

**PENJADWALAN DISTRIBUSI PRODUK OLAHAN MINYAK
MENGUNAKAN METODE
JOB-SHOP SCHEDULING PROBLEM DAN
*ALGORITMA DIFFERENTIAL EVOLUTION***

SKRIPSI

ADI PUTRA PRADANA

0606032000



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2010**

**PENJADWALAN DISTRIBUSI PRODUK OLAHAN MINYAK
MENGUNAKAN METODE
JOB-SHOP SCHEDULING PROBLEM DAN
*ALGORITMA DIFFERENTIAL EVOLUTION***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

ADI PUTRA PRADANA

0606032000




**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Adi Putra Pradana

NPM : 0606032000

Tanda Tangan : 

Tanggal : Juli 2010



PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul:

"Penjadwalan Distribusi Produk Olahan Minyak Menggunakan Metode Job-Shop Scheduling Problem dan Algoritma Differential Evolution"

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Industri Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian skripsi.

Depok, Juli 2010

Pembimbing Skripsi



(Armand Omar Moeis, ST.,MSc)

NIP. 19780402 200812 1001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Adi Putra Pradana
NPM : 0606032000
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Penjadwalan Distribusi Produk Olahan Minyak Menggunakan Metode *Job-Shop Scheduling Problem* dan Algoritma *Differential Evolution*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : A. Omar Moeis, ST., MSc (.....)
Penguji : Komarudin, ST., M.Eng (.....)
Penguji : Ir. Akhmad Hidayatno, MBT (.....)
Penguji : Dendi P. Ishak, MSIE (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 10 Juli 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang senantiasa menuntun Penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dengan kerja sama, bantuan, dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Armand Omar Moeis, ST, MSc selaku dosen pembimbing yang selalu meluangkan waktunya untuk membimbing, memotivasi, dan memberi banyak masukan selama pembuatan skripsi ini,
2. Bapak Komarudin, ST, MT selaku dosen pembimbing kedua yang telah membantu dengan sabar dalam perancangan dan pembuatan program *solver* skripsi ini,
3. Seluruh dosen Departemen Teknik Industri UI yang telah memberikan teladan, wawasan dan ilmu yang sangat berharga kepada penulis,
4. Seluruh karyawan Departemen Teknik Industri UI yang telah banyak membantu penulis selama masa kuliah,
5. Keluarga: Papa, Mama, Aris, Alan, dan Agung, atas dukungan, perhatian, dan kasih sayangnya
6. Pale', Andi, Nuning, Mona dan Dira, atas persahabatan terbaik yang telah dijalin dalam suka dan duka,
7. seluruh teman-teman Teknik Industri angkatan 2006, atas persahabatan yang begitu hangat, tulus, indah, dan tak terlupakan selama 4 tahun ini
8. dan, pihak Pemerintah Provinsi Riau yang telah mendanai perkuliahan penulis sampai saat ini.

Akhirnya, penulis berharap skripsi ini bisa memberikan inspirasi, manfaat serta dapat dikembangkan lebih jauh kedepannya. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran membangun mengingat skripsi ini jauh dari sempurna karena keterbatasan penulis.

Depok, Juni 2010



Penulis

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Adi Putra Pradana

NPM : 0606032000

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:

Penjadwalan Distribusi Produk Olahan Minyak Menggunakan Metode *Job-Shop Scheduling Problem* dan Algoritma *Differential Evolution*

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok

Pada tanggal: Juni 2010

Yang menyatakan



Adi Putra Pradana

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah	3
1.3 Perumusan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.6 Metodologi Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 DASAR TEORI	8
2.1 <i>Job-Shop Scheduling Problem</i>	8
2.1.1 Definisi dan Karakteristik.....	8
2.1.2 Model Matematis	9
2.2 <i>Algoritma Differential Evolution</i>	11
2.2.1 Sejarah Algoritma <i>DE</i>	11
2.2.2 Konsep Dasar	12
2.2.3 Tahapan Pengerjaan <i>DE</i>	15
2.2.3.1 Inisialisasi	15
2.2.3.2 Mutasi	16
2.2.3.3 Pindah silang.....	16
2.2.3.4 Seleksi.....	17
2.2.3.5 Terminasi	18
BAB 3 PENGUMPULAN DATA	18
3.1 Profil Perusahaan	18
3.2 Sistem Distribusi Produk Olahan Minyak	19
3.3 Data yang Diperlukan	21
3.3.1 Data Unit Penyulingan.....	21
3.3.2 Data Kapal	22
3.3.3 Data Dermaga	23

BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA	24
4.1 Pengolahan Data Awal.....	24
4.1.1 Penyusunan <i>Job-Shop Scheduling Problem (JSSP)</i>	24
4.1.2 Konversi Data <i>Job-Shop Scheduling Problem</i>	27
4.2 Pengolahan data Algoritma <i>Differential Evolution</i>	30
4.2.1 Penyusunan Algoritma.....	30
4.2.2 Percobaan nilai F dan Cr terbaik	33
4.3 Analisa Hasil Pengolahan Data.....	34
4.3.1 Unit Penyulingan II Dumai.....	34
4.3.2 Unit Penyulingan III Plaju.....	36
4.3.3 Unit Penyulingan IV Cilacap.....	39
4.3.4 Unit Penyulingan V Balikpapan.....	41
4.3.5 Unit Penyulingan VI Balongan.....	43
4.3.6 Kegiatan Bongkar-Muat	44
4.3.7 Kegiatan Keseluruhan.....	46
BAB 5 KESIMPULAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	49
DAFTAR REFERENSI	50

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Tabel Kebutuhan maksimum <i>Naphtha</i> dan <i>HOMC</i> (dalam ribu barrel)	22
Tabel 3.2. Tabel Rata-rata Waktu Tempuh Kapal	23
Tabel 3.3. Tabel Kapasitas Dermaga dan Kecepatan Bongkar-muat	23
Tabel 4.1. Data <i>Job-Shop Scheduling Problem</i>	29
Tabel 4.2. Hasil Percobaan Kombinasi F dan Cr Rata-rata	34
Tabel 4.3. Perbandingan Tanggal Bongkar-muat	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	7
Gambar 2.1 Taxonomy Algoritma Optimisasi Secara Global	14
Gambar 2.2 Skema Klasifikasi Metode Optimasi.....	15
Gambar 3.1 Proses Distilasi Minyak Mentah	19
Gambar 3.2 Diagram Alur Pengolahan <i>Naphtha</i> dan HOMC	20
Gambar 4.1 Diagram Alir Program Penjadwalan <i>JSSP</i>	31
Gambar 4.2 Jadwal Kegiatan kapal 1.....	35
Gambar 4.3 Jadwal Kegiatan kapal 2.....	36
Gambar 4.4 Jadwal Kegiatan kapal 3.....	37
Gambar 4.5 Jadwal Kegiatan kapal 4.....	38
Gambar 4.6 Jadwal Kegiatan kapal 5.....	39
Gambar 4.7 Jadwal Kegiatan kapal 6.....	40
Gambar 4.8 Jadwal Kegiatan kapal 7.....	41
Gambar 4.9 Jadwal Kegiatan kapal 8.....	42
Gambar 4.10 Jadwal Kegiatan <i>Unloading</i> <i>Naphtha</i> di UP VI Balongan.....	43
Gambar 4.11 Jadwal Kegiatan <i>Loading</i> HOMC di UP VI Balongan.....	44
Gambar 4.12 Jadwal Kegiatan Kapal Keseluruhan	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Percobaan Kombinasi F dan Cr

Lampiran 2. Tampilan Program Input Data Umum

Lampiran 3. Tampilan Program Input Data Urutan Proses

Lampiran 4. Tampilan Program Input Data Waktu Proses

Lampiran 5. Tampilan Program Input Data Mesin



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Era globalisasi telah mengakibatkan pembaharuan yang sangat cepat baik di dalam negeri maupun di tingkat dunia. Kompetisi yang terbuka membuat persaingan di sektor industri semakin ketat. Sebagai penggerak perekonomian nasional, sektor industri harus memiliki daya-saing yang tinggi. Peningkatan produktivitas dan nilai tambah produksi menuntut penggunaan sumber daya yang ada dengan seefisien dan seefektif mungkin. Salah satunya dengan melakukan optimalisasi operasional transportasi yang dapat memberikan dampak yang besar dalam pengurangan penggunaan biaya transportasi dan distribusi.

Transportasi air merupakan salah satu jenis transportasi utama di dunia. Disamping biaya transportasinya murah, muatan yang diangkut juga lebih banyak dibanding transportasi lain. Data disusun oleh Ronen (1993) dari Lloyd's Register (1991) menunjukkan bahwa armada untuk perdagangan dunia meningkat sebesar 12,4 juta gross ton tiap tahunnya. Pelayaran perdagangan laut meningkat sebesar 16% pada tahun 1991 dibandingkan tahun 1981 dan jarak tempuh perdagangan tumbuh sebesar 11% pada tahun 1990 dibandingkan tahun 1981¹. Fakta-fakta ini membuktikan ketergantungan dari ekonomi dunia pada perdagangan menggunakan kapal laut. Oleh karena itu, diperlukan efisien dan keandalan sistem transportasi maritim.

Terlepas dari peran penting *routing* dan penjadwalan kapal dalam sistem transportasi maritim, permasalahan *routing* dan penjadwalan kapal tidak cukup menarik perhatian para peneliti sejak dulu. Kompleksitas yang khas pada masalah *routing* dan penjadwalan kapal serta tingkat ketidakpastian yang tinggi dalam operasional kapal telah mengakibatkan penelitian di bidang ini menjadi langka. Sehingga beberapa penelitian tentang kegiatan ini dianggap sebagai kisah sukses yang besar, lebih-lebih dengan pemodelan dan implementasi yang efisien dan

¹ Brown, G. G., Graves, G. W., and Ronen, D. 1987. Scheduling Ocean Transportation of Crude Oil.

hubungannya yang erat antara teori dan praktek. Tidak seperti industri kereta api, yang serius untuk meningkatkan efisiensi operasional dan rasionalisasi keputusan perencanaan lebih lanjut nya , industri pelayaran laut masih bersifat konservatif dan enggan untuk mengadopsi ide-ide baru².

Transportasi air mempunyai peran yang penting bagi banyak negara-negara pengekspor dan pengimpor minyak di dunia, di mana minyak-minyak dan produk-produk terkait didistribusikan menggunakan kapal. Banyak negara-negara, misalnya negara-negara Teluk Arab, yang memiliki armada tanker minyak sendiri. Biaya operasional kapal tanker minyak bisa mencapai puluhan ribuan dolar.

PT. X sebagai salah satu perusahaan yang bertugas mengelola penambangan minyak dan gas bumi di Indonesia, dalam menyelenggarakan usaha di bidang energi dan petrokimia terbagi ke dalam sektor Hulu dan Hilir. Kegiatan usaha PT. X Hilir meliputi pengolahan, pemasaran & niaga dan perkapalan serta distribusi produk Hilir baik didalam maupun keluar negeri yang berasal dari kilang maupun impor yang didukung oleh sarana transportasi laut. Usaha hilir merupakan integrasi Usaha Pengolahan, Usaha Pemasaran, Usaha Niaga, dan Usaha Perkapalan. Penelitian ini dilakukan di unit usaha pengolahan PT.X. Salah satu jenis kegiatan unit ini adalah pendistribusian Naphtha dan HOMC antar unit penyulingan.

Penjadwalan yang ada saat ini masih bersifat manual dan belum ada model matematisnya. Untuk itu, penelitian ini dilakukan agar penjadwalan distribusi yang memiliki dasar matematis dapat mempermudah penjadwalan distribusi secara keseluruhan untuk memenuhi kebutuhan di setiap unit penyulingan sekaligus menjamin kelangsungan pasokan Naphtha dan HOMC.

Penelitian ini menggunakan metode *Job-Shop Scheduling Problem (JSSP)* untuk menemukan *makespan* terkecil pada proses operasi yang berurutan. Penyelesaian JSSP dapat dilakukan dengan menggunakan metode optimasi klasik. Tetapi, untuk tugas-tugas yang lebih kompleks harus dipecahkan dengan metode

² Al-Yakoob, Salem Mohammed . Mixed-Integer Mathematical Programming Optimization Models and Algorithms for an Oil Tanker Routing and Scheduling Problem.

heuristic³. Untuk itu, penggunaan metode JSSP pada penelitian ini dapat dibantu dengan penggunaan Algoritma *Differential Evolution*. Penggunaan Algoritma *Differential Evolution (DE)* sangat sederhana dengan fungsi minimalisasi stokastik *population-based* yang sangat kuat⁴.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Diagram keterkaitan masalah dapat dilihat pada Gambar 1.1.

1.3. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penentuan penjadwalan distribusi Naphtha dan HOMC yang teruji secara matematis
2. Penyelarasan kebutuhan kilang dan penjadwalan kapal

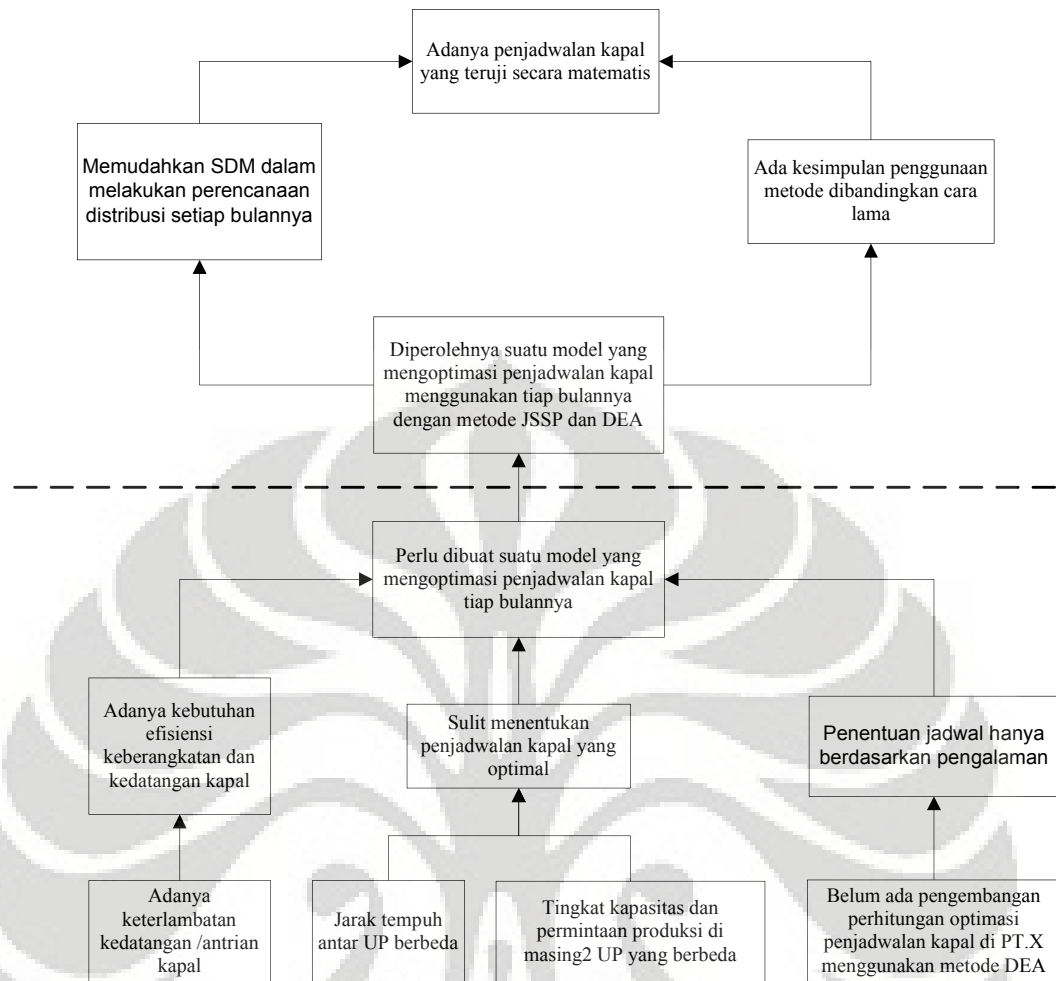
1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah:

1. Memperoleh jadwal distribusi Naphtha dan HOMC dengan menggunakan metode *Job-Shop Scheduling Problem* dan Algoritma *Differential Evolution*,
2. Pemenuhan kebutuhan setiap kilang yang sesuai dengan jadwal yang didapat.

