11	30,5	23,5	20,5	17,5	14,5	11,5	8,5	11,5	14,5	6,0	3,0	0	3,0
P6b	12	27,5	20,5	17,5	14,5	11,5	8,5	11,5	14,5	17,5	9,0	6,0	3,0	0

Jenis plat yang akan dihitung berikutnya adalah Wear Plate. Data – data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Jumlah lokasi = 13
- Varian Plat = 8
- Jumlah tumpukan yang diperlukan ditampilkan pada tabel 4.11.
- Matriks jarak antar tumpukan akan ditampilkan pada tabel 4.12.

Tabel 4.11 Data Tata Letak Wear Plate

No	ID Plat	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Pengambilan Max/bln(unit)	Tumpukan
1	52	Wear Plate	6	2500	6000	219	2
2	53	Wear Plate	8	2500	6000	32	1
3	54	Wear Plate	10	2500	6000	111	1
4	55	Wear Plate	12	2500	6000	122	2
5	56	Wear Plate	16	2500	6000	159	3
6	57	Wear Plate	25	2500	6000	12	1
7	58	Wear Plate	20	2500	6000	75	2
8	59	Wear Plate	32	2500	6000	5	1
Total Tumpukan							13

Tabel 4.12 Matriks Jarak Wear Plate

Plat Baja		Centre	P2d	P1d	P1e	P2e	P3e	P4e	P5e	P6e	P7e	P8e	P9e	P9f	P8f
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Centre	0	0	16,5	19,5	19,5	16,5	13,5	10,5	7,5	10,5	13,5	16,5	19,5	28,0	25,0
P2d	1	16,5	0	3,0	18,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	44,5	41,5
P1d	2	19,5	3,0	0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	47,5	44,5
P1e	3	19,5	18,0	15,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	32,5	29,5
P2e	4	16,5	15,0	18,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	29,5	26,5
P3e	5	13,5	18,0	21,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	26,5	23,5
P4e	6	10,5	21,0	24,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	23,5	20,5
P5e	7	7,5	24,0	27,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	20,5	17,5
P6e	8	10,5	27,0	30,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	17,5	14,5
P7e	9	13,5	30,0	33,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	14,5	11,5
P8e	10	16,5	33,0	36,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0	11,5	8,5
P9e	11	19,5	36,0	39,0	24,0	21,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0	8,5	11,5
P9f	12	28,0	44,5	47,5	32,5	29,5	26,5	23,5	20,5	17,5	14,5	11,5	8,5	0	3,0
P8f	13	25,0	41,5	44,5	29,5	26,5	23,5	20,5	17,5	14,5	11,5	8,5	11,5	3,0	0

Jenis plat yang akan dihitung berikutnya adalah Wear Plate. Data – data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Jumlah lokasi = 6
- Varian Plat = 6
- Jumlah tumpukan yang diperlukan ditampilkan pada tabel 4.13.
- Matriks jarak antar tumpukan akan ditampilkan pada tabel 4.14.

Tabel 4.13 Data Tata Letak HS780

No	ID Plat	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Pengambilan Max/bln(pcs)	Tumpukan
1	32	HS780	10	1524	6096	2	1
2	33	HS780	12	1524	6096	4	1
3	34	HS780	16	1524	6096	3	1
4	35	HS780	20	1524	6096	2	1
5	36	HS780	25	1524	6096	4	1
6	37	HS780	32	1524	6096	1	1
Total Tumpukan							6

Tabel 4.14 Matriks Jarak HS780

Plat Baja		Centre	P8h	P7h	P6h	P5h	P4h	P3h
		0	1	2	3	4	5	6
Centre	0	0	42,0	39,0	36,0	33,0	36,0	39,0
P8h	1	42,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0
P7h	2	39,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0
P6h	3	36,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0
P5h	4	33,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0
P4h	5	36,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0
P3h	6	39,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0

Jenis plat yang akan dihitung berikutnya adalah Wear Plate. Data – data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Jumlah lokasi = 14
- Varian Plat = 14
- Jumlah tumpukan yang diperlukan ditampilkan pada tabel 4.15.
- Matriks jarak antar tumpukan akan ditampilkan pada tabel 4.16.

Tabel 4.15 Data Tata Letak SHT 780

No	ID Plat	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Pengambilan Max/bln(pcs)	Tumpukan
1	38	SHT 780	8	2500	8000	33	1
2	39	SHT 780	9	2500	8000	4	1
3	40	SHT 780	10	2500	8000	24	1
4	41	SHT 780	12	2500	8000	60	1
5	42	SHT 780	16	2500	8000	24	1
6	43	SHT 780	20	2500	8000	19	1
7	44	SHT 780	25	2500	8000	9	1
8	45	SHT 780	32	2500	8000	1	1
9	46	SHT 780	40	2500	8000	4	1
10	47	SHT 780	50	2500	8000	3	1
11	48	SHT 780	60	2500	8000	1	1
12	49	SHT 780	80	2500	8000	1	1
13	50	SHT 780	90	2500	8000	4	1
14	51	SHT 780	120	2500	8000	1	1
Total Tumpukan							14

Tabel 4.16 Matriks Jarak SHT780

Plat Baja		Centre	P7f	P6f	P5f	P4f	P3f	P2f	P1f	P1g	P2g	P3g	P4g	P5g	P6g	P7g
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Centre	0	0	22,0	19,0	16,0	19,0	22,0	25,0	28,0	36,5	33,5	30,5	27,5	24,5	27,5	30,5
P7f	1	22,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	26,5	23,5	20,5	17,5	14,5	11,5	8,5
P6f	2	19,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	23,5	20,5	17,5	14,5	11,5	8,5	11,5
P5f	3	16,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	20,5	17,5	14,5	11,5	8,5	11,5	14,5
P4f	4	19,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	17,5	14,5	11,5	8,5	11,5	14,5	17,5
P3f	5	22,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	14,5	11,5	8,5	11,5	14,5	17,5	20,5
P2f	6	25,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0,0	3,0	11,5	8,5	11,5	14,5	17,5	20,5	23,5
P1f	7	28,0	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0	8,5	11,5	14,5	17,5	20,5	23,5	26,5
P1g	8	36,5	26,5	23,5	20,5	17,5	14,5	11,5	8,5	0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0
P2g	9	33,5	23,5	20,5	17,5	14,5	11,5	8,5	11,5	3,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0
P3g	10	30,5	20,5	17,5	14,5	11,5	8,5	11,5	14,5	6,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0	12,0
P4g	11	27,5	17,5	14,5	11,5	8,5	11,5	14,5	17,5	9,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0	9,0
P5g	12	24,5	14,5	11,5	8,5	11,5	14,5	17,5	20,5	12,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0	6,0
P6g	13	27,5	11,5	8,5	11,5	14,5	17,5	20,5	23,5	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0	3,0
P7g	14	30,5	8,5	11,5	14,5	17,5	20,5	23,5	26,5	18,0	15,0	12,0	9,0	6,0	3,0	0

4.4.3.2 Proses Pengolahan Data Tahap Kedua

Kode program untuk pengolahan tahap kedua adalah sama dengan kode program pada pengolahan tahap pertama. Yang membedakannya hanyalah input data tata letak dan input data *cluster*. Model ini memang dibuat untuk dipakai di kedua tahap pengolahan data tanpa perlu mengganti kodenya. Kode program untuk pengolahan tahap kedua ini terlampir pada Lampiran 9 sampai Lampiran 13 secara berurutan sesuai dengan urutan jenis plat yang dihitung.

4.4.3.3 Hasil Pengolahan Data Tahap Kedua

Setelah menjalankan model untuk pengolahan data tahap kedua, hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut :

- Kromosom letak untuk tiap jenis. Ditampilkan pada tabel 4.17.
- Jarak tempuh yang paling kecil adalah 93031m
- Tata letak plat baja per jenis. Ditampilkan pada gambar 4.5.