³ Z. Michalewicz and D.B. Fogel. 2000. *How to Solve It: Modern Heuristics*. Berlin: Springer-Verlag.

⁴ Wang ,Bo Ping and Patel ,Chirag N. 2002. *Differential Evolution for Design Optimization*.



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1. 5. Ruang Lingkup Penelitian

Batasan masalah dari penelitian ini digunakan agar masalah yang diteliti lebih terarah dan terfokus sehingga penelitian dapat dilakukan sesuai dengan apa yang direncanakan dan memberikan hasil yang optimal. Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan metode *Job-Shop Scheduling Problem* dan Algoritma *Differential Evolution* untuk optimasi.
2. Penjadwalan ditetapkan untuk rute-rute distribusi Naphtha dan HOMC di 5 Unit Penyulingan, yaitu UP II Dumai, UP III Plaju, UP IV Cilacap, UP V Balikpapan, dan UP VI Balongan.
3. Penelitian ini dilakukan hanya pada proses distribusi Naphtha dan HOMC di PT.X

4. Distribusi Naphta dan HOMC dilakukan menggunakan kapal Tanker dengan kapasitas 200 ribu barrel dan 70 ribu barrel.
5. Pemecahan masalah difokuskan pada aspek operasional dengan mempertimbangkan kapasitas produksi di masing-masing unit penyulingan, kapasitas dermaga, kecepatan bongkar-muat dermaga, kapasitas kapal, dan kecepatan kapal.
6. Diasumsikan bahwa semua kapal yang ada dalam kondisi ideal dan dapat dioperasikan sepenuhnya.

1. 6. Metodologi Penelitian

Dalam metodologi penelitian ini akan dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penulisan penelitian sebagaimana pada Gambar 1. 2.

1. 7. Sistematika Penelitian

Bab I Pendahuluan. Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penelitian.

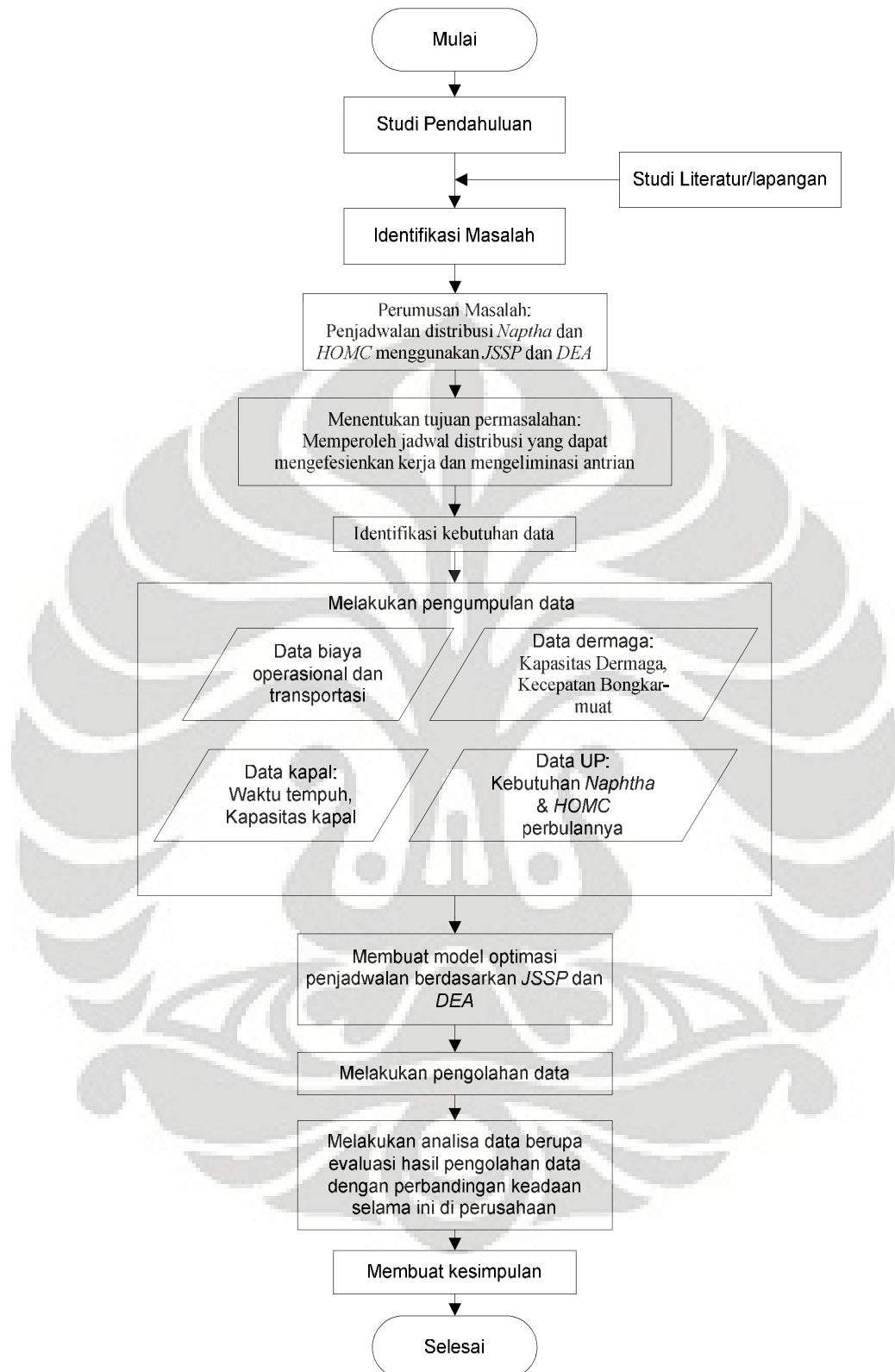
Bab II Landasan Teori. Bab ini menjelaskan tahap-tahap penelitian, kerangka pemecahan masalah serta pendekatan yang digunakan mulai dari tahap perumusan tujuan sampai pengambilan keputusan. Seluruh teori dan konsep yang diperoleh dari studi literatur buku teks dan jurnal-jurnal internasional digunakan untuk mendukung studi penelitian dalam memahami permasalahan.

Bab III Pengumpulan Data. Bab ini menjelaskan tentang data-data dan pembahasannya yang akan digunakan untuk menganalisa model JSSP dan *DEA* penjadwalan distribusi Naphtha dan HOMC.

Bab IV Pengolahan Data dan Analisa. Bab ini berisi penyusunan model matematis optimasi secara umum yang berdasarkan kendala-kendala yang. Data yang diperoleh dimasukkan dalam model, kemudian dilakukan perhitungan dan penyelesaian model matematis dalam JSSP dan *DEA*. Berdasarkan hasil optimasi tersebut disusun suatu jadwal distribusi baru.

Bab V Kesimpulan. Bab ini berisi beberapa kesimpulan dan saran yang dapat dijadikan sebagai informasi dalam menetapkan jadwal distribusi Naphta dan HOMC yang memiliki kinerja paling optimal dan sesuai dengan kondisi perusahaan.





Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian

BAB 2

DASAR TEORI

2.1. *Job-Shop Scheduling Problems*

2.1.1 Definisi dan Karakteristik

Permasalahan penjadwalan mesin sangat banyak dan bervariasi. Mereka muncul di berbagai bidang seperti sistem manufaktur, perencanaan produksi, desain komputer, logistik, komunikasi, dll. Pada umumnya, penjadwalan bertujuan untuk menemukan urutan pekerjaan pada mesin dengan tujuan untuk meminimalkan fungsi-fungsi waktu dalam penyelesaian pekerjaan. Dalam versi sederhana, *Flow shop Scheduling*, semua pekerjaan melewati semua mesin dalam urutan yang sama. Untuk kasus yang lebih kompleks, digunakan *Job-Shop Scheduling Problems*, dimana pengorderan mesin bisa berbeda untuk setiap pekerjaan⁵.

JSSP (disingkat JSSP atau *JSP*) merupakan salah satu permasalahan optimasi kombinatorial tersulit dalam dunia informatika yang dikategorikan sebagai NP-Hard. Selama riset sekitar 30 tahun terakhir belum ditemukan algoritma yang cukup efektif dalam menemukan solusi optimal untuk JSSP karena algoritma yang tersedia masih memiliki kompleksitas eksponensial dan belum ada yang memiliki waktu asimptotik polinomial. Namun, Pengembangan algoritma-algoritma optimasi terus dilakukan untuk menghasilkan solusi yang mendekati solusi optimal. Metode optimasi klasik (metode *branch and bound*, pemrograman dinamis) hanya dapat digunakan untuk pekerjaan dalam skala yang kecil. Oleh karena itu, tugas-tugas yang lebih kompleks harus dipecahkan dengan metode heuristik. Metode heuristik yang cocok antara lain dengan pendekatan yang menggunakan *simulated annealing*, *tabu search* ataupun algoritma genetik⁶.

Job-Shop Scheduling Problem merupakan suatu permasalahan untuk menentukan urutan operasi yang dilakukan pada setiap mesin yang ada dengan tujuan meminimumkan waktu proses total yang dibutuhkan. JSSP secara klasik

^{5&7} Miloš Šeda. 2007. *Mathematical Models of Flow Shop and Job Shop Scheduling Problems*

dapat digambarkan sebagai berikut: terdapat satu set m mesin (*machine*) dan satu set n kerja (*job*). Setiap pekerjaan terdiri dari sebuah urutan operasi yang masing-masing perlu diproses dalam suatu periode waktu tanpa gangguan selama waktu pengerjaan pada suatu mesin tertentu. Setiap mesin hanya dapat memproses paling banyak satu operasi pada satu waktu. Dengan kata lain, penjadwalan ini terbentuk dari penugasan beberapa operasi untuk interval waktu tertentu pada beberapa mesin untuk menemukan jadwal yang mengoptimalkan tujuan tertentu.

Contoh suatu persoalan JSP dalam dunia nyata adalah penjadwalan kegiatan di sekolah/universitas, penjadwalan perjalanan kereta api, penjadwalan penerbangan pesawat terbang, dsb.

2.1.2 Model Matematis

Mengacu pada definisi dan karakteristik JSSP, maka secara sistematis diketahui bahwa tujuan dari perhitungan algoritma JSSP adalah meminimumkan *makespan* (C_{\max}) distribusi. Kita dapat mengasumsikan:

J_j = himpunan n pekerjaan $\{j = 1, \dots, n\}$

M_r = himpunan m mesin $\{r = 1, \dots, m\}$

$P_{j,i,r}$ = Durasi pengerjaan operasi $O_{j,i,r}$

$S_{j,i,r}$ = Waktu mulai operasi $O_{j,i,r}$

$O_{j,i,r}$ = Operasi yang memproses pekerjaan J_j pada mesin $M_r, \{r = 1, \dots, m\}$

$O_{l,i,r}$ = Operasi yang memproses pekerjaan J_l pada mesin $M_r, \{r = 1, \dots, m\}$

$O_{j,i,r} \rightarrow O_{l,i,r}$ atau $O_{l,i,r} \rightarrow O_{j,i,r}$ = relasi biner antara operasi $O_{j,i,r}$ dan $O_{l,i,r}$

Untuk itu, permasalahan ini dapat dituliskan dalam formula matematis sebagai berikut:

Fungsi tujuan:

$$\text{Min } C_{max} \quad (2.1)$$

Dengan kendala:

$$S_{j,1} \geq 0, j = 1, \dots, n \quad (2.2)$$

$$S_{j,i+1} \geq S_{j,i} + P_{j,i}, j = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m-1 \quad (2.3)$$

$$S_{l,r} \geq S_{j,r} + P_{j,r} \vee S_{j,r} \geq S_{l,r} + P_{l,r} \quad (2.4)$$

untuk semua $(O_{j,r}, O_{l,r} \in (M_r \times M_r), r = 1, \dots, m$

$$C_{max} \geq S_{j,m} + P_{j,m}, j = 1, \dots, n \quad (2.5)$$

Penjelasan terhadap model matematis diatas adalah sebagai berikut: pada (2.1), merupakan fungsi tujuan yaitu untuk meminimalisasi *makespan*. Persamaan (2.2) sampai dengan (2.5) merupakan batasan-batasan yang harus diperhatikan. Batasan (2.2) memastikan waktu mulai operasi awal harus lebih besar sama dengan 0, batasan (2.3) memastikan pengerjaan operasi dalam setiap job harus berurutan, batasan (2.4) memastikan tidak ada dua operasi yang dilakukan secara bersamaan pada satu mesin di waktu yang sama, dan batasan (2.5) memastikan total *makespan* dihitung dari pengerjaan operasi terakhir.

Sebagai tambahan, formulasi model matematis akan berbeda pengertiannya ketika kendala disjungtif terealisasikan. Berikut realisasi dari model linear-kuadrat⁷:

$$y_{r,j,l} - S_{j,r} + S_{l,r} \geq P_{j,r}$$

$$y_{r,l,j} - S_{l,r} + S_{j,r} \geq P_{l,r}$$

⁷ R. V. Rogers.1991.“Multi-objective, multi-stage production scheduling: Generalizations of the machine scheduling problem,” Ph.D. dissertation, University of Virginia, Charlottesville, VA, May 1987.

$$y_{r,j,l} y_{r,l,j} = 0$$

$$y_{r,j,l} y_{r,l,j} \geq 0$$

$$\forall O_{j,r}, O_{l,r} \in (M_r \times M_r), r = 1, \dots, m$$

Jika $O_{l,r}$ dimulai sebelum $O_{j,r}$, variabel keputusan kontinyu disjungtif $y_{r,j,l}$ akan berlaku sebagai waktu durasi bernilai positif dari awal pengerjaan operasi $O_{l,r}$ sampai dengan penyelesaian operasi $O_{j,r}$.

Jika tidak, $y_{r,j,l} = 0$. Persamaan kuadrat dinyatakan benar jika dan hanya jika operasi salah satu dari pasangan disjungtif telah selesai ketika operasi lain akan mulai. Karena fungsi tujuan dan semua kendala lain adalah linear, persamaan kuadrat memberlakukan sebuah batasan dasar pada program linier (LP), dan membutuhkan salah satu dari variabel keputusan yang berpasangan sebagai dasar dalam setiap solusi untuk LP.

Dalam formulasi ini, batasan dasar mencerminkan kesulitan mendasar yang terkait dengan pemilihan urutan operasi yang optimal. Eliminasi solusi-solusi dasar ke LP yang melanggar keadaan disjungtif biner menyebabkan ruang keputusan menjadi *non-convex* (tidak cembung). Solusi (optimal atau nonoptimal) yang sesuai dengan model matematis dapat menjadi jadwal semi-aktif yang unik, dimana semua solusi dasar yang berdekatan dengan LP dapat dinyatakan tidak layak atau dibatasi. Akibatnya, algoritma seperti simpleks tidak dapat digunakan dalam pencarian himpunan jadwal yang semi-aktif.