Tabel 4.17 Hasil Pengolahan Data Tahap Kedua

ID Plat	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Pengambilan Max/bln (unit)	Jumlah Tumpukan	Kromosom Letak	Jarak (m)	Jarak Tempuh (m)
1	SS41	C	1219	2438	135	1	30	13,5	3645
2	SS41	4,5	1524	6096	150	1	32	7,5	2250
3	SS41	5	1524	6096	20	1	28	19,5	780
4	SS41	6	1524	6096	150	1	31	10,5	3150
5	SS41	6	1829	6096	100	1	23	16	3200
6	SS41	8	1524	6096	150	2	33	10,5	3150
7	SS41	8	1829	6096	100	1	29	16,5	3300
8	SS41	9	1524	6096	60	1	22	19	2280
9	SS41	9	1829	6096	0	1	17	33,5	0
10	SS41	10	1524	6096	20	1	21	22	880
11	SS41	12	1524	6096	40	1	24	19	1520
12	SS41	12	1829	6096	0	1	18	36,5	0
13	SS41	16	1524	6096	20	1	25	22	880
14	SS41	19	1524	6096	8	1	20	25	400
15	SS41	22	1524	6096	8	1	26	25	400
16	SS41	25	1524	6096	8	1	15	27,5	440
17	SS41	B	1219	2438	2	1	19	28	112
18	SS41	A	1219	2438	1	1	16	30,5	61
19	SS41	40	1524	6096	2	1	27	28	112
20	SM490	6	1524	6096	170	1	5	33	11220
21	SM490	8	1524	6096	180	2	12	30,5	10980
22	SM490	10	1524	6096	44	1	11	33,5	2948
23	SM490	12	1524	6096	39	1	4	36	2808
24	SM490	16	1524	6096	33	1	10	36,5	2409
25	SM490	20	1524	6096	36	1	6	36	2592
26	SM490	25	1524	6096	33	1	3	39	2574
27	SM490	32	1524	6096	3	1	7	39	234
28	SM490	50	1524	6096	1	1	2	42	84
29	SM490	60	1524	6096	1	1	8	42	84
30	SM490	65	2500	6000	1	1	9	45	90
31	EH360	8	2500	8000	20	1	14	24,5	980
32	HS780	10	1524	6096	2	1	66	39	156
33	HS780	12	1524	6096	4	1	68	33	264
34	HS780	16	1524	6096	3	1	69	36	216
35	HS780	20	1524	6096	2	1	70	39	156
36	HS780	25	1524	6096	4	1	67	36	288
37	HS780	32	1524	6096	1	1	65	42	84
38	SHT 780	8	2500	8000	33	1	49	19	1254
39	SHT 780	9	2500	8000	4	1	53	25	200

Tabel 4.17 Hasil Pengolahan Data Tahap Kedua (Lanjutan)

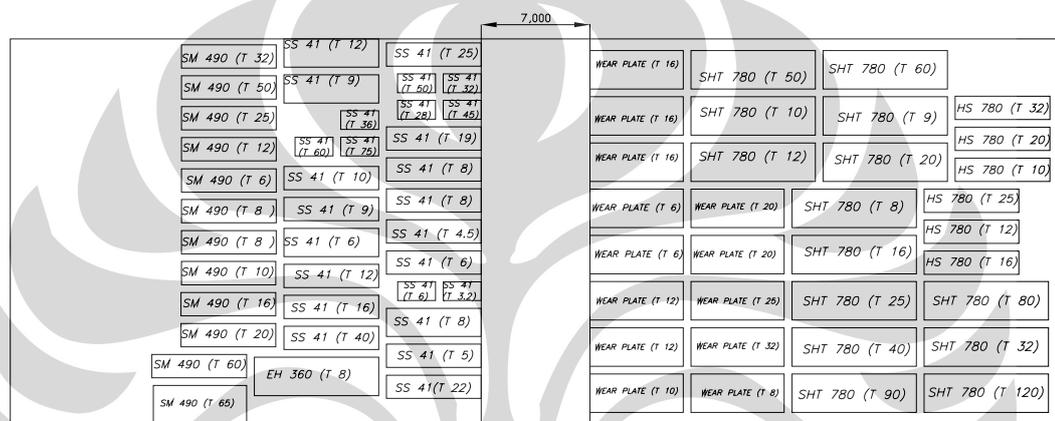
ID Plat	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Pengambilan Max/bln (unit)	Jumlah Tumpukan	Kromosom Letak	Jarak (m)	Jarak Tempuh (m)
40	SHT 780	10	2500	8000	24	1	51	19	912
41	SHT 780	12	2500	8000	60	1	50	16	1920
42	SHT 780	16	2500	8000	24	1	48	22	1056
43	SHT 780	20	2500	8000	19	1	52	22	836
44	SHT 780	25	2500	8000	9	1	59	24,5	441
45	SHT 780	32	2500	8000	1	1	57	30,5	61
46	SHT 780	40	2500	8000	4	1	58	27,5	220
47	SHT 780	50	2500	8000	3	1	54	28	168
48	SHT 780	60	2500	8000	1	1	61	30,5	61
49	SHT 780	80	2500	8000	1	1	56	33,5	67
50	SHT 780	90	2500	8000	4	1	60	27,5	220
51	SHT 780	120	2500	8000	1	1	55	36,5	73
52	Wear Plate	6	2500	6000	219	2	41	7,5	3285
53	Wear Plate	8	2500	6000	32	1	45	19,5	1248
54	Wear Plate	10	2500	6000	111	1	37	19,5	4329
55	Wear Plate	12	2500	6000	122	2	43	13,5	3294
56	Wear Plate	16	2500	6000	159	3	39	13,5	4293
57	Wear Plate	20	2500	6000	75	2	47	25	3750
58	Wear Plate	25	2500	6000	12	1	35	16,5	396
59	Wear Plate	32	2500	6000	5	1	46	28	280
Total Tumpukan						66	Total Jarak Tempuh		93091

	a	b	c	d	e	f	g	h
1	Dummy	ID - 12	ID - 17	ID - 58	ID - 54	ID - 47	ID - 51	Dummy
2	ID - 28	ID - 9	ID - 14	ID - 58	ID - 56	ID - 39	ID - 49	Dummy
3	ID - 26	ID - 18	ID - 10	ID - 6	ID - 56	ID - 43	ID - 45	ID - 35
4	ID - 23	ID - 16	ID - 8	ID - 6	ID - 56	ID - 40	ID - 46	ID - 34
5	ID - 20	ID - 31	ID - 5	ID - 2	ID - 52	ID - 41	ID - 44	ID - 33
6	ID - 25	ID - 21	ID - 11	ID - 4	ID - 52	ID - 38	ID - 50	ID - 36
7	ID - 27	ID - 21	ID - 13	ID - 1	ID - 55	ID - 42	ID - 48	ID - 32
8	ID - 29	ID - 22	ID - 15	ID - 7	ID - 55	ID - 57	Dummy	ID - 37
9	ID - 30	ID - 24	ID - 19	ID - 3	ID - 53	ID - 59	Dummy	Dummy

Gambar 4.5 Tata Letak Hasil Pengolahan Data Tahap Kedua

4.5 Penyesuaian Dengan Kondisi Lapangan

Setelah mendapatkan hasil tata letak plat baja dalam bentuk plot, maka langkah selanjutnya adalah melakukan konversi dari plot ke kondisi yang sebenarnya. Pada plot untuk pengolahan data, ukuran semua plat adalah sama dengan ukuran plat yang paling besar. Maka dari itu jika diadakan penyesuaian kembali ke kondisi yang sebenarnya, luas area yang dibutuhkan untuk peletakan plat baja ini pasti mengecil. Tata letak yang telah disesuaikan ditampilkan pada gambar 4.6, untuk perbesarannya terlampir pada Lampiran 14.



Gambar 4.6 Usulan Tata Letak Plat Baja

Dari usulan tata letak tersebut, kemudian dicari jarak plat ke titik pusat pengambilan, dari jarak tersebut kemudian dicari jarak tempuh pengambilan dan waktu total pengambilan material. Hasil perhitungan waktu tempuh pengambilan ditampilkan pada tabel 4.18.

$$jarak\ tempuh = jarak\ plat \times 2 \times intensitas\ pengambilan \dots\dots\dots (4.3)$$

$$total\ waktu\ tempuh\ pengambilan = \frac{total\ jarak\ tempuh}{kecepatan\ crane} \dots\dots\dots (4.4)$$