2.2 Algoritma *Differential Evolution*

2.2.1 Sejarah Algoritma *DE*

Secara umum, algoritma yang digunakan untuk model optimasi dibagi dalam dua kelas dasar: algoritma deterministik dan probabilistik⁸. Kita dapat melihat sebuah sketsa taksonomi metode optimasi secara global pada gambar 2.1. Algoritma deterministik sering digunakan jika terdapat hubungan yang jelas

⁸ Weise, Thomas. 2009. *Global Optimization Algorithms: Theory and Application*

antara karakteristik solusi layak dengan kegunaannya dalam menyelesaikan suatu masalah yang ada. Kemudian, ruang pencarian secara efisien dapat dicari menggunakan, misalnya, skema pembagian dan penaklukan⁹. Jika hubungan antara kandidat solusi dan kecocokannya tidak begitu jelas atau terlalu rumit, atau dimensi dari ruang pencarian sangat luas, akan menyulitkan dalam memecahkan masalah deterministik. Jika diteruskan, akan terjadi kemungkinan yang menghasilkan pencacahan menyeluruh di ruang pencarian yang tidak layak bahkan untuk masalah yang relatif kecil.

Oleh karena itu, kita menggunakan algoritma probabilistik. Penggunaan algoritma ini telah menjadi bagian paling penting di bidang penelitian optimasi. Salah satunya adalah pendekatan berbasis Monte Carlo yang relevan dengan algoritma probabilistik¹⁰. Pendekatan ini dapat menjamin solusi untuk run time yang lebih pendek. Tapi, ini tidak berarti bahwa hasil yang diperoleh menggunakan pendekatan ini tidak benar, mungkin tidak mencapai optimal secara global.

Differential Evolution (DE, DES) adalah sebuah metode untuk mengoptimasi fungsi matematika yang multi-dimensi dan tergolong kelompok strategi evolusi. DE dikembangkan oleh Storn dan Price, ketika price mencoba memecahkan masalah polinomial Chebyshev yang diajukan oleh Storn. Hal ini telah membuktikan DE sebagai strategi optimasi yang bisa diandalkan untuk tugas-tugas lain dimana parameter-parameternya telah dikodekan dalam bentuk vektor nyata.

2.2.2 Konsep Dasar

Algoritma DE merupakan teknik *stochastic population-based* yang sederhana, cepat, dan tangguh untuk pemecahan masalah optimasi global dalam lingkup kontinyu. Hal ini dikarenakan berasal dari metode *population-based metaheuristic* yang mewarisi sifat metode global dari optimasi *nonlinear*

⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Divide_and_conquer_algorithm.

¹⁰ Weise, Thomas. 2009. Global Optimization Algorithms: Theory and Application

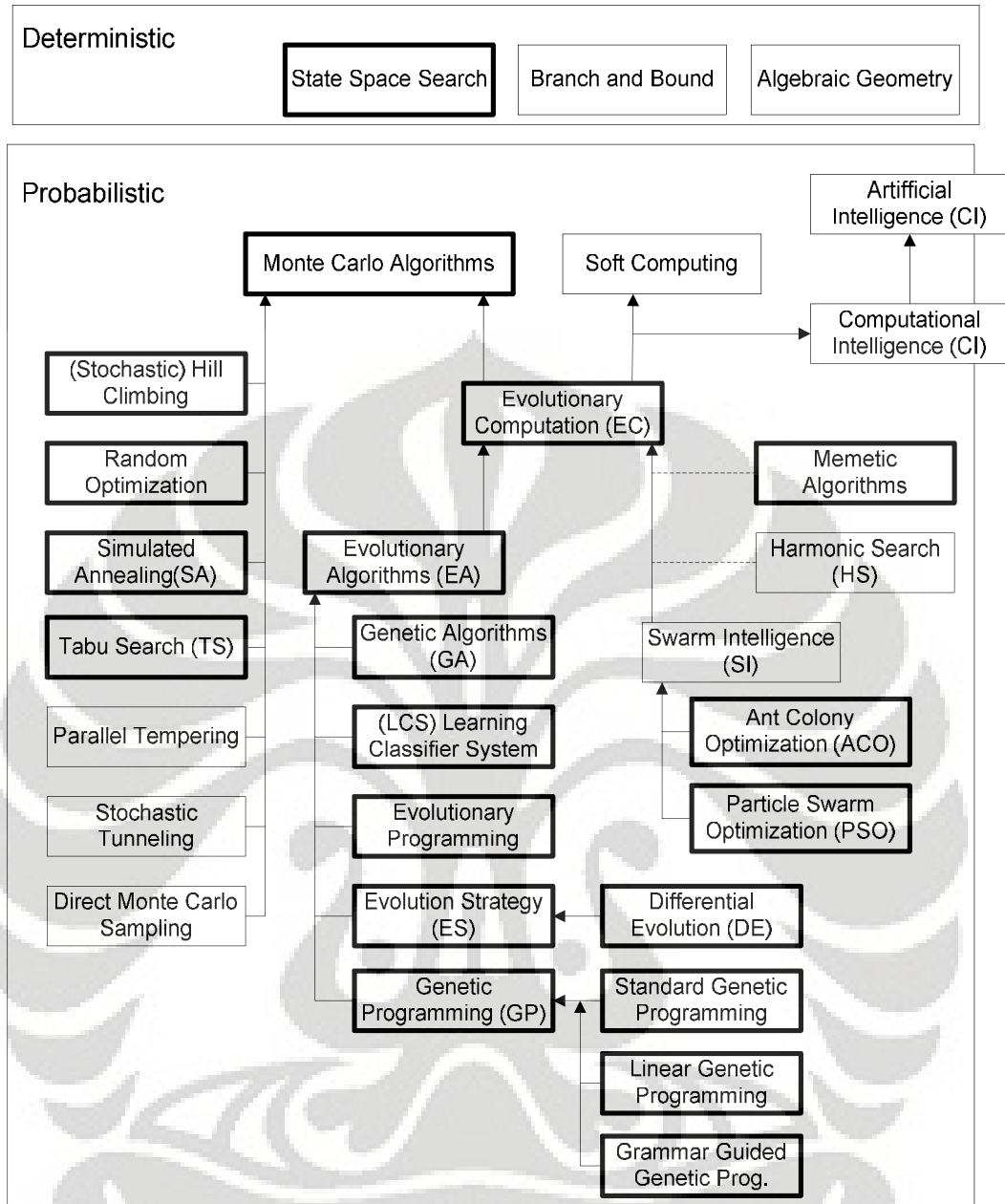
continuous, *combinatorial* dan *mixed-variable* sesuai dengan skema klasifikasi pada gambar 2.2. DE memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode optimasi klasik lain, diantaranya:

1. memiliki populasi yang berisikan calon-calon penyelesaian
2. merupakan metode non-deterministik yang menghasilkan solusi-solusi yang berbeda meskipun model awalnya tidak diubah, karena bekerja menggunakan random sampling.
3. Menggunakan elemen-elemen dari solusi-solusi yang telah ada untuk menciptakan solusi baru dengan ciri-ciri yang diwariskan dari elemen-elemen induk.

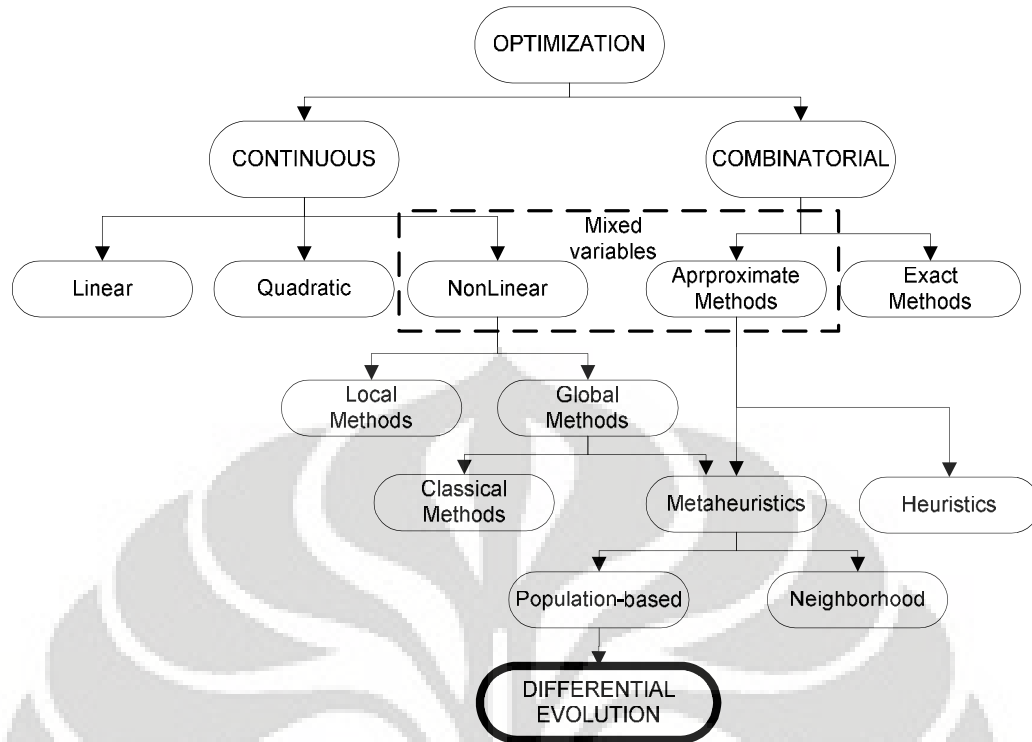
Gagasan penting dibalik Diferensial Evolusi adalah bagaimana cara sebuah operator rekombinasi yang telah di kombinasi ulang (*deRecombination*) dan didefinisikan untuk menciptakan kandidat solusi baru. Selisih $x_1 - x_2$ dari dua vektor x_1 dan x_2 dikalikan dengan $w \in R$ dan ditambahkan ke vektor ketiga x_3 dalam populasi.

$$x = \text{deRecombination}(x_1, x_2, x_3) \Rightarrow x = x_3 + w(x_1 - x_2) \quad (2.7)$$

Pengecualian untuk menentukan w , dimana tidak ada distribusi probabilitas tambahan yang harus digunakan dan skema DE yang digunakan benar-benar diatur sendiri. Strategi reproduksi klasik ini telah dilengkapi dengan ide-ide baru seperti mutasi segitiga dan persilihannya dengan strategi perkalian. Pada setiap generasi, tiap individu calon penyelesaian akan melewati proses evaluasi dimana individu-individu tersebut akan membentuk vektor target dan akan dihitung fungsi objektifnya (*fitness function*). Kemudian, individu-individu tersebut akan melalui proses mutasi dan pindah silang (*crossover*) agar dapat membentuk vektor *trial* yang digunakan untuk membentuk populasi anak. Populasi generasi selanjutnya akan dibentuk dengan cara membandingkan fungsi objektif dari vektor induk (*target*) dan anak (*trial*) dimana individu dengan nilai fungsi objektif terbaik akan lolos ke generasi selanjutnya. Proses tersebut akan diulang hingga kriteria terminasi terpenuhi.



Gambar 2.1. Taxonomy algoritma optimisasi secara global



Gambar 2.2. Skema Klasifikasi Metode Optimasi

2.2.3 Tahapan Pengerjaan DE

Penggunaan DE dalam proses pencarian solusi akan melalui tahapan-tahapan berupa inialisasi, mutasi, pindah silang, seleksi dan terminasi.

2.2.3.1 Inialisasi

Pada tahap ini terjadi penetapan populasi awal (generasi ke-0) dan parameter kontrol. Populasi awal adalah seluruh individu dalam populasi sebelum iterasi DE dimulai. Individu dalam populasi itu merupakan sejumlah solusi awal yang dapat diperoleh dari metode heuristik maupun dari metode secara acak.

Tiga parameter DE yaitu ukuran populasi (Np), koefisien mutasi (F), dan koefisien pindah-silang (Cr). Np merupakan jumlah saluran populasi/individu dalam satu generasi, dan nilainya tidak akan berubah selama proses pencarian. Namun, jika pencarian mengalami hambatan, maka Np dapat dinaikkan. Pada umumnya, nilai dari $Np=10d$, dimana d merupakan ukuran dimensi (berupa baris matriks).

Koefisien mutasi (F) merupakan koefisien konstan dan real yang berfungsi untuk mengendalikan tingkat evolusi dalam tahap mutasi. Nilai efektif dari F umumnya berkisar antara angka 0,4–1. Nilai F yang lebih besar dari 1 akan membawa DE mencari solusi di luar jangkauan yang layak. Selain itu, nilai F yang lebih kecil dari 0,4 juga tidak efektif karena akan membawa vektor mutasi mendekati vektor target.

Koefisien pindah-silang (Cr) merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan pewarisan gen yang dimiliki oleh vektor target dan vektor mutan dalam pembentukan vektor trial. Pembentukan ini dilakukan dengan membandingkan Cr dengan bilangan acak yang telah dibangkitkan pada proses pindah silang.

2.2.3.2 Mutasi

Mutasi merupakan proses pembentukan vektor mutan ($v_{i,g}$) yang diperoleh dari mengalikan selisih dari dua vektor pada generasi sekarang yang dipilih secara acak dengan faktor mutasi (F) lalu dijumlahkan dengan vektor ketiga pada generasi sekarang yang dipilih secara acak juga. Proses ini diformulasikan dengan rumus:

$$v_{i,g} = x_{r0,g} + F \cdot (x_{r1,g} - x_{r2,g}) \quad (2.8)$$

Keterangan:

$v_{i,g}$ = vektor mutasi ke i pada generasi ke g

$x_{r0,g}, x_{r1,g}, x_{r2,g}$ = vektor yang dipilih secara acak pada generasi ke g

F = koefisien mutasi

2.2.3.3 Pindah Silang

Proses pindah silang bertujuan untuk menambah keanekaragaman gen dalam populasi dengan melakukan penyilangan antara gen vektor target ($x_{i,g}$) dan vektor mutan ($v_{i,g}$) untuk menghasilkan vektor trial ($u_{i,g}$). Pindah silang bertujuan untuk memperkaya keanekaragaman gen yang akan memasuki generasi berikutnya. Penentuan ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai Cr dengan bilangan acak yang telah dibangkitkan pada setiap prosesnya. Jika angka acak lebih besar dari Cr , maka vektor mutan yang akan diwariskan. Sebaliknya, jika angka acak lebih besar dari Cr , maka vektor target yang akan diwariskan.

2.2.3.4 Seleksi

Seleksi merupakan tahapan pemilihan antara vektor target ($x_{i,g}$) atau vektor trial ($u_{i,g}$) yang akan lolos untuk masuk ke generasi selanjutnya. Vektor trial ($u_{i,g}$) dapat menggantikan vektor target ($x_{i,g}$) jika dan hanya jika nilai dari fungsi objektifnya lebih baik.

2.2.3.5 Terminasi

Terminasi adalah keadaan dimana proses pencarian solusi optimal berhenti karena telah memenuhi kriteria terminasi. Umumnya kriteria terminasi adalah sebagai berikut¹¹:

1. Jumlah iterasi maksimum
2. Waktu komputasi maksimum
3. Mencapai keadaan konvergen

Jika proses ini belum memenuhi kriteria terminasi maka proses ini akan terus berjalan mengulangi langkah-langkah sebelumnya secara berurutan.

¹¹ Price, Kenneth V, Rainer M. Storn, Jouni A. Lampinen.2005. *Differential Evolution: A Practical Approach to Global Optimization*. Germany: Springer.

BAB 3

PENGUMPULAN DATA

3.1 Profil Perusahaan

PT.X adalah sebuah BUMN yang bertugas mengelola penambangan minyak dan gas bumi di Indonesia. Kegiatan PT.X dalam menyelenggarakan usaha di bidang energi dan petrokimia, terbagi ke dalam sektor Hulu dan Hilir, serta ditunjang oleh kegiatan anak-anak perusahaan dan perusahaan patungan.