Total jarak tempuh pengambilan plat baja adalah 57001.86 m, maka total waktu tempuh pengambilan dengan menggunakan rumus 4.4 adalah:

$$total\ waktu\ tempuh = \frac{78655.9}{0.13}$$

$$total\ waktu\ tempuh = 589920\ detik$$

Tabel 4.18 Total Jarak Tempuh

NO	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Pengambilan Max/bln (unit)	Jarak Ke Pusat	Jarak Tempuh
1	SS41	3,2	1219	2438	150	8,6	2580,00
2	SS41	4,5	1524	6096	150	6,55	1965,00
3	SS41	5	1524	6096	20	14,62	584,80
4	SS41	6	1219	2438	120	11,54	2769,60
5	SS41	6	1524	6096	150	8,56	2568,00
6	SS41	6	1829	6096	100	13,85	2770,00
7	SS41	8	1524	6096	150	8,56	2568,00
8	SS41	8	1829	6096	100	12,45	2490,00
9	SS41	9	1524	6096	60	22,4	2688,00
10	SS41	9	1829	6096	0	14,6	0,00
11	SS41	10	1524	6096	20	16,61	664,40
12	SS41	12	1524	6096	40	16,02	1281,60
13	SS41	12	1829	6096	0	24,73	0,00
14	SS41	16	1524	6096	20	18,04	721,60
15	SS41	19	1524	6096	8	12,59	201,44
16	SS41	22	1524	6096	8	16,63	266,08
17	SS41	25	1524	6096	8	18,04	288,64
18	SS41	28	1219	2438	2	15,56	62,24
19	SS41	32	1219	2438	2	14,34	57,36
20	SS41	36	1219	2438	1	18,55	37,10
21	SS41	40	1524	6096	2	20,05	80,20
22	SS41	45	1219	2438	2	12,62	50,48
23	SS41	50	1219	2438	1	17,28	34,56
24	SS41	60	1219	2438	1	19,76	39,52
25	SS41	75	1219	2438	1	16,83	33,66
26	SM490	6	1524	6096	170	23,06	7840,40
27	SM490	8	1524	6096	180	20,44	7358,40
28	SM490	10	1524	6096	44	22,45	1975,60
29	SM490	12	1524	6096	39	25,08	1956,24
30	SM490	16	1524	6096	33	24,48	1615,68
31	SM490	20	1524	6096	36	26,5	1908,00
32	SM490	25	1524	6096	33	27,09	1787,94
33	SM490	32	1524	6096	3	31,1	186,60
34	SM490	50	1524	6096	1	29,09	58,18
35	SM490	60	1524	6096	1	30,38	60,76
36	SM490	65	2500	6000	1	32,85	65,70
37	EH360	8	2500	8000	20	23,5	940,00
38	HS780	10	1524	6096	2	34,06	136,24

Tabel 4.18 Total Jarak Tempuh (Lanjutan)

NO	Jenis Plat	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Pengambilan Max/bln (unit)	Jarak Ke Pusat	Jarak Tempuh
39	HS780	12	1524	6096	4	28,07	224,56
40	HS780	16	1524	6096	3	30,08	180,48
41	HS780	20	1524	6096	2	36,07	144,28
42	HS780	25	1524	6096	4	30,05	240,40
43	HS780	32	1524	6096	1	38,08	76,16
44	SHT 780	8	2500	8000	33	22	1452,00
45	SHT 780	9	2500	8000	4	30	240,00
46	SHT 780	10	2500	8000	24	21,5	1032,00
47	SHT 780	12	2500	8000	60	18,5	2220,00
48	SHT 780	16	2500	8000	24	22	1056,00
49	SHT 780	20	2500	8000	19	27	1026,00
50	SHT 780	25	2500	8000	9	25	450,00
51	SHT 780	32	2500	8000	1	36,5	73,00
52	SHT 780	40	2500	8000	4	28	224,00
53	SHT 780	50	2500	8000	3	24,5	147,00
54	SHT 780	60	2500	8000	1	33	66,00
55	SHT 780	80	2500	8000	1	33,5	67,00
56	SHT 780	90	2500	8000	4	31	248,00
57	SHT 780	120	2500	8000	1	39,5	79,00
58	Wear Plate	6	2500	6000	219	8	3504,00
59	Wear Plate	8	2500	6000	32	23,5	1504,00
60	Wear Plate	10	2500	6000	111	17	3774,00
61	Wear Plate	12	2500	6000	122	11	2684,00
62	Wear Plate	16	2500	6000	159	14	4452,00
63	Wear Plate	25	2500	6000	12	17,5	420,00
64	Wear Plate	20	2500	6000	75	14,5	2175,00
65	Wear Plate	32	2500	6000	5	20,5	205,00
Total Jarak Tempuh							78655,90

4.6 Analisa

4.6.1 Analisa Penggunaan Metode GA

Kasus yang menjadi objek penelitian kali ini adalah optimasi tata letak material. Untuk tipe kasus seperti ini dapat diselesaikan dengan dua cara; *simplify analytical calculation* dan *detailed simulation studies*. Untuk cara yang kedua yaitu melalui simulasi secara detail, maka waktu yang dibutuhkan tidak cukup

hanya satu atau dua bulan saja. Simulasi yang dibuat secara rinci harus dapat memuat semua faktor yang mempengaruhi hasil dari penelitian. Jika dalam kasus ini maka data lingkungan kerja secara keseluruhan, permintaan material berdasarkan rencana produksi, kondisi baja selama penumpukan, serta sistem pengambilan dan peletakan secara keseluruhan sangat diperlukan. Di lain pihak kasus ini merupakan proyek yang baru akan dijalankan, untuk beberapa waktu ini tidak ada data konkrit untuk mendukung studi simulasi. Sedangkan metode perhitungan matematis secara sederhana dapat terwujud salah satunya dengan algoritma genetik.

Algoritma genetik termasuk ke dalam algoritma metaheuristik yang berdasarkan pada biologi. Algoritma genetik yang digunakan bertujuan untuk mencari solusi yang mendekati terbaik dengan pembentukan solusi awal secara acak, dan penyilangan antar populasi solusi tersebut. Pencarian lokal yang dilakukan pada setiap keturunan yang dihasilkan dengan penyilangan tersebut akan membuat solusi menjadi lebih baik untuk setiap keturunan. Karena keturunan lebih baik dari populasi awal yang terburuk akan masuk ke populasi awal tersebut menggantikan solusi awal yang terburuk. Kriteria lebih baik atau buruk adalah dengan jarak yang ditempuh untuk tiap kelompok pengambilan. Pengecekan jarak tempuh ini disebut dengan *fitness value*. *Fitness value* berbanding terbalik dengan jarak tempuh, semakin kecil jarak tempuh pada sebuah solusi, maka semakin baik *fitness value* dari solusi tersebut.

Untuk menyesuaikan kondisi dengan penggunaan metode GA ini, beberapa asumsi terpaksa digunakan. Dimensi setiap varian plat dalam kasus ini berbeda, hal ini menyebabkan plat dengan ukuran besar tidak akan dapat bertukar posisi dengan plat berukuran kecil karena jarak antar tumpukan plat minimal adalah 50cm. Untuk itu kemudian ukuran plat diasumsikan sama, mengikuti ukuran plat yang terbesar. Selain itu ada beberapa varian plat yang kemudian dikelompokkan menjadi satu karena memiliki ukuran yang terlalu kecil sehingga dua atau lebih tumpukan dari varian tersebut dapat menempati satu ruang untuk satu varian. Pengelompokan dilakukan berdasarkan jumlah intensitas pengambilan agar hasil lebih akurat. Asumsi lain yang digunakan adalah luas area tata letak. Dengan menyamaratakan ukuran plat, maka area yang telah disiapkan menjadi

tidak cukup, untuk itu kemudian area diperlebar dengan pertimbangan saat solusi hasil pengolahan data menggunakan perangkat lunak, maka luas area yang dibutuhkan juga akan semakin kecil.

4.6.2 Analisa Penggunaan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dibutuhkan untuk metode GA ini adalah perangkat lunak pemrograman. Beberapa alternatif perangkat lunak yang dapat digunakan adalah Delphi dengan bahasa pemrograman Pascal, Microsoft Visual Basic dengan bahasa pemrograman Basic, C++Builder dengan bahasa pemrograman C, dan Matlab dengan bahasa pemrograman Matlab dimana setiap bahasa pemrograman memiliki keunggulan tersendiri.

Matlab dipilih karena bahasa Matlab mudah digunakan dan dikhususkan untuk komputasi teknis. Matlab dapat memberikan sistem interaktif yang menggunakan konsep array atau matriks sebagai standar variable elemennya tanpa membutuhkan pendeklarasian array seperti pada bahasa lainnya. Dalam penelitian kali ini untuk mencari kromosom letak, jarak antar tumpukan, serta berbagai elemen lainnya banyak memerlukan matriks, dan itu dapat disanggupi Matlab dengan sangat baik.

4.6.3 Analisa Variabel GA

Dalam proses pengolahan data menggunakan Matlab7 ini ada tujuh variabel yang digunakan. Data variabel untuk setiap tahap adalah sama. Variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Populasi, bernilai 10. Dalam menjalankan model ini, telah dicoba beberapa nilai dari variabel populasi, tetapi hasil yang didapatkan relatif sama, walaupun secara teori semakin besar jumlah populasi, maka semakin baik hasilnya. Yang berbeda adalah waktu *run* model yang semakin lama. Semakin besar nilai variabel populasi yang dipakai, maka semakin lama pula waktu *run* model. Nilai populasi yang lebih kecil pun pernah dicoba,

tetapi jika terlalu kecil maka model tidak dapat berjalan karena minimal dibutuhkan dua populasi untuk menjadi orang tua untuk di-*crossover*.