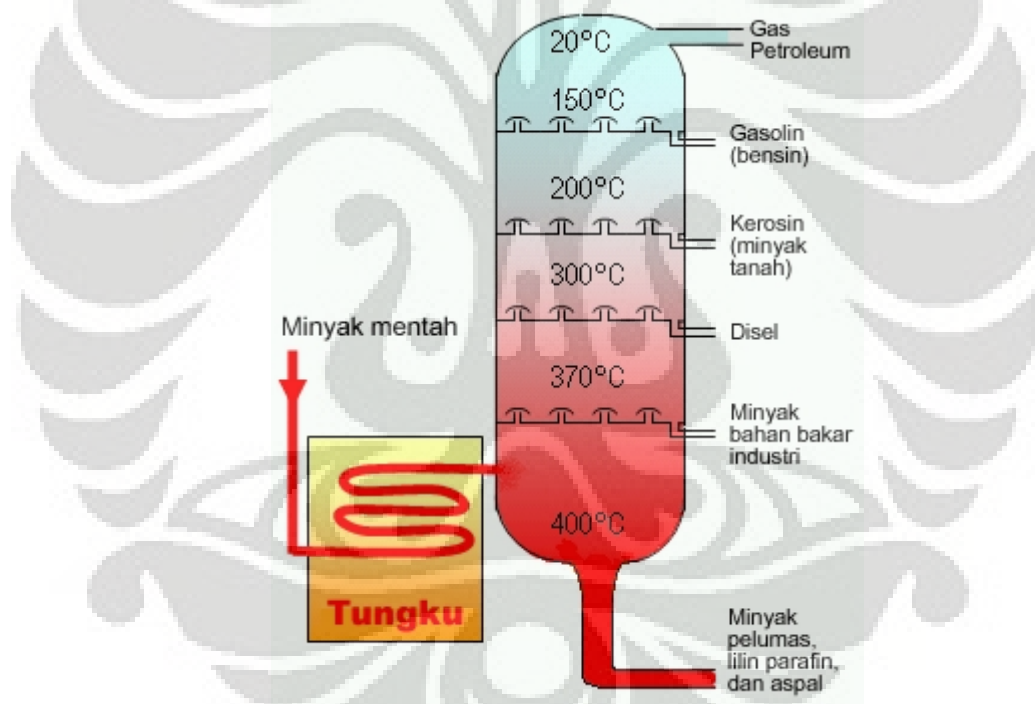
Kegiatan usaha PT.X Hulu meliputi eksplorasi dan produksi minyak, gas, dan panas bumi. Untuk kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas dilakukan di beberapa wilayah Indonesia maupun di luar negeri. Pengusahaan di dalam negeri dikerjakan oleh PT.X Hulu dan melalui kerjasama dengan mitra sedangkan untuk pengusahaan di luar negeri dilakukan melalui aliansi strategis bersama dengan mitra. Berbeda dengan kegiatan usaha di bidang minyak dan gas bumi, kegiatan eksplorasi dan produksi panas bumi masih dilakukan di dalam negeri. Untuk mendukung kegiatan intinya, PT.X Hulu juga memiliki usaha di bidang pemboran minyak dan gas.

Kegiatan usaha PT.X Hilir meliputi pengolahan, pemasaran & niaga dan perkapalan serta distribusi produk Hilir baik didalam maupun keluar negeri yang berasal dari kilang PT.X maupun impor yang didukung oleh sarana transportasi darat dan laut. Usaha hilir merupakan integrasi Usaha Pengolahan, Usaha Pemasaran, Usaha Niaga, dan Usaha Perkapalan.

3.2 Sistem Distribusi Produk Olahan Minyak

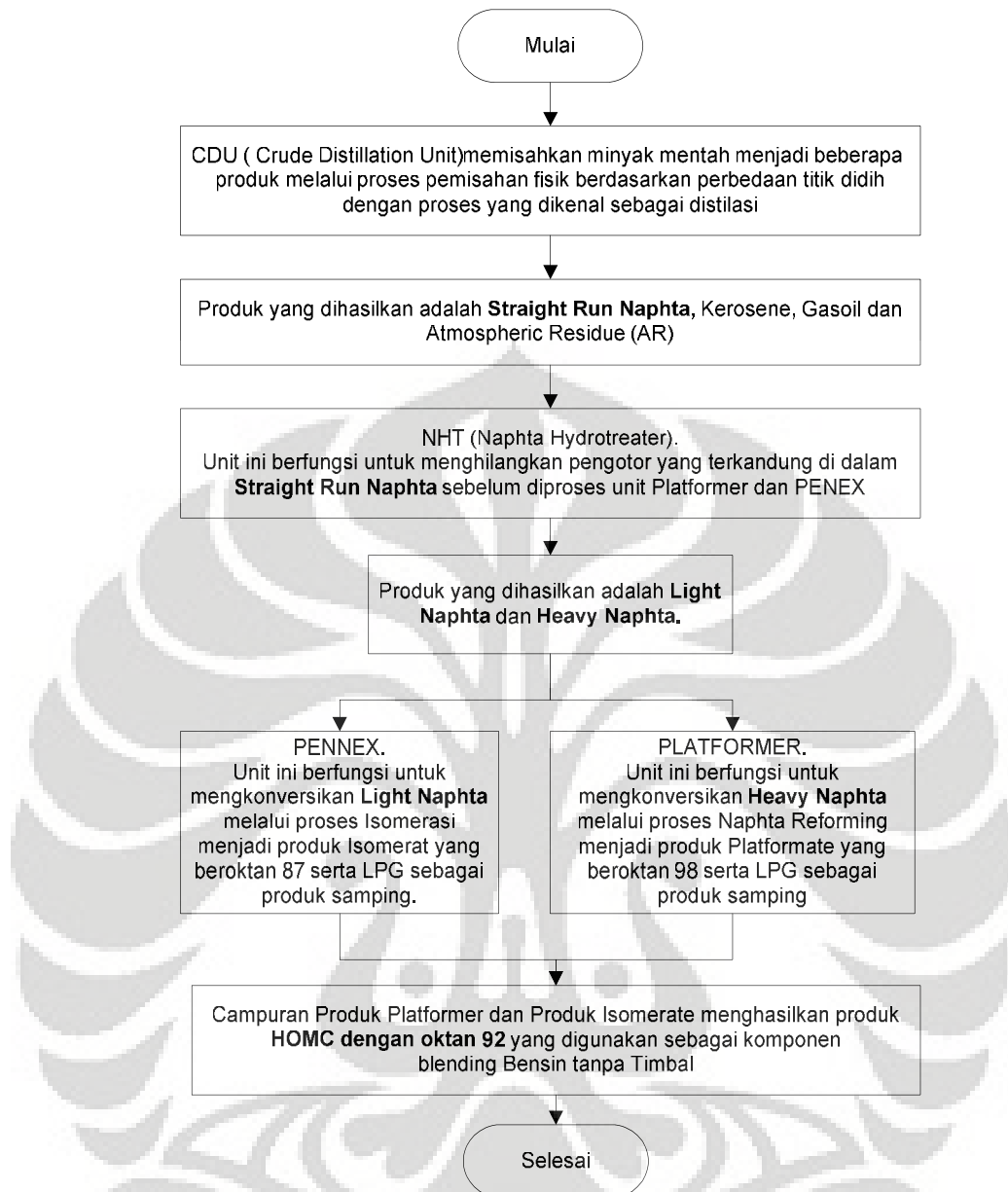
Penelitian ini dilakukan di kantor pusat PT.X di Jakarta, tepatnya di Divisi Perencanaan dan Evaluasi. Salah satu tanggung jawab divisi ini adalah merancang jadwal kapal. Lebih spesifik lagi, penelitian ini mengambil lingkup distribusi olahan minyak berupa Naphtha dan HOMC.

Naphtha adalah produk yang dihasilkan dari proses distilasi minyak mentah (*crude*), lihat Gambar 3.1. Proses ini dilakukan di *CDU* (*Crude Distillation Unit*) dengan memisahkan minyak mentah menjadi beberapa produk melalui proses pemisahan fisik berdasarkan perbedaan titik didihnya. HOMC merupakan produk campuran antara produk platformer dan produk isomerase yang digunakan sebagai komponen blending Bensin tanpa Timbal. Proses Pengolahan ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Proses Distilasi Minyak Mentah

(sumber: Wikipedia)



Gambar 3.2 Diagram Alur Pengolahan Naphtha dan HOMC

Unit penyulingan di PT.X mempunyai 7 unit kilang dengan kapasitas total 1.041,20 Ribu Barrel. Beberapa kilang minyak terintegrasi dengan kilang Petrokimia dan memproduksi NonBBM. Ketujuh Kilang minyak tersebut terdiri dari :

- Unit penyulingan I di Pangkalan Brandan - Sumatera Utara (ditutup pada Januari 2007)
- Unit penyulingan II di Dumai - Riau
- Unit penyulingan III di Plaju-Sei Gerong Palembang - Sumatera Selatan

- Unit penyulingan IV di Cilacap - Jawa Tengah
- Unit penyulingan V di Balikpapan - Kalimantan Timur
- Unit penyulingan VI di Balongan Indramayu - Jawa Barat
- Unit penyulingan VII di Sorong - Papua

Pada lingkup distribusi Naphtha dan HOMC ini hanya menghubungkan 5 UP saja, yaitu UP II Dumai, UP III Plaju, UP IV Cilacap, UP V Balikpapan dan UP VI Balongan. Produk Naphtha diproduksi di 4 Unit Penyulingan (UP), yaitu UP II Dumai, UP III Plaju, UP IV Cilacap dan UP V Balikpapan. Setiap Naphtha yang telah diproduksi dikirim menggunakan kapal tanker ke UP VI Balongan untuk selanjutnya diolah kembali menjadi HOMC. HOMC yang telah diproduksi dikirim kembali ke masing-masing UP berdasarkan kebutuhannya. Penjadwalan distribusi dilakukan berdasarkan pesanan per bulan.

3.3 Data yang Diperlukan

Untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan di PT.X ini, maka diperlukan data yang menggambarkan keadaan pelaksanaan distribusi kedua produk olahan minyak yang selama ini berlangsung diperusahaan. Dari, data-data tersebut, maka dapat dilakukan pencarian solusi yang optimal dan dapat dilakukan analisa perbandingan antara pelaksanaan distribusi yang selama ini berlangsung di perusahaan dibandingkan dengan hasil pencarian solusi yang baru ini. Data yang dibutuhkan antara lain adalah data Unit Penyulingan, data kapal, dan data dermaga.

3.3.1 Data Unit Penyulingan

Unit Penyulingan adalah pabrik/fasilitas industri yang mengolah minyak mentah menjadi produk petroleum yang bisa langsung digunakan maupun produk-produk lain yang menjadi bahan baku bagi industri petrokimia. Kebutuhan Naphtha & HOMC perbulannya berbeda-beda untuk masing-masing Unit Penyulingan. Untuk penelitian ini kita menggunakan tingkat produksi dan kebutuhan maksimum dari masing-masing UP. Data kebutuhan itu dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1. Tabel Kebutuhan maksimum Naphtha dan HOMC (dalam ribu barrel)

No	Unit Penyulingan	Produksi Naphtha	Kebutuhan HOMC
1.	UP II Dumai	220	190
2.	UP III Plaju	350	210
3.	UP IV Cilacap	430	400
4.	UP V Balikpapan	600	600
No	Unit Penyulingan	Kebutuhan Naphtha	Produksi HOMC
5.	UP VI Balongan	1400	1600

3.3.2 Data Kapal

Perusahaan mendistribusikan produk-produk olahan minyak ini dengan menggunakan kapal tanker. PT.X melakukan penyewaan kapal untuk sekali tempuh perjalanan. Untuk pengangkutan produk Naphtha dan HOMC, kapal yang digunakan antara lain kapal berkapasitas 200 ribu barrel dan kapal berkapasitas 70 ribu barrel. Kedua jenis kapal dapat mengangkut kedua jenis produk, tetapi tidak dapat membawa keduanya sekaligus. Khusus untuk UP III Plaju hanya bisa dilewati oleh kapal berkapasitas 70 ribu Barrel saja, karena terkendala kondisi geografis jalur lintasan (menuju sungai) yang dilewati kapal. Waktu tempuh kapal dihitung dalam satuan hari berdasarkan kecepatan dan jarak tempuh seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Tabel Rata-rata Waktu Tempuh Kapal

No	Jalur	Waktu Tempuh (jam)
1.	UP II Dumai- UP VI Balongan	80
2.	UP III Plaju- UP VI Balongan	70
3.	UP IV Cilacap - UP VI Balongan	70
4.	UP V Balikpapan- UP VI Balongan	60

3.3.3 Data Dermaga

Dermaga dialokasikan untuk kegiatan bongkar-muat kapal, baik itu kegiatan kapal bersandar, urusan administrasi, dan pembersihan tangki kapal. Setiap dermaga memiliki jumlah *dock* yang berbeda-beda dimana setiap UP untuk melakukan kegiatan *loading* dan *unloading*. Jika kapal memiliki satu *dock* maka kegiatan *Loading* dan *Unloading* harus mengantri, tetapi jika jumlah *dock*-nya 2 maka kapal dapat melakukan kegiatan *loading* dan *unloading* bersamaan. Kapasitas dermaga dan waktu bongkar-muat dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Tabel Kapasitas Dermaga dan Kecepatan Bongkar-muat

No	Unit Penyulingan	Jumlah <i>Dock</i>	Waktu bongkar-muat (jam)
1.	UP II Dumai	1	30
2.	UP III Plaju	2	30
3.	UP IV Cilacap	1	35
4.	UP V Balikpapan	1	35
5.	UP VI Balongan	2	35

BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA

Pengolahan data dilakukan setelah semua data terkumpul untuk dapat menghasilkan keluaran yang sesuai dengan tujuan penelitian. Pengolahan data akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu pengolahan data awal, dan pengolahan menggunakan Algoritma *Differential Evolution*.

Pengolahan data awal berfungsi mempersiapkan seluruh data yang diperoleh agar siap digunakan pada model Algoritma *Differential Evolution* yang diinginkan. Bagian ini akan berisi dua pembahasan, yaitu penyusunan JSSP dan konversi data JSSP. Bagian pengolahan menggunakan algoritma DE menerangkan model optimasi algoritma DE dan VBA yang digunakan. Pada bagian akhir, yaitu analisis jadwal dimana akan dibahas mengenai opsi baru jadwal kegiatan kapal yang ada.

4.1 Pengolahan Data Awal

4.1.1 Penyusunan *Job-Shop Scheduling Problem* (JSSP)

Penyelesaian masalah distribusi pada kasus perusahaan minyak ini menggunakan Metode *Job-Shop Scheduling Problem* dan Algoritma *DE*. JSSP merupakan suatu permasalahan untuk menentukan urutan operasi yang dilakukan dalam mesin yang ada dengan tujuan meminimumkan waktu proses total yang dibutuhkan. Diberikan jumlah m *machine* (mesin) berbeda dan n *job* (pekerjaan) berbeda untuk dijadwalkan. Setiap pekerjaan terdiri dari sejumlah operasi yang harus dilakukan di suatu mesin tertentu selama durasi waktu tertentu. Ada kemungkinan suatu operasi akan diproses mengantri terlebih dahulu jika mesin tersebut sedang dipakai oleh operasi lain. Ada beberapa ketentuan pada JSSP, diantaranya¹²:

- Suatu pekerjaan diproses hanya sekali pada satu mesin
- Suatu operasi tidak dapat diinterupsi
- Operasi dalam suatu pekerjaan harus diproses secara berurutan
- Setiap mesin hanya dapat memproses satu pekerjaan dalam satu waktu

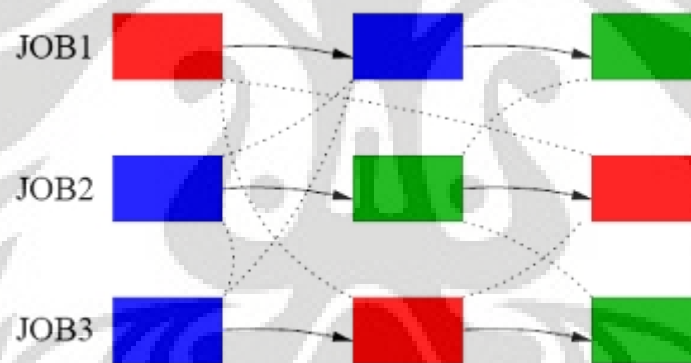
¹² Baker, K.R. 1990. Introduction to Sequencing and Scheduling. Partmouth College..