2. Jumlah *crossover* maksimum, bernilai 5. Nilai yang berbeda juga telah dicoba, tetapi hasilnya juga tetap tidak jauh berbeda. Waktu *run* model berbanding lurus dengan nilai yang dipakai.
3. Iterasi maksimum, bernilai 5. Semakin besar nilai iterasi maksimum yang digunakan maka semakin banyak jumlah *crossover* yang dilakukan, secara teori hasil yang diperoleh akan semakin akurat, tetapi ternyata hasilnya hanya sedikit berbeda dengan nilai iterasi maksimum 5 dengan penambahan waktu *run* yang signifikan.
4. Iterasi non produktif maksimum, bernilai 5. Perubahan nilai pada variabel ini tidak signifikan berpengaruh baik kepada hasil maupun waktu *run*. Penggunaan nilai 5 hanya menyamakan dengan variabel iterasi lainnya.
5. Iterasi pencarian lokal produktif maksimum, bernilai 5. Tidak berbeda dengan variabel – variabel sebelumnya, penambahan nilai pada variabel ini akan menambah waktu *run* model tanpa banyak mengubah hasil yang diperoleh.
6. Iterasi pencarian lokal maksimum, bernilai 5. Variabel ini hanya akan sedikit mempengaruhi waktu *run* dan hasil, karena iterasi ini hanya akan mengubah jumlah tahap pencarian lokal yang digunakan.
7. Iterasi putar maksimum, bernilai 20. Besarnya nilai dari variabel ini cukup mempengaruhi hasil dan waktu *run*. Semakin besar jumlah iterasi putar, maka semakin sering terjadi pengulangan terhadap iterasi iterasi lain. Maka dari itu nilai variabel ini yang paling besar. Nilai yang lebih besar pernah dicoba, tetapi waktu *run* menjadi sangat lama sehingga menghabiskan waktu yang terlalu banyak.

4.6.4 Analisa Hasil

Yang dicari dari proses pengolahan data ini adalah total jarak tempuh pengambilan plat baja yang berujung pada waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tersebut.

Setelah menjalankan metode GA menggunakan Matlab7 maka total jarak tempuh yang didapatkan adalah 93091 m. Tetapi perlu diingat bahwa hasil ini belum hasil akhir mengingat akan ada penyesuaian kembali dengan kondisi yang sebenarnya. Setelah mengalami penyesuaian kembali, total jarak tempuh yang diperoleh adalah 78655.9 m. Ternyata total jarak tempuh setelah disesuaikan lebih kecil daripada total jarak tempuh saat masih menggunakan plot. Hal ini sangat wajar terjadi mengingat dalam penyesuaian dengan kondisi yang sebenarnya tata letak mengalami pemadatan sehingga tumpukan – tumpukan plat menjadi lebih rapat satu sama lain dan dengan titik pusat pengambilan.

Setelah mendapatkan total jarak tempuh yang sebenarnya, kemudian langkah terakhir adalah membaginya dengan kecepatan *crane* sehingga dapat memperoleh total waktu tempuh pengambilan plat baja. *Crane* yang akan dipakai dapat menempuh jarak 8 m dalam 1 menit, jika dibulatkan menjadi 0.13 m/s. Hasil yang diperoleh adalah 589919 detik.

Hasil optimasi ini tidak dapat dibandingkan secara langsung dengan kondisi sekarang. Sistem pengambilan dan peletakan plat baja yang ada di PT UTPE saat ini sangat susah diukur waktunya karena lokasi plat yang berpindah – pindah sehingga membuat jarak tempuh menjadi berubah. Meskipun demikian performa sistem dan tata letak yang baru ini dipastikan lebih baik dilihat dari segi luas area yang dibutuhkan semakin kecil, lingkungan kerja yang semakin teratur, sistem peletakan dan pengambilan yang lebih teratur, serta karena semua plat berada dalam satu area yang berdekatan maka jarak tempuh pengambilan plat baja juga akan menjadi kecil. Untuk itu tujuan utama penelitian ini bukanlah memperbaiki sistem, melainkan mengoptimalkan solusi yang dibuat oleh perusahaan berupa fasilitas dan lokasi yang telah disediakan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan tujuan dari penataan letak plat baja dengan metode *Genetic Algorithm* (GA) ini dengan bantuan perangkat lunak Matlab7, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut.

1. Proses peletakan dan pengambilan material dilakukan dengan menggunakan sarana *crane* dan kereta barang. Plat dipasok ke divisi persiapan bahan dengan jumlah sesuai dengan rencana produksi divisi persiapan bahan PT UTPE. *Crane* di gudang akan mengambil plat sesuai jumlah yang diminta dan meletakkannya di atas kereta barang, kemudian kereta tersebut akan mengantarkannya ke divisi persiapan bahan. Plat yang dibawa kemudian diturunkan dengan menggunakan *crane* yang berada di divisi persiapan bahan. Kereta barang yang kosong kemudian akan kembali ke gudang untuk diisi kembali sesuai permintaan yang baru.
2. Total jarak tempuh pengambilan plat baja hasil pengolahan data adalah 6424 m, sedangkan setelah mengalami penyesuaian sebesar 57001.86. Angka ini menunjukkan bahwa tata letak yang padat tanpa memperdulikan ukuran plat, yang hanya menjaga jarak 0.5 m dengan plat lain lebih baik daripada tata letak yang berbaris dengan rapi dengan ruang peletakan yang sama besar untuk setiap plat mengikuti ukuran plat yang paling besar.
3. Dalam usulan tata letak plat baja yang baru terdapat banyak ruang kosong yang tersisa. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk menggunakan area tersebut untuk kepentingan atau divisi yang baru, atau perusahaan juga dapat mempergunakan area tersebut untukantisipasi apabila produksi ditingkatkan dan membutuhkan area peletakan plat baja yang lebih besar.
4. Solusi yang diperoleh melalui penelitian ini adalah solusi yang mendekati optimal. Bagaimanapun juga mendekati bukan berarti yang paling optimal. Fungsi *random* dalam kode program menyebabkan hasil yang diperoleh menjadi tidak tetap, tetapi dengan proses iterasi yang banyak maka diharapkan solusi yang diperoleh akan semakin mendekati optimal.

5. Penerapan penelitian ini tidak dapat langsung dilakukan mengingat bahwa penelitian ini adalah bagian dari proyek integrasi pabrik yang menurut rencana baru akan berjalan akhir tahun 2008.



DAFTAR REFERENSI

- Abdia Away, Gunaidi, 2006, *The Shortcut of Matrix Laboratory Matlab*, Informatika, Bandung.
- Ballou, Ronald H., 1999, *Business Logistics Management*, Prentice-Hall International, 4th Edition, New Jersey.
- Dekker Rommert, Voogd Patrick, Eelco van Asperen, 2006, *Advanced Method for Container Stacking*.
- Gunasekaran, A, H.B. Marri, dan F. Menci, 1999m “Improving the Effectiveness of Warehousing Operations: a Case Study”, *Industrial and Management Data System*, MCB University Press.
- Hicks, Christian, 2002, “A Genetic Algorithm Tool for Designing Manufacturing Facilities in The Capital Goods Industry”, Faculty of Engineering, Newcastle University, United Kingdom.
- Kim C.W., Lee J.S, 2005, *Optimal Design of Laminated Composite Plates for Maximum Buckling Load Using Genetic Algorithm*.
- Lee, Kyu-Yeul, Myung-II Roh, Hyuk-Su Jeong, 2005, “An Improved Genetic Algorithm for Multi-Floor Facility Layout Problems Havin Inner Structure Walls and Passages”, *Computers and Operations Research*, South Korea.
- Mulcahy, David E., 1994 *Warehouse Distribution and Operations Handbook*, McGraw-Hill International Editions, Michigan.
- Prins, Christian, 2004, “A Simple and Effective Evolutionary Algorithm for The Vehicle Routing Problem”, *Computers and Operations Research*, France.

Tomkins, James A., John A. White, Yavuz A. Bozer, J. M. A. Tanchoco, 2003, Facilities Planning, John Wiley and Sons, inc., 3rd Edition, USA.

Weir, Stanley M., 1986, Order Selection (New York: American Management Association, 1968), 4-5.

Zhang, Guoqing, 2001 “Tabu Search Approaches For Multiple-Level Warehouse Layout Problem With Adjacency Constraints,” Adv01-Report, Department of Computing and Software McMaster University, Hamilton, Canada.