JSSP dengan m mesin dan n *job* akan menghasilkan $(n!)^m$ jadwal, namun tidak semua jadwal tersebut valid. Suatu jadwal dikatakan valid apabila memenuhi kriteria berikut¹³:

- Urutan pengerjaan operasi pada setiap *job* cocok dengan routing yang telah ditetapkan
- Tidak ada *overlap* waktu pengerjaan pada operasi-operasi yang berpadanan dengan mesin yang sama

Data yang didapat dari perusahaan diubah sesuai dengan JSSP, dimana jumlah kapal sebagai n *job* dan kegiatan kapal sebagai m mesin. Jumlah kapal diperoleh dari jumlah kebutuhan terbesar disuatu kilang dibagi dengan kapasitas kapal untuk kilang tersebut.

Representasi JSSP berikut menjelaskan langkah-langkah menyelesaikan suatu penjadwalan dalam grafik yang saling berhubungan untuk 3 mesin dan 3 *job* dengan masing-masing *job* memiliki 3 operasi, sebagai berikut:

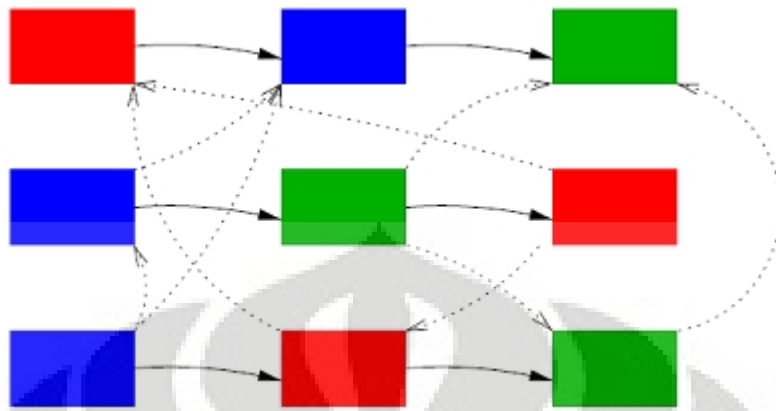


- Simpul (yaitu kotak berwarna biru, merah, dan hijau) menyatakan mesin tempat suatu operasi harus diproses.
- Sisi berarah menunjukkan urutan suatu operasi diproses dalam suatu *job*.
- Garis putus-putus (sisi tak berarah) menunjukkan bahwa kedua operasi berada dalam mesin yang sama dan salah satu dari kedua operasi itu harus mendahului yang lain.
- Bobot dari suatu sisi menyatakan durasi operasi sebelumnya diproses

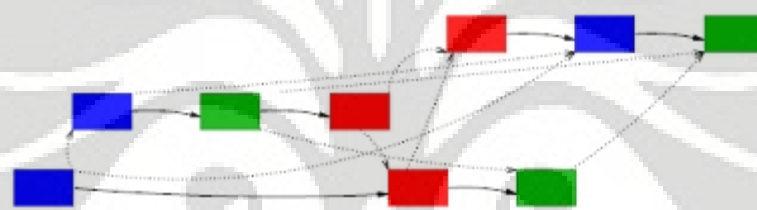
¹³ Miloš Šeda. 2007. Mathematical Models of Flow Shop and Job Shop Scheduling Problems

Langkah-langkah untuk menentukan sebuah jadwal yaitu :

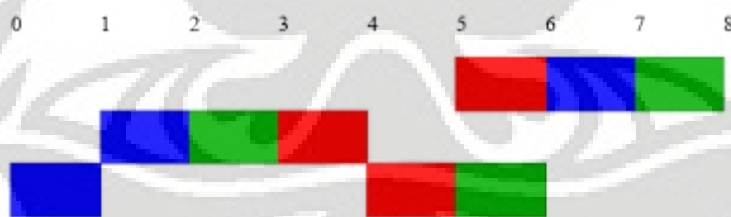
1. Menentukan arah untuk tiap sisi



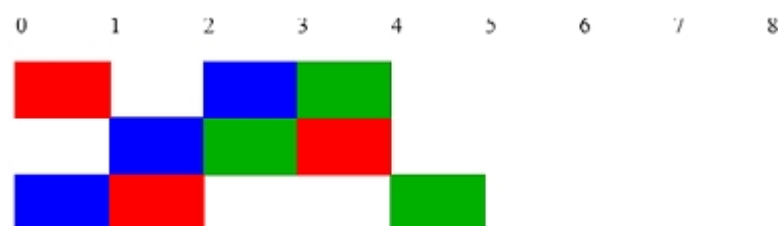
2. Mengurutkan grafik tersebut sesuai urutan proses (dari kiri ke kanan)



3. Menuliskan titik awal dan akhir untuk tiap jadwal (misalkan durasi 1 satuan waktu untuk tiap operasi)



4. Namun, dapat diamati bahwa jadwal yang telah dihasilkan sebelumnya belum merupakan jadwal yang optimal dengan melihat jadwal lain yang dapat dibentuk dari kondisi seperti contoh di atas :



4.1.2. Konversi Data *Job-Shop Scheduling Problem*

Pengolahan data akan dilakukan terhadap data yang telah didapat dari perusahaan. Dari penjelasan Bab 2, setiap bulannya perusahaan harus mendistribusikan produk olahan minyak Naphtha dan HOMC. Data yang telah didapat belum bisa langsung diproses dan perlu disesuaikan menjadi bentuk data input metode JSSP. Hal ini untuk memudahkan pembacaan dan input pada program JSSP yang digunakan. Berikut hasil penyusunan data pada Tabel 4.1

Waktu operasi didapat dari data rata-rata waktu operasi perusahaan. Operasi kapal dikelompokkan menjadi 5 kegiatan utama (dengan satuan hari), yaitu:

1. Kegiatan Bongkar-muat

Kegiatan ini dilakukan di 4 UP awal, yaitu: UP II Dumai, UP III Plaju, UP IV Cilacap, dan UP V Balikpapan. Kegiatan ini terdiri dari kegiatan *loading* Naphtha dan *Unloading* HOMC. Kegiatan ini telah mencakup kegiatan:

- bersandar ke dermaga
- urusan administrasi
- pembersihan kapal.

Hanya pada UP III Plaju saja kegiatan *loading* Naphtha dan *Unloading* HOMC dapat dilakukan secara bersamaan dikarenakan memiliki 2 *dock* yang berbeda. Untuk ketiga UP yang lain, kegiatan ini akan mengalami antrian jika dilakukan pada waktu yang bersamaan.

2. Perjalanan ke UP VI Balongan

Setelah kapal melakukan kegiatan *loading* Naphtha di keempat UP awal, maka kapal akan berlayar menuju UP VI.

3. *Unloading* Naphtha di UP VI Balongan

Sesampainya di UP VI, kapal akan melakukan kegiatan *unloading* Naphtha. Tahap-tahapan pada kegiatan ini sama dengan kegiatan bongkar-muat, yaitu kegiatan bersandar ke dermaga, urusan administrasi dan pembersihan kapal. Kegiatan *unloading* Naphtha ini dapat berjalan

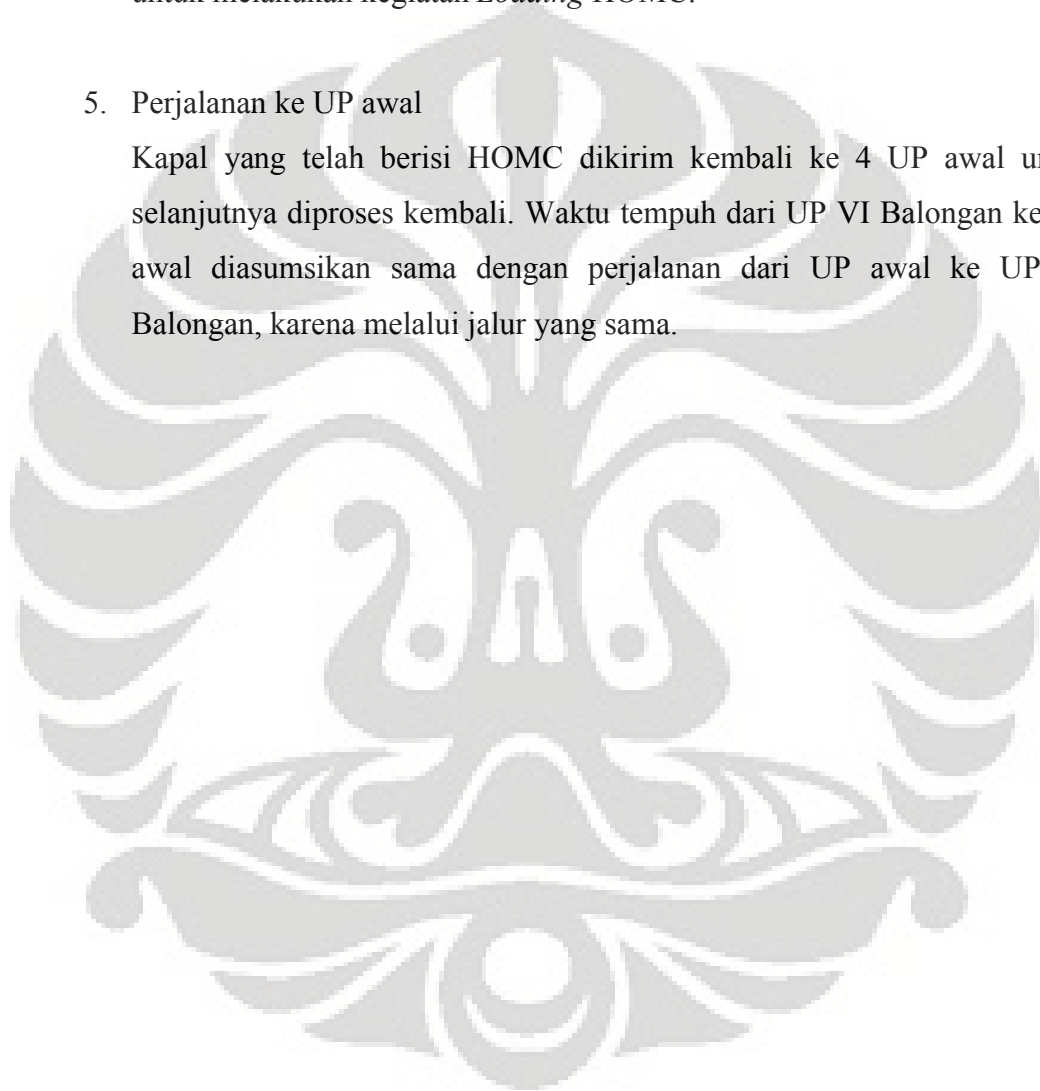
bersamaan dengan kegiatan *loading* HOMC di UP VI Balongan karena berada di *dock* yang berbeda.

4. *Loading* HOMC di UP VI Balongan

Kegiatan ini dilakukan setelah kapal melakukan pembersihan tangki dan meng-*unloading* Naphtha. Kapal akan bergerak menuju dermaga khusus untuk melakukan kegiatan *Loading* HOMC.

5. Perjalanan ke UP awal

Kapal yang telah berisi HOMC dikirim kembali ke 4 UP awal untuk selanjutnya diproses kembali. Waktu tempuh dari UP VI Balongan ke UP awal diasumsikan sama dengan perjalanan dari UP awal ke UP VI Balongan, karena melalui jalur yang sama.



Tabel 4.1. Data *Job-Shop Scheduling Problem* (dalam hari)

			Kegiatan (Machine)																							
			Loading naphtha (LN)/Unloading HOMC (UNH)					Perjalanan ke balongan								Unloading naphtha	Loading HOMC	perjalanan ke UP awal								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
			LN/UNH UP II	LN UP III	UNH UP III	LN/UNH UP IV	LN/UNH V	K1 UP II	K2 UP III	K3 UP III	K4 UP III	K5 UP IV	K6 UP IV	K7 UP IV	K8 UP VI		K1 UP II	K2 UP III	K3 UP III	K4 UP III	K5 UP IV	K6 UP IV	K7 UP IV	K8 UP VI		
Kapal (Job)	UP II	1	1,25					3,33								1,46	1,46	3,33								
		2		1,25	1,25				2,92								1,46	1,46		2,92						
	UP III	3		1,25	1,25					2,92							1,46	1,46		2,92						
		4		1,25	1,25						2,92						1,46	1,46			2,92					
	UP IV	5				1,46						2,92					1,46	1,46				2,92				
		6				1,46							2,92				1,46	1,46					2,92			
	UP V	7					1,46							2,50			1,46	1,46						2,50		
		8					1,46								2,50			1,46	1,46							2,50

4.2. Pengolahan data Algoritma *Differential Evolution*

4.2.1 Penyusunan Algoritma

Untuk menuliskan algoritma *DE* ini bersamaan dengan melakukan pencarian solusi yang optimal, digunakan bahasa pemrograman *Visual basic for Application (VBA)* Microsoft Excel 2007.

Microsoft Office Excel 2007 adalah sebuah program aplikasi lembar kerja *spreadsheet* yang dibuat dan didistribusikan oleh Microsoft Corporation untuk sistem operasi Microsoft Windows dan Mac OS¹⁴. Aplikasi ini memiliki fitur kalkulasi dan pembuatan grafik yang, dengan menggunakan strategi *marketing* Microsoft yang agresif, menjadikan Microsoft Excel sebagai salah satu program komputer yang populer digunakan di dalam komputer mikro hingga saat ini. Bahkan, saat ini program ini merupakan program *spreadsheet* paling banyak digunakan oleh banyak pihak, baik di *platform* PC berbasis Windows maupun *platform* Macintosh berbasis Mac OS, semenjak versi 5.0 diterbitkan pada tahun 1993.