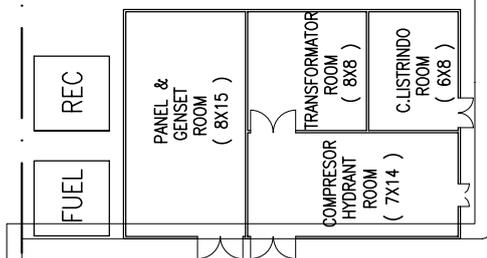
Pai P.-F., Deng S., Lai C.-C, and Wu P.-S, 2006, Genetic Algorithm In Simulating Optimal Stacking Sequence of A Composite Laminate Plate With Constant Thickness.

<http://www.answers.com/algorithm&r=67>

www.mathworks.com

GARIS SEMPADAN BANGUNAN (GSB rear building) = 8 meter

GA



108.00

YARD 7

TAMBAHAN JALAN BETON

TAMBAHAN JALAN BETON

YARD 8

YARD 6

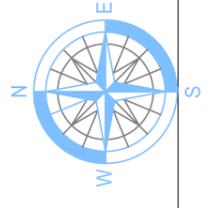
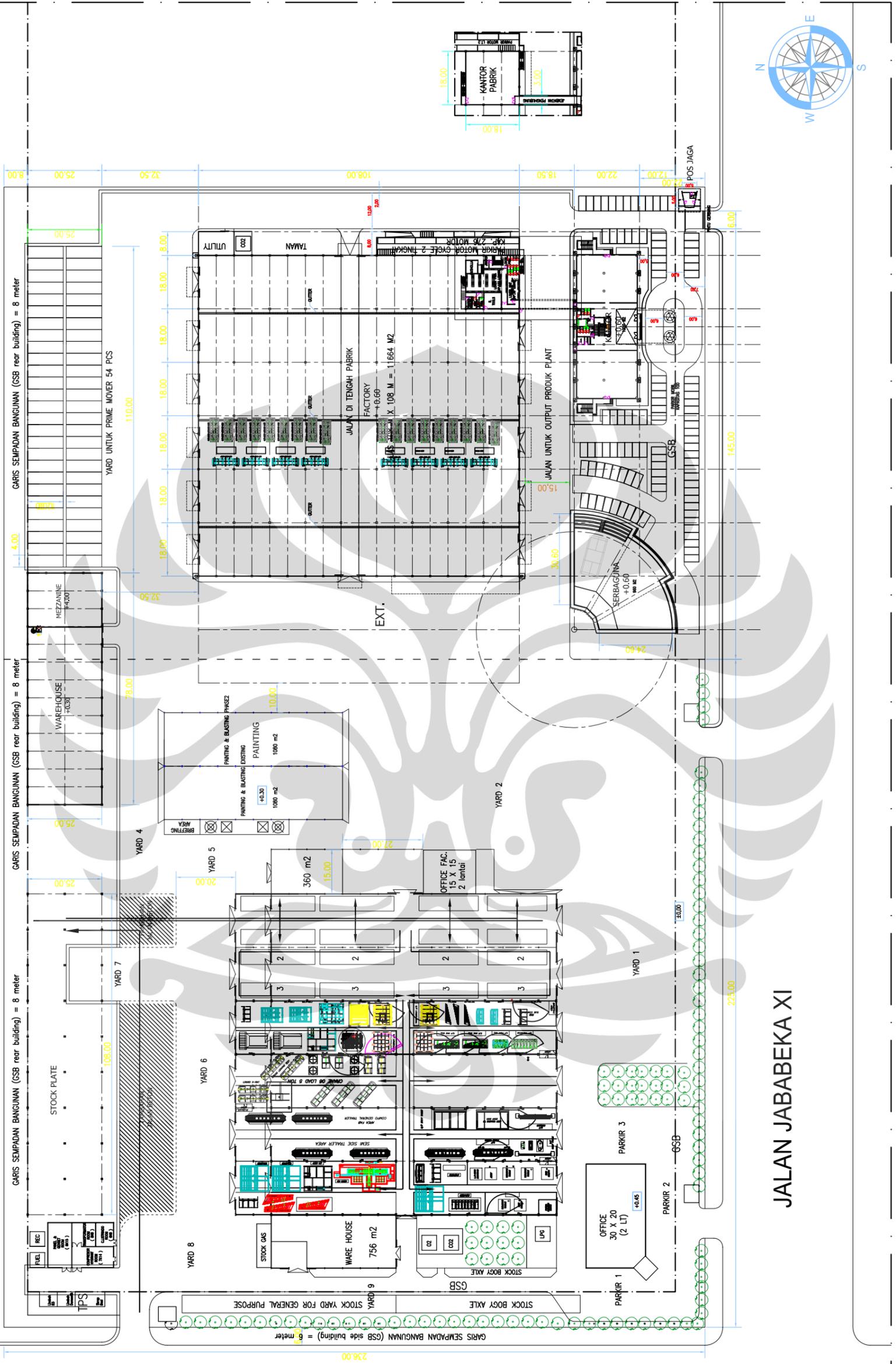
20.00