Penelitian penjadwalan distribusi ini didasarkan pada fungsi objektif yaitu mengeliminasi antrian dengan *makespan* kecil dari 30 hari, maka dihasilkan urutan jadwal kegiatan untuk setiap kapal. Langkah-langkah program dapat dilihat pada Gambar 4.1. Berikut langkah-langkah pembuatan program berdasarkan algoritma *DE*:

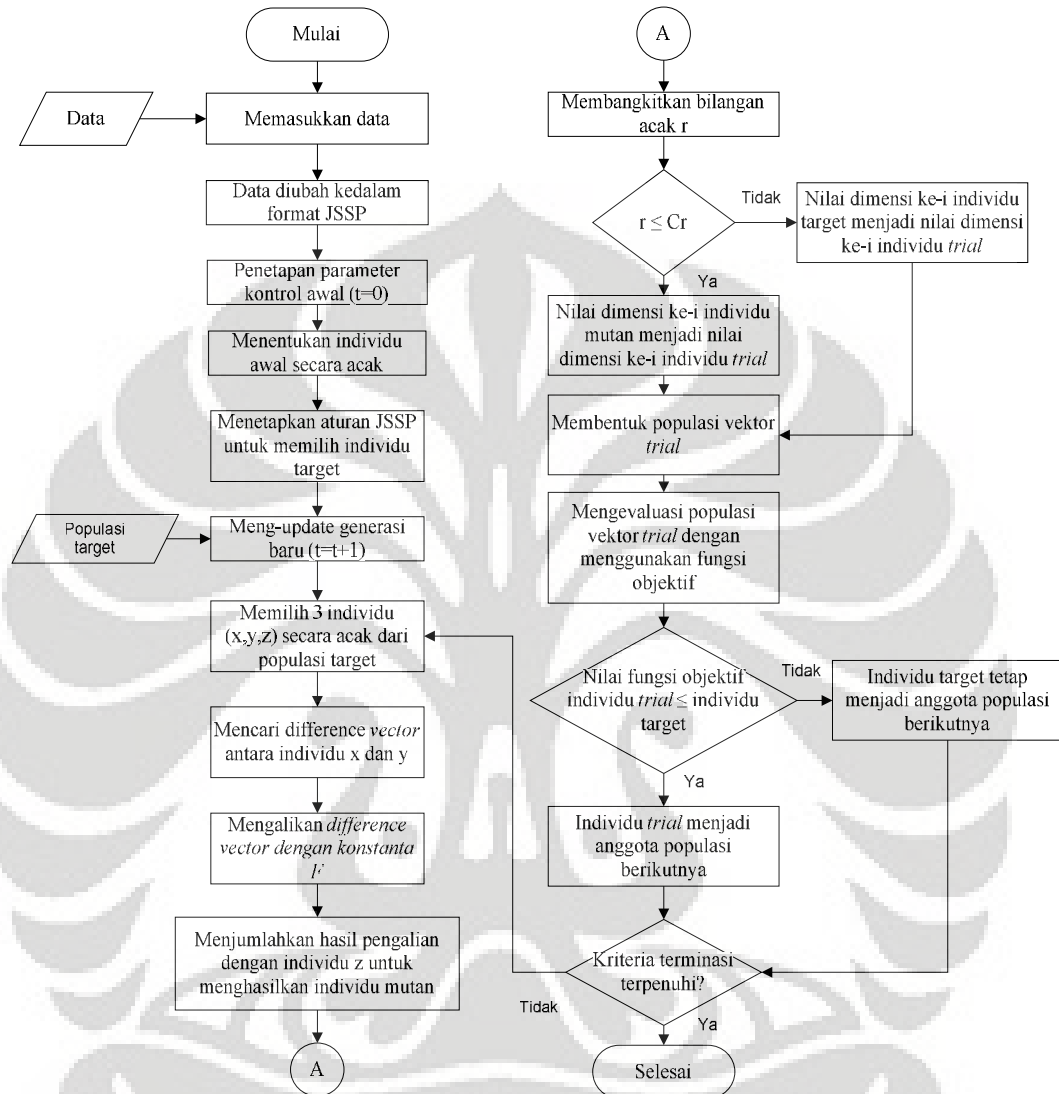
1. Penerapan parameter kontrol

Ada tiga parameter kontrol yang ditetapkan nilainya, yaitu ukuran populasi (Np), parameter kontrol mutasi (F) dan parameter kontrol pindah silang (Cr). Ukuran populasi merupakan parameter untuk menentukan jumlah solusi awal. Pada permasalahan ini, variabel yang menentukan adalah jumlah operasi awal sebelum minimalisasi jumlah kapal (*job*) yaitu 13 kapal ($\max \text{job}$) dikali dengan 8 kegiatan kapal (*machine*) perkapalnya, menghasilkan 78 ukuran populasi.

Nilai parameter permutasi dan pindah silang terbaik ditetapkan berdasarkan percobaan yang dilakukan untuk nilai F antara 0,4-1 dan nilai Cr antara 0,5-1. Parameter F dan Cr memberikan hasil paling baik dari segi

¹⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel_2007.

minimum maxspan, sehingga hasil yang paling kecil adalah yang paling baik. Selain 3 parameter kontrol diatas, pada tahap ini juga ditentukan kriteria terminasi program.



Gambar 4.1. Diagram Alir Program Penjadwalan JSSP

2. Menentukan populasi awal

Populasi awal merupakan sebuah matriks yang berisi sejumlah individu awal. Untuk kasus JSSP ini, setiap individu awal akan merepresentasikan jumlah *job* (kapal) untuk melakukan kegiatan di tiap-tiap mesin, yang ditentukan secara acak. Setiap individu awal dicari dengan rumus:

$$\text{Individu awal} = \text{batas_bawah} + (\text{batas_atas} - \text{batas_bawah}) \times \text{bilangan acak} \quad (4.1)$$

Pada proses ini digunakan bilangan acak sebesar 0 sampai dengan 1. Sedangkan untuk batas atas dan batas bawah ditetapkan sebesar -1 sampai dengan 1. Pada kasus ini, parameter ukuran populasi adalah jumlah kapal (*max job*) dikali dengan kegiatan kapal (*machine*) menghasilkan 78 ukuran populasi. Maka populasi awal merupakan matriks berukuran 13 X 8.

3. Proses Mutasi

Proses mutasi bertujuan untuk membuat individu baru yang disebut individu mutan. Secara teori, individu ini merupakan individu awal yang mengalami perubahan nilai pada dimensinya. Oleh karena itu, untuk membuatnya harus diambil 3 individu acak dari populasi awal, seperti rumus dibawah ini:

$$\text{Individu mutan} = a + (b-c) * F \quad (4.2)$$

4. Pindah silang

Proses pindah silang bertujuan untuk membentuk individu baru yaitu individu *trial* yang berasal dari individu target dan individu mutan, dengan mempertimbangkan parameter pindah silang (*Cr*) dan bilangan acak. Jika bilangan acak r (0-1) yang dihasilkan lebih kecil atau sama dengan *Cr* maka yang berpeluang menjadi nilai dimensi ke-*i* individu *trial* adalah nilai dimensi ke-*i* individu mutan. Sebaliknya, Jika bilangan acak r (0-1) yang dihasilkan lebih besar dari *Cr* maka yang berpeluang menjadi nilai dimensi ke-*i* individu *trial* adalah nilai dimensi ke-*i* individu target (awal).

5. Proses seleksi

Proses ini merupakan tahap untuk menentukan individu yang layak masuk ke generasi berikutnya, yaitu dengan cara membandingkan nilai fungsi objektif individu target dengan nilai fungsi objektif individu *trial*. Untuk kasus ini, individu dengan *makespan* terkecil.

6. Terminasi

Tahap ke-2 hingga 5 merupakan proses untuk 1 kali iterasi. Proses ini akan berulang terus sampai dengan jumlah iterasi mencapai angka 2000. Selanjutnya akan memilih waktu sisa terkecil dan *makespan* kurang dari 30 hari dengan 2000 iterasi yang telah dilakukan.

4.2.2. Percobaan nilai F dan Cr terbaik

Kriteria terminasi dapat ditentukan berdasarkan jumlah iterasi maksimum atau waktu proses. Pada kasus ini, kriteria yang digunakan adalah jumlah iterasi maksimum sebanyak 2000 iterasi. Untuk menemukan nilai F dan Cr terbaik, dilakukan percobaan dengan 10 kali pengulangan untuk setiap kombinasi F dan Cr menggunakan ukuran populasi 78 dan iterasi sebanyak 2000. Nilai yang diukur adalah *makespan* total operasi terbaik, karena dinilai mewakili fungsi objektif JSS. Berikut hasil rata-rata percobaan pada Tabel 4.2.

Dilihat dari tabel 4.2., hampir semua parameter memberikan hasil paling baik kecuali untuk F yang bernilai 0,7 dan 1. Oleh karena itu, kita bisa menggunakan nilai F sebesar 0,5 dan Cr sebesar 0,5 untuk melakukan pengolahan data selanjutnya.

Tabel 4.2. Hasil Percobaan Kombinasi F dan Cr Rata-rata Terbaik (dalam hari)

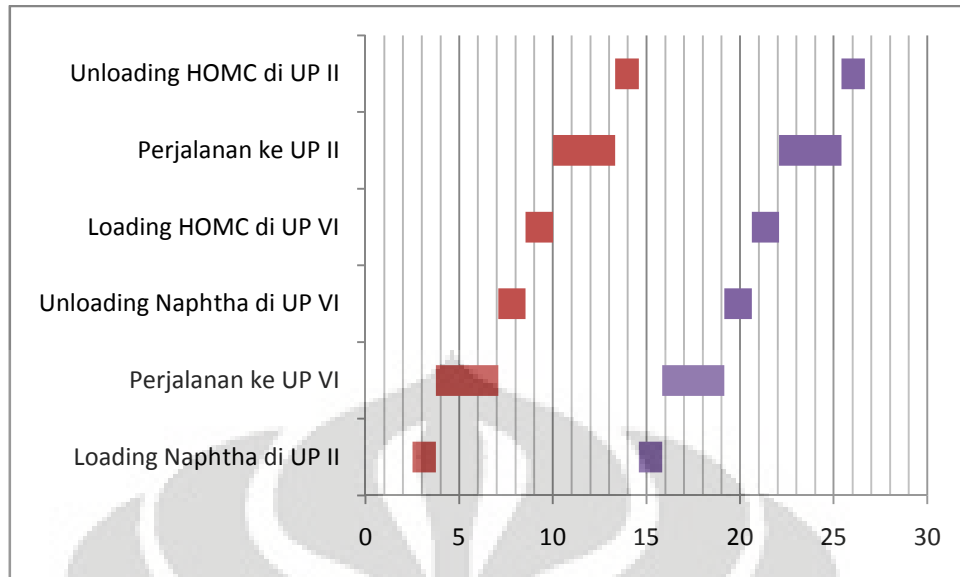
F	Cr	Makespan	F	Cr	Makespan	F	Cr	Makespan
0,4	0,5	27,51	0,7	0,5	30,56	0,9	0,5	27,51
	0,6	27,51		0,6	30,665		0,6	27,51
	0,7	27,51		0,7	30,56		0,7	27,51
	0,8	27,51		0,8	30,228		0,8	27,51
	0,9	27,51		0,9	30,915		0,9	27,51
	1	27,51		1	31,005		1	27,51
0,5	0,5	27,51	0,8	0,5	27,51	1	0,5	30,88
	0,6	27,51		0,6	27,51		0,6	30,206
	0,7	27,51		0,7	27,51		0,7	30,332
	0,8	27,51		0,8	27,51		0,8	30,25
	0,9	27,51		0,9	27,51		0,9	30,228
	1	27,51		1	27,51		1	30,374
0,6	0,5	27,51						
	0,6	27,51						
	0,7	27,51						
	0,8	27,51						
	0,9	27,51						
	1	27,51						

4.3. Analisa Hasil Pengolahan Data

Pengolahan data selanjutnya adalah dengan menggunakan data hasil program JSSP dan algoritma DE untuk membuat jadwal baru kedalam *gant chart* tanggal untuk memudahkan SDM di perusahaan menjadwalkan distribusi selanjutnya. Dengan menggunakan jadwal yang baru, maka tidak terjadi antrian dan proses distribusi berjalan dengan baik. Dari hasil pengolahan data, kita juga dapat membandingkan jadwal lama yang digunakan perusahaan dengan jadwal baru berupa tanggal kegiatan bongkar-muat kapal di masing-masing UP.

4.3.1 Unit Penyulingan II Dumai

UP II Dumai memerlukan 1 kapal berkapasitas 200 ribu barrel untuk melakukan kegiatan distribusi dari dan ke UP VI Balongan, dalam permasalahan ini menggunakan kapal 1. Kita dapat melihat jadwal kegiatan kapal 1 dari hasil akhir program pada Gambar 4.3.



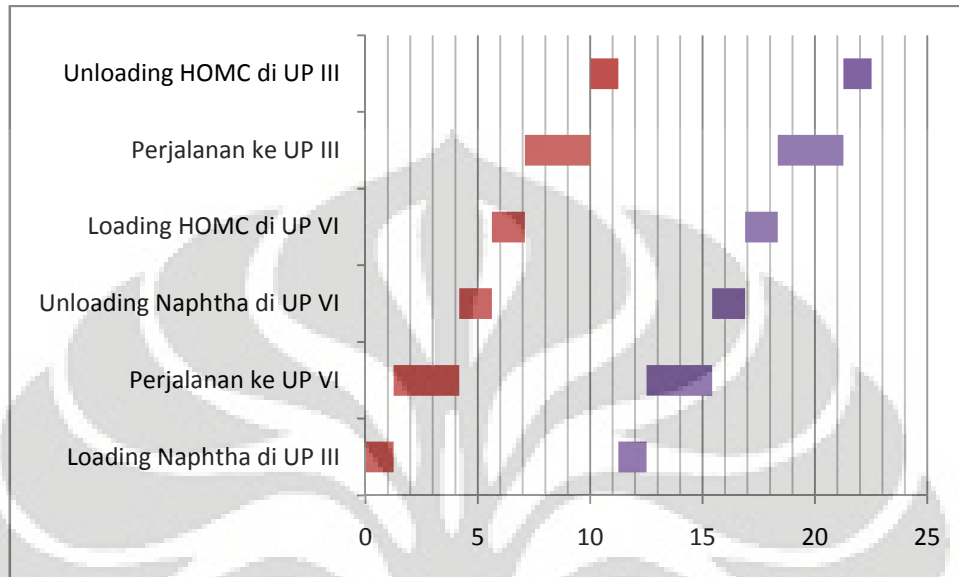
Gambar 4.2 Jadwal Kegiatan kapal 1

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat kapal 1 memerlukan 2 siklus untuk memenuhi kebutuhan UP II. Kegiatan kapal 1 berjalan secara kontinyu tanpa ada waktu menunggu antar kegiatannya. Hal ini dapat menghilangkan penggunaan kapal tanpa adanya kegiatan. Total penggunaan kapal 1 adalah selama 24,16 hari, dengan rincian sebagai berikut:

1. *Loading* Naphtha (LN) di UP II selama 2 x 1,25 hari, pada hari ke 2,51 dan 14,59
2. Perjalanan dari UP II ke UP VI (P II-VI) selama 2 x 3,33 hari, pada hari ke 3,76 dan 15,84
3. *Unloading* Naphtha (ULN) di UP VI selama 2 x 1,46 hari, pada hari ke 7,09 dan 19,17
4. *Loading* HOMC di UP VI (LH) selama 2 x 3,33 hari, pada hari ke 8,55 dan 20,63
5. Perjalanan dari UP VI ke UP II (P VI-II) selama 2 x 1,46 hari, pada hari ke 10,01 dan 22,09
6. *Unloading* HOMC (ULH) di UP II selama 2 x 1,25 hari, pada hari ke 13,34 dan 25,42

4.3.2. Unit Penyulingan III Plaju

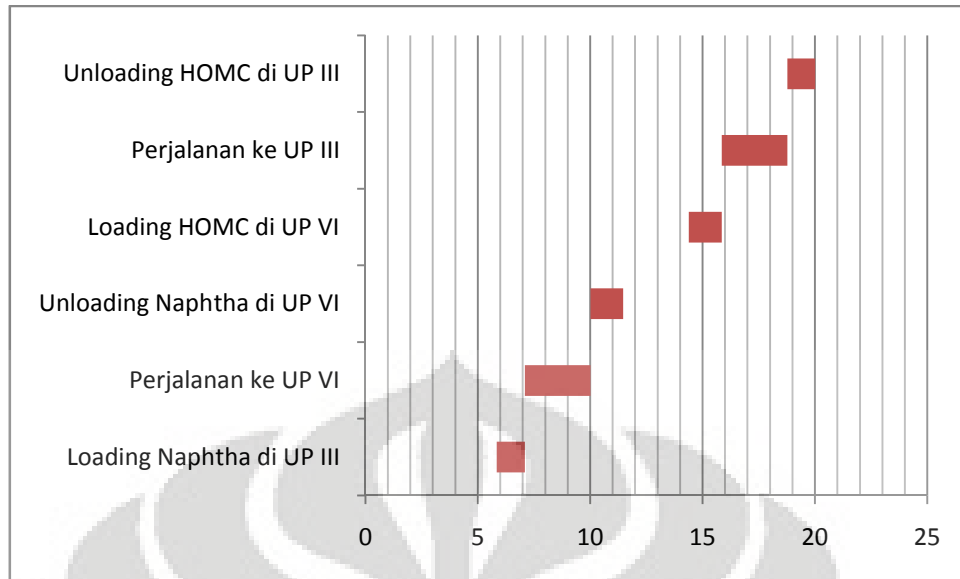
UP III Plaju memerlukan 3 kapal berkapasitas 70 ribu barrel untuk melakukan kegiatan distribusi dari dan ke UP VI Balongan, dalam permasalahan ini menggunakan kapal 2, kapal 3 dan kapal 4.



Gambar 4.3 Jadwal Kegiatan kapal 2

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat kapal 2 memerlukan 2 siklus untuk memenuhi kebutuhan UP III dengan bantuan kapal 3 dan kapal 4. Kegiatan kapal 2 berjalan secara kontinyu tanpa ada waktu menunggu antar kegiatannya. Total penggunaan kapal 2 adalah selama 22,52 hari, dengan rincian sebagai berikut:

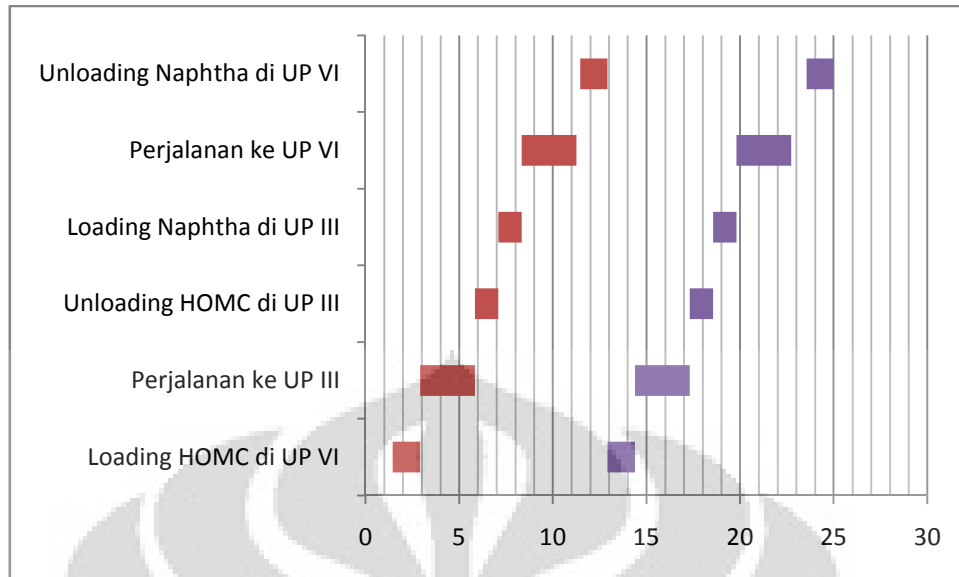
1. LN di UP III selama 2 x 1,25 hari, pada hari ke 0 (pertama) dan 11,26
2. P III-VI selama 2 x 2,92 hari, pada hari ke 1,25 dan 12,51
3. ULN di UP VI selama 2 x 1,46 hari, pada hari ke 4,17 dan 15,43
4. LH selama 2 x 3,33 hari, pada hari ke 5,63 dan 16,89
5. P VI-III selama 2 x 2,92 hari, pada hari ke 7,09 dan 18,35
6. ULH di UP III selama 2 x 1,25 hari, pada hari ke 10,01 dan 21,27



Gambar 4.4 Jadwal Kegiatan kapal 3

Dari Gambar 4.5 dapat dilihat kapal 3 hanya memerlukan 1 siklus untuk memenuhi kebutuhan UP III dengan bantuan kapal 2 dan kapal 4. Kegiatan kapal 3 tidak berjalan secara kontinyu, karena ada jeda waktu antara kegiatan *Unloading* Naphtha di UP VI (ULN) dengan kegiatan *loading* HOMC di UP VI. Hal ini dilakukan untuk memperlancar kegiatan kapal-kapal lain di UP VI dan tidak berpengaruh terhadap waktu total penggunaan kapal 3. Total penggunaan kapal 3 adalah selama 14,18 hari, dengan rincian sebagai berikut:

1. LN di UP III selama 1,25 hari pada hari ke 5,84
2. P III-VI selama 2,92 hari pada hari ke 7,09
3. ULN di UP VI selama 1,46 hari pada hari ke 10,01
4. LH selama 3,33 hari pada hari ke 14,39
5. P VI-III selama 2,92 hari pada hari ke 15,85
6. ULH di UP III selama 1,25 hari pada hari ke 18,77



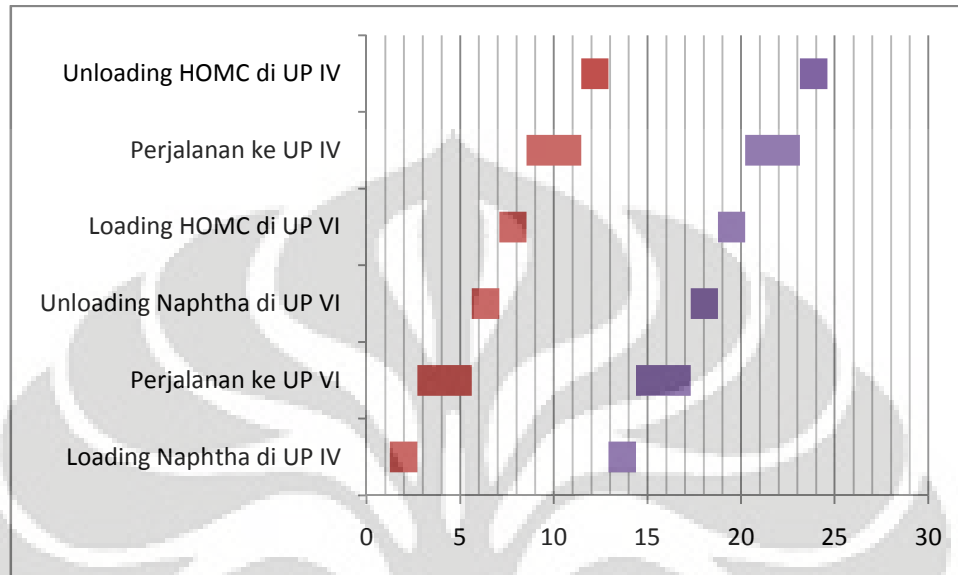
Gambar 4.5 Jadwal Kegiatan kapal 4

Urutan kegiatan kapal 4 berbeda dengan kapal 2 dan kapal 3 meskipun sama-sama melayani pemenuhan kebutuhan UP III. Kegiatan kapal 4 dimulai dengan kegiatan *Loading* HOMC di UP VI (LH) dan diakhiri dengan kegiatan *Unloading* Naphtha di UP III (ULN). Hal ini dilakukan untuk menyelaraskan kebutuhan UP III tanpa mengganggu siklus kegiatan kapal 2 dan kapal 3. Dari Gambar 4.6 dapat dilihat kapal 4 memerlukan 2 siklus untuk memenuhi kebutuhan UP III dengan bantuan kapal 2 dan kapal 3. Kegiatan kapal 4 berjalan secara kontinyu tanpa ada waktu menunggu antar kegiatannya. Total penggunaan kapal 4 adalah selama 23,55 hari, dengan rincian sebagai berikut:

1. LH selama 2 x 3,33 hari, pada hari ke 1,46 dan 12,39
2. P VI-III selama 2 x 2,92 hari, pada hari ke 2,92 dan 14,39
3. ULH di UP III selama 2 x 1,25 hari, pada hari ke 5,84 dan 17,31
4. LN di UP III selama 2 x 1,25 hari, pada hari ke 7,09 dan 18,56
5. P III-VI selama 2 x 2,92 hari, pada hari ke 8,34 dan 19,81
6. ULN di UP VI selama 2 x 1,46 hari, pada hari ke 11,47 dan 23,55

4.3.3 Unit Penyulingan IV Cilacap

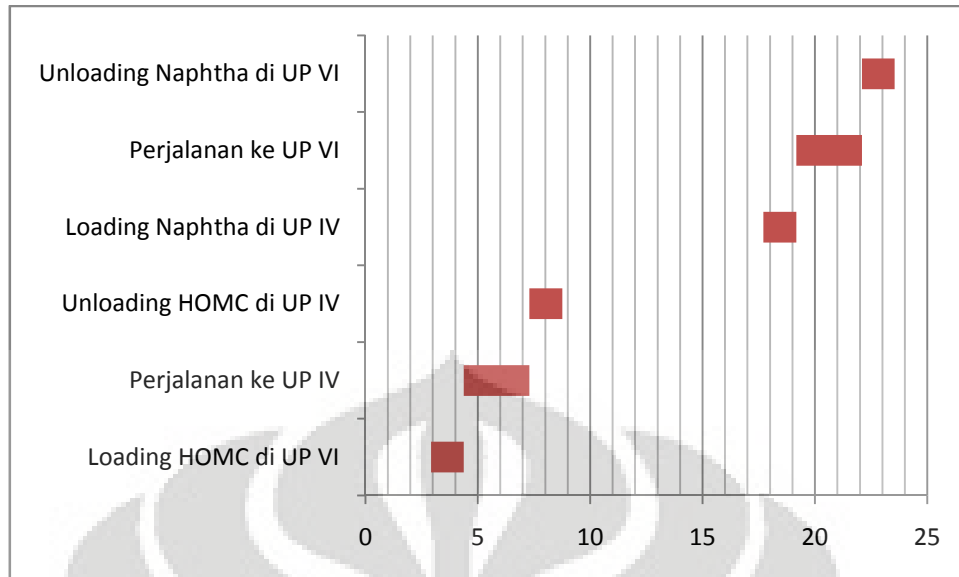
UP IV Cilacap memerlukan 2 kapal berkapasitas 200 ribu barrel untuk melakukan kegiatan distribusi dari dan ke UP VI Balongan, dalam permasalahan ini menggunakan kapal 5 dan kapal 6.



Gambar 4.6 Jadwal Kegiatan kapal 5

Dari Gambar 4.7 dapat dilihat kapal 5 memerlukan 2 siklus untuk memenuhi kebutuhan UP IV dengan bantuan kapal 6. Kegiatan kapal 5 berjalan secara kontinyu tanpa ada waktu menunggu antar kegiatannya. Total penggunaan kapal 5 adalah selama 23,36 hari, dengan rincian sebagai berikut:

1. LN di UP IV selama 2 x 1,46 hari pada hari ke 1,25 dan 12,93
2. P IV-VI selama 2 x 2,92 hari pada hari ke 2,71 dan 14,39
3. ULN selama 2 x 1,46 hari pada hari ke 5,63 dan 17,31
4. LH selama 2 x 3,33 hari pada hari ke 7,09 dan 18,77
5. P VI-IV selama 2 x 2,92 hari pada hari ke 8,55 dan 20,23
6. ULH di UP IV selama 2 x 1,46 hari pada hari ke 11,47 dan 23,15



Gambar 4.7 Jadwal Kegiatan kapal 6

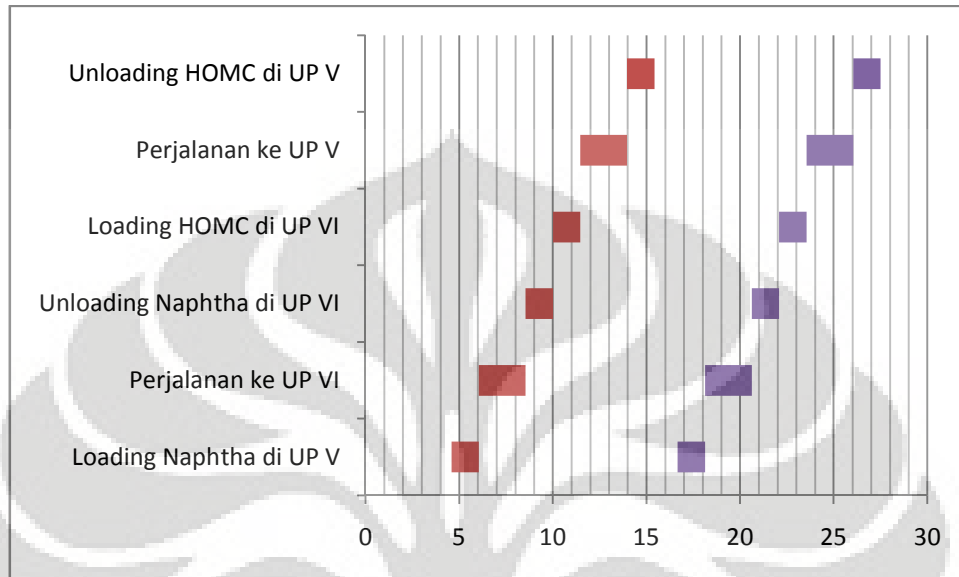
Urutan kegiatan kapal 6 berbeda dengan kapal 5 meskipun sama-sama melayani pemenuhan kebutuhan UP IV. Kegiatan kapal 5 dimulai dengan kegiatan *Loading* HOMC di UP VI (LH) dan diakhiri dengan kegiatan *Unloading* Naphtha di UP III (ULN). Seperti kapal 4, Hal ini dilakukan untuk menyelaraskan kebutuhan UP IV tanpa mengganggu siklus kegiatan kapal 5.

Dari Gambar 4.8 dapat dilihat kapal 6 hanya memerlukan 1 siklus untuk memenuhi kebutuhan UP IV dengan bantuan kapal 5. Kegiatan kapal 6 tidak berjalan secara kontinyu, karena ada jeda waktu antara kegiatan *Unloading* Naphtha di UP VI (ULN) dengan kegiatan *loading* HOMC di UP VI. Hal ini dilakukan untuk memperlancar kegiatan kapal-kapal lain di UP VI dan tidak berpengaruh terhadap waktu total penggunaan kapal 6. Total penggunaan kapal 6 adalah selama 20,63 hari, dengan rincian sebagai berikut:

1. LH selama 3,33 hari pada hari ke 2,92
2. P VI-IV selama 2,92 hari pada hari ke 4,38
3. ULH di UP IV selama 1,46 hari pada hari ke 7,3
4. LN di UP IV selama 1,46 hari pada hari ke 14,39
5. P IV-VI selama 2,92 hari pada hari ke 15,85
6. ULN selama 1,46 hari pada hari ke 22,09

4.3.4. Unit Penyulingan V Balikpapan

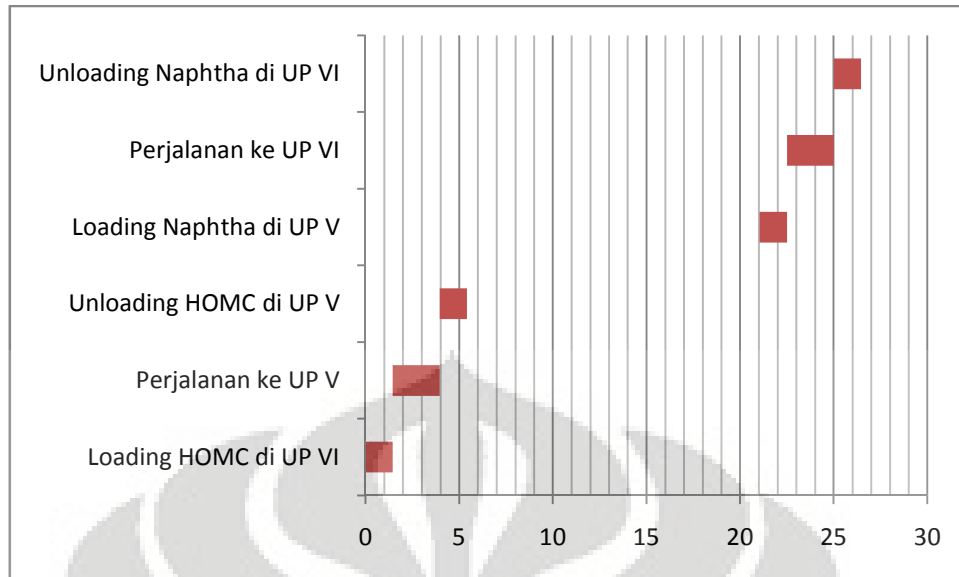
UP V Balikpapan memerlukan 2 kapal berkapasitas 200 ribu barrel untuk melakukan kegiatan distribusi dari dan ke UP VI Balongan, dalam permasalahan ini menggunakan kapal 7 dan kapal 8.