YAR

25.00

Kebutuhan SS400 included Subcont				JAN		FEB		MAR		APR		MAY		JUN		JULY		AUG		SEP		OCT		NOV		DES		TOTAL			
NO	Spec	T	W	L	Weight/Pc (Kg)	CAK	Weight Total (Kg)																								
MATERIAL SS400 :																															
1	SS41	3.2	1,219	2438	75	150	11,198	150	11,198	150	11,198	150	11,198	150	11,198	150	11,198	150	11,198	150	11,198	150	11,198	150	11,198	150	11,198	150	11,198	1,800	134,378
2	SS41	4.5	1,524	6096	328	150	49,227	150	49,227	150	49,227	150	49,227	150	49,227	150	49,227	150	49,227	150	49,227	150	49,227	150	49,227	150	49,227	150	49,227	1,800	590,724
3	SS41	5	1,524	6096	365	20	7,293	20	7,293	20	7,293	20	7,293	20	7,293	20	7,293	20	7,293	20	7,293	20	7,293	20	7,293	20	7,293	20	7,293	240	87,515
4	SS41	6	1,219	2438	140	120	16,797	120	16,797	120	16,797	120	16,797	120	16,797	120	16,797	120	16,797	120	16,797	120	16,797	120	16,797	120	16,797	120	16,797	1,440	201,568
5	SS41	6	1,524	6096	438	150	65,636	150	65,636	150	65,636	150	65,636	150	65,636	150	65,636	150	65,636	150	65,636	150	65,636	150	65,636	150	65,636	150	65,636	1,800	787,632
6	SS41	6	1,829	6096	525	100	52,515	100	52,515	100	52,515	100	52,515	100	52,515	100	52,515	100	52,515	100	52,515	100	52,515	100	52,515	100	52,515	100	52,515	1,200	630,174
7	SS41	8	1,524	6096	583	150	87,515	150	87,515	150	87,515	150	87,515	150	87,515	150	87,515	150	87,515	150	87,515	150	87,515	150	87,515	150	87,515	150	87,515	1,800	1,050,176
8	SS41	8	1,829	6096	700	100	70,019	100	70,019	100	70,019	100	70,019	100	70,019	100	70,019	100	70,019	100	70,019	100	70,019	100	70,019	100	70,019	100	70,019	1,200	840,233
9	SS41	9	1,524	6096	656	60	39,382	60	39,382	60	39,382	60	39,382	60	39,382	60	39,382	60	39,382	60	39,382	60	39,382	60	39,382	60	39,382	60	39,382	720	472,579
10	SS41	9	1,829	6096	788	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	SS41	10	1,524	6096	729	20	14,586	20	14,586	20	14,586	20	14,586	20	14,586	20	14,586	20	14,586	20	14,586	20	14,586	20	14,586	20	14,586	20	14,586	240	175,029
12	SS41	12	1,524	6096	875	40	35,006	40	35,006	40	35,006	40	35,006	40	35,006	40	35,006	40	35,006	40	35,006	40	35,006	40	35,006	40	35,006	40	35,006	480	420,070
13	SS41	12	1,829	6096	1,050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14	SS41	16	1,524	6096	1,167	20	23,337	20	23,337	20	23,337	20	23,337	20	23,337	20	23,337	20	23,337	20	23,337	20	23,337	20	23,337	20	23,337	20	23,337	240	280,047
15	SS41	19	1,524	6096	1,386	8	11,085	8	11,085	8	11,085	8	11,085	8	11,085	8	11,085	8	11,085	8	11,085	8	11,085	8	11,085	8	11,085	8	11,085	96	133,022
16	SS41	22	1,524	6096	1,604	8	12,835	8	12,835	8	12,835	8	12,835	8	12,835	8	12,835	8	12,835	8	12,835	8	12,835	8	12,835	8	12,835	8	12,835	96	154,026
17	SS41	25	1,524	6096	1,823	8	14,586	8	14,586	8	14,586	8	14,586	8	14,586	8	14,586	8	14,586	8	14,586	8	14,586	8	14,586	8	14,586	8	14,586	96	175,029
18	SS41	28	1,219	2438	653	2	1,306	2	1,306	2	1,306	2	1,306	2	1,306	2	1,306	2	1,306	2	1,306	2	1,306	2	1,306	2	1,306	2	1,306	24	15,677
19	SS41	32	1,219	2438	747	2	1,493	2	1,493	2	1,493	2	1,493	2	1,493	2	1,493	2	1,493	2	1,493	2	1,493	2	1,493	2	1,493	2	1,493	24	17,917
16	SS41	36	1,219	2438	840	1	840	1	840	1	840	1	840	1	840	1	840	1	840	1	840	1	840	1	840	1	840	1	840	12	10,078
16	SS41	40	1,524	6096	2,917	2	5,834	2	5,834	2	5,834	2	5,834	2	5,834	2	5,834	2	5,834	2	5,834	2	5,834	2	5,834	2	5,834	2	5,834	24	70,012
16	SS41	45	1,219	2438	1,050	2	2,100	2	2,100	2	2,100	2	2,100	2	2,100	2	2,100	2	2,100	2	2,100	2	2,100	2	2,100	2	2,100	2	2,100	24	25,196
16	SS41	50	1,219	2438	1,166	1	1,166	1	1,166	1	1,166	1	1,166	1	1,166	1	1,166	1	1,166	1	1,166	1	1,166	1	1,166	1	1,166	1	1,166	12	13,998
16	SS41	60	1,219	2438	1,400	1	1,400	1	1,400	1	1,400	1	1,400	1	1,400	1	1,400	1	1,400	1	1,400	1	1,400	1	1,400	1	1,400	1	1,400	12	16,797
16	SS41	75	1,219	2438	1,750	1	1,750	1	1,750	1	1,750	1	1,750	1	1,750	1	1,750	1	1,750	1	1,750	1	1,750	1	1,750	1	1,750	1	1,750	12	20,997
Sub Total :						1,116	526,906	1,116	526,906	1,116	526,906	1,116	526,906	1,116	526,906	1,116	526,906	1,116	526,906	1,116	526,906	1,116	526,906	1,116	526,906	1,116	526,906	1,116	526,906	13,392	6,322,875
MATERIAL SM490YA :																															
17	SM490	6	1,524	6096	438	80	35,006	80	35,006	80	35,006	80	35,006	80	35,006	80	35,006	80	35,006	80	35,006	80	35,006	80	35,006	80	35,006	80	35,006	960	420,070
18	SM490	8	1,524	6096	583	30	17,503	30	17,503	30	17,503	30	17,503	30	17,503	30	17,503	30	17,503	30	17,503	30	17,503	30	17,503	30	17,503	30	17,503	360	210,035
19	SM490	12	1,524	6096	875	5	4,376	5	4,376	5	4,376	5	4,376	5	4,376	5	4,376	5	4,376	5	4,376	5	4,376	5	4,376	5	4,376	5	4,376	60	52,509
20	SM490	16	1,524	6096	1,167	2	2,334	2	2,334	2	2,334	2	2,334	2	2,334	2	2,334	2	2,334	2	2,334	2	2,334	2	2,334	2	2,334	2	2,334	24	28,005
21	SM490	20	1,524	6096	1,459	3	4,376	3	4,376	3	4,376	3	4,376	3	4,376	3	4,376	3	4,376	3	4,376	3	4,376	3	4,376	3	4,376	3	4,376	36	52,509
22	SM490	25	1,524	6096	1,823	4	7,293	4	7,293	4	7,293	4	7,293	4	7,293	4	7,293	4	7,293	4	7,293	4	7,293	4	7,293	4	7,293	4	7,293	48	87,515
23	SM490	32	1,524	6096	2,334	1	2,334	1	2,334	1	2,334	1	2,334	1	2,334	1	2,334	1	2,334	1	2,334	1	2,334	1	2,334	1	2,334	1	2,334	12	28,005
24	SM490	50	1,524	6096	3,646	1	3,646	1	3,646	1	3,646	1	3,646	1	3,646	1	3,646	1	3,646	1	3,646	1	3,646	1	3,646	1	3,646	1	3,646	12	43,757
25	SM490	60	1,524	6096	4,376	1	4,376	1	4,376	1	4,376	1	4,376	1	4,376	1	4,376	1	4,376	1	4,376	1	4,376	1	4,376	1	4,376	1	4,376	12	52,509
Sub Total :						127	81,243	127	81,243	127	81,243	127	81,243	127	81,243	127	81,243	127	81,243	127	81,243	127	81,243	127	81,243	127	81,243	127	81,243	1,524	974,913
MATERIAL EH360/HS780 :																															
26	EH360	8	2,500	8000	1,256	20	25,120	20	25,120	20	25,120	20	25,120	20	25,120	20	25,120	20	25,120	20	25,120	20	25,120	20	25,120	20	25,120	20	25,120	240	301,440
27	HS780	10	1,524	6096	729	2	1,459	2	1,459	2	1,459	2	1,459	2	1,459	2	1,459	2	1,459	2	1,459	2	1,459	2	1,459	2	1,459	2	1,459	24	17,503
28	HS780	12	1																												

Kebutuhan S5400 Included Subcom						JAN		FEB		MAR		APR		MAY		JUN		JULY		AUG		SEP		OCT		NOV		DES		TOTAL		
NO	Spec	T	W	L	Weight/PC (Kg)	CK	Weight Total (Kg)	CK	Weight Total (Kg)	CK	Weight Total (Kg)	CK	Weight Total (Kg)	CK	Weight Total (Kg)	CK	Weight Total (Kg)	CK	Weight Total (Kg)	CK	Weight Total (Kg)	CK	Weight Total (Kg)	CK	Weight Total (Kg)	CK	Weight Total (Kg)	CK	Weight Total (Kg)			
1	SMHRD	6	1.524	7500	538	90	48.452	79	42.530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	169	90.982	
2	SMHRD	8	2.438	6096	933	127	118.534	150	140.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	277	298.534	
4	SMHRD	10	1.524	6096	729	44	32.089	36	26.254	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	58.343	
5	SMHRD	12	1.524	6096	875	34	29.755	33	26.880	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	56.635	
6	SMHRD	16	2.000	6096	1.531	31	47.471	29	44.608	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	91.879	
7	SMHRD	20	2.500	8000	3.140	34	106.760	34	106.760	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	213.520	
8	SMHRD	25	2.500	8000	3.925	29	113.825	29	113.825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	227.650	
9	SMHRD	32	2.500	8000	5.024	2	10.048	2	10.048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	20.096	
10	SMHRD	66	2.500	6000	7.654	1	7.654	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	7.654	
	Sub Total						392	514.581	392	512.706	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	784	1.027.287		
MATERIAL SHT 780																																
11	SHT 780	8	2.500	8000	1.256	27	33.912	33	41.488	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	75.360	
12	SHT 780	9	2.500	8000	1.413	4	5.652	4	5.652	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	11.304	
13	SHT 780	10	2.500	8000	1.570	24	37.680	22	34.540	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46	72.220
14	SHT 780	12	2.500	8000	1.884	60	113.040	57	107.388	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	117	220.428
15	SHT 780	16	2.500	8000	2.512	26	60.288	19	47.728	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	108.016
16	SHT 780	20	2.500	8000	3.140	19	59.660	19	59.660	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	119.320
17	SHT 780	25	2.500	8000	3.925	9	35.325	9	35.325	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	70.650
18	SHT 780	32	2.500	8000	5.024	-	-	1	5.024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5.024
19	SHT 780	40	2.500	8000	6.280	2	12.560	4	25.120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	SHT 780	50	2.500	8000	7.850	3	23.550	2	15.700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	SHT 780	60	2.500	8000	9.420	1	9.420	1	9.420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	SHT 780	80	2.500	8000	12.560	1	12.560	1	12.560	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	SHT 780	90	2.500	8000	14.130	4	56.520	3	42.390	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	SHT 780	120	2.500	8000	18.840	-	-	1	18.840	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sub Total						176	460.167	176	460.795	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	354	920.962	
MATERIAL WEAR PLATE :																																
24	WEAR PLATE	6	2.500	6000	707	219	154.724	176	124.844	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	395	279.568	
25	WEAR PLATE	8	2.500	6000	942	25	26.270	32	30.144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	56.530	
26	WEAR PLATE	10	2.500	6000	1.178	111	130.218	100	122.638	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	216	254.340
27	WEAR PLATE	12	2.500	6000	1.413	122	172.386	122	172.386	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	244	344.772
28	WEAR PLATE	16	2.500	6000	1.884	159	299.556	141	265.644	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	565.200
29	WEAR PLATE	25	2.500	6000	2.944	12	35.328	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	35.328
30	WEAR PLATE	20	2.500	6000	2.350	75	176.625	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	176.625
31	WEAR PLATE	32	2.500	6000	3.768	5	18.840	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	18.840
	Sub Total						512	899.811	600	591.812	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	912	1.451.622	
	TOTAL						1.082	1.834.564	948	1.565.312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.000	3.399.876	



SITE PLAN (Ait. B)
UTE

JALAN JABABEKA XI

Plat Baja	Centre		P1a	P2a	P3a	P4a	P5a	P6a	P7a	P8a	P9a	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	P41	P42	P43	P44	P45	P46	P47	P48	P49	P50	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57	P58	P59	P60	P61	P62	P63	P64	P65	P66	P67	P68	P69	P70	P71	P72																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Centre	0	0	45.0	42.0	39.0	36.0	33.0	36.0	39.0	42.0	45.0	36.5	33.5	30.5	27.5	24.5	27.5	30.5	33.5	36.5	28.0	25.0	22.0	19.0	16.0	19.0	22.0	25.0	28.0	19.5	16.5	13.5	10.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	19.5	16.5	13.5	10.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	20.0	19.0	16.0	13.0	10.0	7.0	4.0	1.0	1.0	4.0	7.0	10.0	13.0	16.0	19.0	22.0	25.0	28.0	31.0	34.0	37.0	40.0	43.0	46.0	49.0	52.0	55.0	58.0	61.0	64.0	67.0	70.0	73.0	76.0	79.0	82.0	85.0	88.0	91.0	94.0	97.0	100.0	103.0	106.0	109.0	112.0	115.0	118.0	121.0	124.0	127.0	130.0	133.0	136.0	139.0	142.0	145.0	148.0	151.0	154.0	157.0	160.0	163.0	166.0	169.0	172.0	175.0	178.0	181.0	184.0	187.0	190.0	193.0	196.0	199.0	202.0	205.0	208.0	211.0	214.0	217.0	220.0	223.0	226.0	229.0	232.0	235.0	238.0	241.0	244.0	247.0	250.0	253.0	256.0	259.0	262.0	265.0	268.0	271.0	274.0	277.0	280.0	283.0	286.0	289.0	292.0	295.0	298.0	301.0	304.0	307.0	310.0	313.0	316.0	319.0	322.0	325.0	328.0	331.0	334.0	337.0	340.0	343.0	346.0	349.0	352.0	355.0	358.0	361.0	364.0	367.0	370.0	373.0	376.0	379.0	382.0	385.0	388.0	391.0	394.0	397.0	400.0	403.0	406.0	409.0	412.0	415.0	418.0	421.0	424.0	427.0	430.0	433.0	436.0	439.0	442.0	445.0	448.0	451.0	454.0	457.0	460.0	463.0	466.0	469.0	472.0	475.0	478.0	481.0	484.0	487.0	490.0	493.0	496.0	499.0	502.0	505.0	508.0	511.0	514.0	517.0	520.0	523.0	526.0	529.0	532.0	535.0	538.0	541.0	544.0	547.0	550.0	553.0	556.0	559.0	562.0	565.0	568.0	571.0	574.0	577.0	580.0	583.0	586.0	589.0	592.0	595.0	598.0	601.0	604.0	607.0	610.0	613.0	616.0	619.0	622.0	625.0	628.0	631.0	634.0	637.0	640.0	643.0	646.0	649.0	652.0	655.0	658.0	661.0	664.0	667.0	670.0	673.0	676.0	679.0	682.0	685.0	688.0	691.0	694.0	697.0	700.0	703.0	706.0	709.0	712.0	715.0	718.0	721.0	724.0	727.0	730.0	733.0	736.0	739.0	742.0	745.0	748.0	751.0	754.0	757.0	760.0	763.0	766.0	769.0	772.0	775.0	778.0	781.0	784.0	787.0	790.0	793.0	796.0	799.0	802.0	805.0	808.0	811.0	814.0	817.0	820.0	823.0	826.0	829.0	832.0	835.0	838.0	841.0	844.0	847.0	850.0	853.0	856.0	859.0	862.0	865.0	868.0	871.0	874.0	877.0	880.0	883.0	886.0	889.0	892.0	895.0	898.0	901.0	904.0	907.0	910.0	913.0	916.0	919.0	922.0	925.0	928.0	931.0	934.0	937.0	940.0	943.0	946.0	949.0	952.0	955.0	958.0	961.0	964.0	967.0	970.0	973.0	976.0	979.0	982.0	985.0	988.0	991.0	994.0	997.0	1000.0	1003.0	1006.0	1009.0	1012.0	1015.0	1018.0	1021.0	1024.0	1027.0	1030.0	1033.0	1036.0	1039.0	1042.0	1045.0	1048.0	1051.0	1054.0	1057.0	1060.0	1063.0	1066.0	1069.0	1072.0	1075.0	1078.0	1081.0	1084.0	1087.0	1090.0	1093.0	1096.0	1099.0	1102.0	1105.0	1108.0	1111.0	1114.0	1117.0	1120.0	1123.0	1126.0	1129.0	1132.0	1135.0	1138.0	1141.0	1144.0	1147.0	1150.0	1153.0	1156.0	1159.0	1162.0	1165.0	1168.0	1171.0	1174.0	1177.0	1180.0	1183.0	1186.0	1189.0	1192.0	1195.0	1198.0	1201.0	1204.0	1207.0	1210.0	1213.0	1216.0	1219.0	1222.0	1225.0	1228.0	1231.0	1234.0	1237.0	1240.0	1243.0	1246.0	1249.0	1252.0	1255.0	1258.0	1261.0	1264.0	1267.0	1270.0	1273.0	1276.0	1279.0	1282.0	1285.0	1288.0	1291.0	1294.0	1297.0	1300.0	1303.0	1306.0	1309.0	1312.0	1315.0	1318.0	1321.0	1324.0	1327.0	1330.0	1333.0	1336.0	1339.0	1342.0	1345.0	1348.0	1351.0	1354.0	1357.0	1360.0	1363.0	1366.0	1369.0	1372.0	1375.0	1378.0	1381.0	1384.0	1387.0	1390.0	1393.0	1396.0	1399.0	1402.0	1405.0	1408.0	1411.0	1414.0	1417.0	1420.0	1423.0	1426.0	1429.0	1432.0	1435.0	1438.0	1441.0	1444.0	1447.0	1450.0	1453.0	1456.0	1459.0	1462.0	1465.0	1468.0	1471.0	1474.0	1477.0	1480.0	1483.0	1486.0	1489.0	1492.0	1495.0	1498.0	1501.0	1504.0	1507.0	1510.0	1513.0	1516.0	1519.0	1522.0	1525.0	1528.0	1531.0	1534.0	1537.0	1540.0	1543.0	1546.0	1549.0	1552.0	1555.0	1558.0	1561.0	1564.0	1567.0	1570.0	1573.0	1576.0	1579.0	1582.0	1585.0	1588.0	1591.0	1594.0	1597.0	1600.0	1603.0	1606.0	1609.0	1612.0	1615.0	1618.0	1621.0	1624.0	1627.0	1630.0	1633.0	1636.0	1639.0	1642.0	1645.0	1648.0	1651.0	1654.0	1657.0	1660.0	1663.0	1666.0	1669.0	1672.0	1675.0	1678.0	1681.0	1684.0	1687.0	1690.0	1693.0	1696.0	1699.0	1702.0	1705.0	1708.0	1711.0	1714.0	1717.0	1720.0	1723.0	1726.0	1729.0	1732.0	1735.0	1738.0	1741.0	1744.0	1747.0	1750.0	1753.0	1756.0	1759.0	1762.0	1765.0	1768.0	1771.0	1774.0	1777.0	1780.0	1783.0	1786.0	1789.0	1792.0	1795.0	1798.0	1801.0	1804.0	1807.0	1810.0	1813.0	1816.0	1819.0	1822.0	1825.0	1828.0	1831.0	1834.0	1837.0	1840.0	1843.0	1846.0	1849.0	1852.0	1855.0	1858.0	1861.0	1864.0	1867.0	1870.0	1873.0	1876.0	1879.0	1882.0	1885.0	1888.0	1891.0	1894.0	1897.0	1900.0	1903.0	1906.0	1909.0	1912.0	1915.0	1918.0	1921.0	1924.0	1927.0	1930.0	1933.0	1936.0	1939.0	1942.0	1945.0	1948.0	1951.0	1954.0	1957.0	1960.0	1963.0	1966.0	1969.0	1972.0	1975.0	1978.0	1981.0	1984.0	1987.0	1990.0	1993.0	1996.0	1999.0	2002.0	2005.0	2008.0	2011.0	2014.0	2017.0	2020.0	2023.0	2026.0	2029.0	2032.0	2035.0	2038.0	2041.0	2044.0	2047.0	2050.0	2053.0	2056.0	2059.0	2062.0	2065.0	2068.0	2071.0	2074.0	2077.0	2080.0	2083.0	2086.0	2089.0	2092.0	2095.0	2098.0	2101.0	2104.0	2107.0	2110.0	2113.0	2116.0	2119.0	2122.0	2125.0	2128.0	2131.0	2134.0	2137.0	2140.0	2143.0	2146.0	2149.0	2152.0	2155.0	2158.0	2161.0	2164.0	2167.0	2170.0	2173.0	2176.0	2179.0	2182.0	2185.0	2188.0	2191.0	2194.0	2197.0	2200.0	2203.0	2206.0	2209.0	2212.0	2215.0	2218.0	2221.0	2224.0	2227.0	2230.0	2233.0	2236.0	2239.0	2242.0	2245.0	2248.0	2251.0	2254.0	2257.0	2260.0	2263.0	2266.0	2269.0	2272.0	2275.0	2278.0	2281.0	2284.0	2287.0	2290.0	2293.0	2296.0	2299.0	2302.0	2305.0	2308.0	2311.0	2314.0	2317.0	2320.0	2323.0	2326.0	2329.0	2332.0	2335.0	2338.0	2341.0	2344.0	2347.0	2350.0	2353.0	2356.0	2359.0	2362.0	2365.0	2368.0	2371.0	2374.0	2377.0	2380.0	2383.0	2386.0	2389.0	2392.0	2395.0	2398.0	2401.0	2404.0	2407.0	2410.0	2413.0	2416.0	2419.0	2422.0	2425.0	2428.0	2431.0	2434.0	2437.0	2440.0	2443.0	2446.0	2449.0	2452.0	2455.0	2458.0	2461.0	2464.0	2467.0	2470.0	2473.0	2476.0	2479.0	2482.0	2485.0	2488.0	2491.0	2494.0	2497.0	2500.0	2503.0	2506.0	2509.0	2512.0	2515.0	2518.0	2521.0	2524.0	2527.0	2530.0	2533.0	2536.0	2539.0	2542.0	2545.0	2548.0	2551.0	2554.0	2557.0	2560.0	2563.0	2566.0	2569.0	2572.0	2575.0	2578.0	2581.0	2584.0	2587.0	2590.0	2593.0	2596.0	2599.0	2602.0	2605.0	2608.0	2611.0	2614.0	2617.0	2620.0	2623.0	2626.0	2629.0	2632.0	2635.0	2638.0	2641.0	2644.0	2647.0	2650.0	2653.0	2656.0	2659.0	2662.0	2665.0	2668.0	2671.0	2674.0	2677.0	2680.0	2683.0	2686.0	2689.0	2692.0	2695.0	2698.0	2701.0	2704.0	2707.0	2710.0	2713.0	2716.0	2719.0	2722.0	2725.0	2728.0	2731.0	2734.0	2737.0	2740.0	2743.0	2746.0	2749.0	2752.0	2755.0	2758.0	2761.0	2764.0	2767.0	2770.0	2773.0	2776.0	2779.0	2782.0	2785.0	2788.0	2791.0	2794.0	2797.0	2800.0	2803.0	2806.0	2809.0	2812.0	2815.0	2818.0	2821.0	2824.0	2827.0	2830.0	2833.0	2836.0	2839.0	2842.0	2845.0	2848.0	2851.0	2854.0	2857.0	2860.0	2863.0	2866.0	2869.0	2872.0	2875.0	2878.0	2881.0	2884.0	2887.0	2890.0	2893.0	2896.0	2899.0	2902.0	2905.0	2908.0	2911.0	2914.0	2917.0	2920.0	2923.0	2926.0	2929.0	2932.0	2935.0	2938.0	2941.0	2944.0	2947.0	2950.0	2953.0	2956.0	2959.0	2962.0	2965.0	2968.0	2971.0	2974.0	2977.0	2980.0	2983.0	2986.0	2989.0	2992.0	2995.0	2998.0	3001.0	3004.0	3007.0	3010.0	3013.0	3016.0	3019.0	3022.0	3025.0	3028.0	3031.0	3034.0	3037.0	3040.0	3043.0	3046.0

Plat Baja		Centre	P4b	P3b	P2b	P1b	P1c	P2c	P3c	P4c	P5c	P6c	P7c	P8c	P9c	P9d	P8d	P7d	P6d	P5d	P4d	P3d
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Centre	0	0	27.5	30.5	33.5	36.5	28.0	25.0	22.0	19.0	16.0	19.0	22.0	25.0	28.0	19.5	16.5	13.5	10.5	7.5	10.5	13.5
P4b	1	27.5	0	3.0	6.0	9.0	17.5	14.5	11.5	8.5	11.5	14.5	17.5	20.5	23.5	32.0	29.0	26.0	23.0	20.0	17.0	20.0
P3b	2	30.5	3.0	0	3.0	6.0	14.5	11.5	8.5	11.5	14.5	17.5	20.5	23.5	26.5	35.0	32.0	29.0	26.0	23.0	20.0	17.0
P2b	3	33.5	6.0	3.0	0	3.0	11.5	8.5	11.5	14.5	17.5	20.5	23.5	26.5	29.5	38.0	35.0	32.0	29.0	26.0	23.0	20.0
P1b	4	36.5	9.0	6.0	3.0	0	8.5	11.5	14.5	17.5	20.5	23.5	26.5	29.5	32.5	41.0	38.0	35.0	32.0	29.0	26.0	23.0
P1c	5	28.0	17.5	14.5	11.5	8.5	0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	24.0	32.5	29.5	26.5	23.5	20.5	17.5	14.5
P2c	6	25.0	14.5	11.5	8.5	11.5	3.0	0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	29.5	26.5	23.5	20.5	17.5	14.5	11.5
P3c	7	22.0	11.5	8.5	11.5	14.5	6.0	3.0	0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	26.5	23.5	20.5	17.5	14.5	11.5	8.5
P4c	8	19.0	8.5	11.5	14.5	17.5	9.0	6.0	3.0	0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	23.5	20.5	17.5	14.5	11.5	8.5	11.5
P5c	9	16.0	11.5	14.5	17.5	20.5	12.0	9.0	6.0	3.0	0	3.0	6.0	9.0	12.0	20.5	17.5	14.5	11.5	8.5	11.5	14.5
P6c	10	19.0	14.5	17.5	20.5	23.5	15.0	12.0	9.0	6.0	3.0	0	3.0	6.0	9.0	17.5	14.5	11.5	8.5	11.5	14.5	17.5
P7c	11	22.0	17.5	20.5	23.5	26.5	18.0	15.0	12.0	9.0	6.0	3.0	0	3.0	6.0	14.5	11.5	8.5	11.5	14.5	17.5	20.5
P8c	12	25.0	20.5	23.5	26.5	29.5	21.0	18.0	15.0	12.0	9.0	6.0	3.0	0	3.0	11.5	8.5	11.5	14.5	17.5	20.5	23.5
P9c	13	28.0	23.5	26.5	29.5	32.5	24.0	21.0	18.0	15.0	12.0	9.0	6.0	3.0	0	8.5	11.5	14.5	17.5	20.5	23.5	26.5
P9d	14	19.5	32.0	35.0	38.0	41.0	32.5	29.5	26.5	23.5	20.5	17.5	14.5	11.5	8.5	0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0
P8d	15	16.5	29.0	32.0	35.0	38.0	29.5	26.5	23.5	20.5	17.5	14.5	11.5	8.5	11.5	3.0	0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0
P7d	16	13.5	26.0	29.0	32.0	35.0	26.5	23.5	20.5	17.5	14.5	11.5	8.5	11.5	14.5	6.0	3.0	0	3.0	6.0	9.0	12.0
P6d	17	10.5	23.0	26.0	29.0	32.0	23.5	20.5	17.5	14.5	11.5	8.5	11.5	14.5	17.5	9.0	6.0	3.0	0	3.0	6.0	9.0
P5d	18	7.5	20.0	23.0	26.0	29.0	20.5	17.5	14.5	11.5	8.5	11.5	14.5	17.5	20.5	12.0	9.0	6.0	3.0	0	3.0	6.0
P4d	19	10.5	17.0	20.0	23.0	26.0	17.5	14.5	11.5	8.5	11.5	14.5	17.5	20.5	23.5	15.0	12.0	9.0	6.0	3.0	0	3.0
P3d	20	13.5	20.0	17.0	20.0	23.0	14.5	11.5	8.5	11.5	14.5	17.5	20.5	23.5	26.5	18.0	15.0	12.0	9.0	6.0	3.0	0