Gambar 4.8 Jadwal Kegiatan kapal 7

Dari Gambar 4.9 dapat dilihat kapal 7 memerlukan 2 siklus untuk memenuhi kebutuhan UP V dengan bantuan kapal 8. Kegiatan kapal 6 tidak berjalan secara kontinyu, karena ada jeda waktu antara kegiatan *Unloading* Naphtha di UP VI (ULN) dengan kegiatan *loading* HOMC di UP VI selama 1,24 hari. Hal ini dilakukan untuk memperlancar kegiatan kapal-kapal lain di UP VI. Total penggunaan kapal 7 adalah selama 22,92 hari, dengan rincian sebagai berikut:

1. LN di UP V selama 2 x 1,46 hari pada hari ke 4,59 dan 16,67
2. P V-VI selama 2 x 2,5 hari pada hari ke 6,05 dan 18,13
3. ULN selama 2 x 1,46 hari pada hari ke 8,55 dan 20,63
4. LH selama 2 x 3,33 hari pada hari ke 10,01 dan 22,09
5. P VI-V selama 2 x 2,5 hari pada hari ke 11,47 dan 23,55
6. ULH di UP V selama 2 x 1,46 hari pada hari ke 13,97 dan 26,05



Gambar 4.9 Jadwal Kegiatan kapal 8

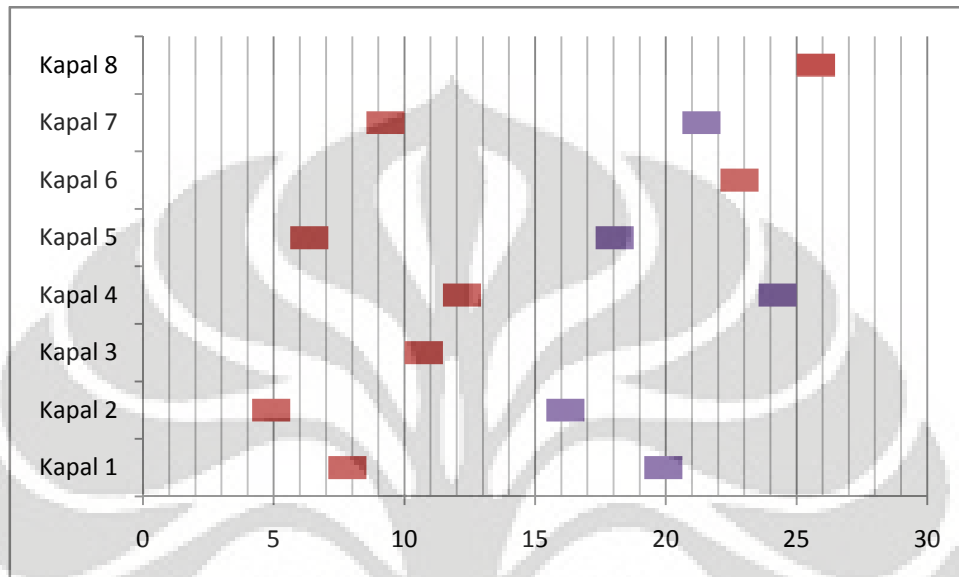
Urutan kegiatan kapal 8 berbeda dengan kapal 7 meskipun sama-sama melayani pemenuhan kebutuhan UP V. Kegiatan kapal 8 dimulai dengan kegiatan *Loading* HOMC di UP VI (LH) dan diakhiri dengan kegiatan *Unloading* Naphtha di UP III (ULN). Seperti kapal 4 dan 6, hal ini dilakukan untuk menyelaraskan kebutuhan UP V tanpa mengganggu siklus kegiatan kapal 7.

Dari Gambar 4.10 dapat dilihat kapal 8 hanya memerlukan 1 siklus untuk memenuhi kebutuhan UP V dengan bantuan kapal 7. Kegiatan kapal 8 tidak berjalan secara kontinyu, karena ada jeda waktu antara kegiatan *Unloading* Naphtha di UP VI (ULN) dengan kegiatan *loading* HOMC di UP VI selama 15,63 hari. Hal ini dilakukan untuk memperlancar kegiatan kapal-kapal lain di UP VI. Total penggunaan kapal 8 adalah selama 26,47 hari, dengan rincian sebagai berikut:

1. LH selama 3,33 hari pada hari ke 0 (pertama)
2. P VI-V selama 2,5hari pada hari ke 1,46
3. ULH di UP V selama 1,46 hari pada hari ke 3,96
4. LN di UP V selama 1,46 hari pada hari ke 21,05
5. P V-VI selama 2,5 hari pada hari ke 22,51
6. ULN selama 1,46 hari pada hari ke 25,01

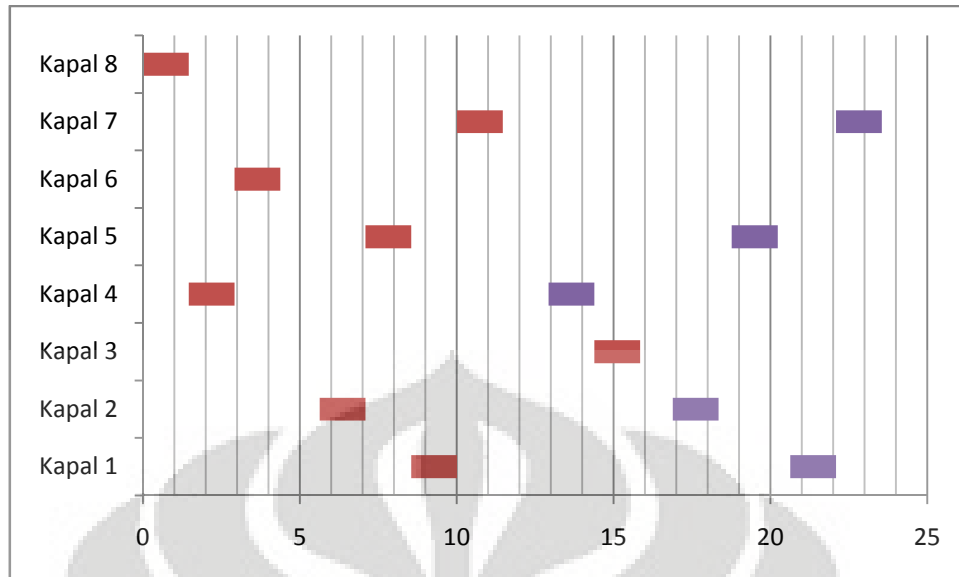
4.3.5. Unit Penyulingan VI Balongan

UP VI Balongan memiliki 2 dermaga sehingga dapat melakukan kegiatan *unloading* Naphtha dan *loading* HPMC secara bersamaan. Berikut dapat dilihat tanggal kegiatan *unloading* Naphtha dan *loading* HPMC di UP VI Balongan pada Gambar 4.11 dan 4.12



Gambar 4.10 Jadwal Kegiatan *Unloading* Naphtha di UP VI Balongan

Dari Gambar 4.11 dapat dilihat kegiatan *Unloading* Naphtha di UP VI Balongan berjalan dengan lancar dan tidak ada antrian. Total penggunaan dermaga adalah selama 22,3 hari. Jika diasumsikan waktu kerja dermaga sebulan adalah 30 hari, maka tersedia 7,7 hari waktu kosong yang dapat digunakan untuk kegiatan pemeliharaan dan lain-lain.



Gambar 4.11 Jadwal Kegiatan *Loading* HOMC di UP VI Balongan

Dari Gambar 4.12 dapat dilihat kegiatan *loading* HOMC di UP VI Balongan berjalan dengan lancar dan tidak ada antrian. Terdapat 3 unit kapal yang melakukan kegiatan ini sebagai kegiatan pertamanya, yaitu:

1. kapal 4 pada hari ke 1,46
2. kapal 6 pada hari ke 2,92
3. kapal 8 pada hari ke 0 (pertama)

Total penggunaan dermaga adalah selama 23,55 hari. Jika diasumsikan waktu kerja dermaga sebulan adalah 30 hari, maka tersedia 6,45 hari waktu kosong yang dapat digunakan untuk kegiatan pemeliharaan dan lain-lain.

4.3.6 Kegiatan Bongkar-Muat

Dari tabel 4.3 kita dapat melihat perubahan tanggal kegiatan bongkar-muat dimasing-masing UP. Kegiatan bongkar-muat merupakan kegiatan *loading* Naphtha di UP II, UP III, UP IV, dan UP V dan kegiatan *loading* HOMC di UP VI. Hari pertama kegiatan dimulai dari hari ke-1, dimana nilai data keluaran ditambah satu dan dibulatkan ke atas agar memudahkan pembacaan.

Tabel 4.3 Perbandingan Tanggal Bongkar-muat

Unit Penyulingan	Tanggal Kegiatan Bongkar-muat		Unit Penyulingan	Tanggal Kegiatan Bongkar- muat			
	Lama	Baru		UP Tujuan	Lama	Baru	
UP II Dumai	06	01	UP VI Balongan	UP II Dumai	10	10	
	20	16			24	22	
UP III Plaju	01	01		UP III Plaju	01	07	
	04	13			03	18	
	10	03			08	16	
	16	09			15	03	
	22	20			21	14	
	24	-			UP IV Cilacap	04	09
	26	-				15	20
	28	-				02	04
UP IV Cilacap	05	1		UP V Balikpapan	07	12	
	08	14			19	24	
	24	16			29	01	
UP V Balikpapan	02	01					
	11	17					
	20	23					
	29	-					

Terdapat 3 kegiatan kosong di UP III Plaju dan 1 kegiatan kosong di UP V Balikpapan yang tidak diperlukan pada jadwal baru untuk kegiatan *loading* Naphtha.

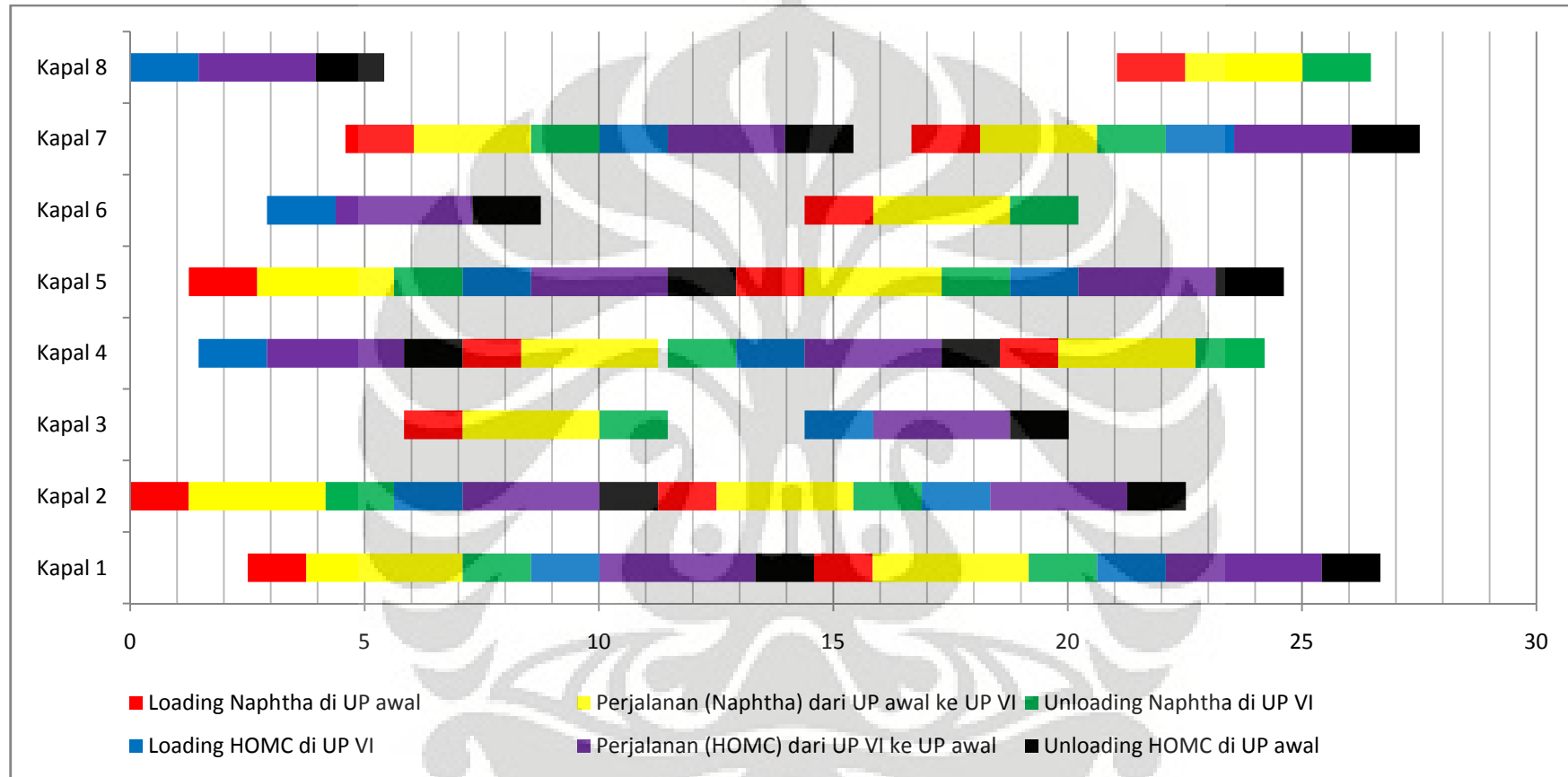
4.3.7 Kegiatan Keseluruhan

Dari Gambar 4.13, kita dapat melihat jadwal kegiatan keseluruhan semua kapal. Total waktu untuk memenuhi kebutuhan dari ke 4 UP awal adalah selama 27,51 hari, dengan rincian total waktu kegiatan di masing-masing UP sebagai berikut:

1. UP II selama 24,16 hari
2. UP III selama 25,01 hari
3. UP IV selama 23,36 hari
4. UP V selama 27,51 hari

Kegiatan kapal 1, kapal 2, kapal 4, kapal 5 dan kapal 7 disusun secara kontinyu sebagai kegiatan utama untuk memenuhi kebutuhan masing-masing UP. Penyusunan kegiatan kelima kapal tersebut untuk mengurangi waktu penggunaan kapal yang melakukan 2 siklus dalam 1 bulannya. Untuk kapal 1, kapal 2, dan kapal 5 tidak terjadi jeda antar kegiatan. Pada kapal 4 dan kapal 7 terjadi jeda antar tiap siklus.

Untuk kapal 3, kapal 6 dan kapal 8, pengosongan waktu penggunaan kapal tidak berpengaruh terhadap waktu total kegiatan distribusi yaitu 27,51 hari. Hal ini dikarenakan ketiga kapal tersebut hanya melakukan 1 siklus dalam 1 bulannya. Jeda antar kegiatan pada kapal 3, kapal 6 dan kapal 8 terjadi disetiap pengerjaan 3 kegiatan. Setiap penyelesaian 3 kegiatan ini mewakili proses distribusi per jenis produk, yaitu 3 kegiatan untuk distribusi Naphtha dan 3 kegiatan untuk distribusi HOMC.



Gambar 4.12 Jadwal Kegiatan Kapal Keseluruhan

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis dari penjadwalan distribusi Naphtha dan HOMC dengan menggunakan metode Metode *Job-Shop Scheduling Problem* dan Algoritma *DE* dengan bantuan VBA:

1. Didapat jadwal yang memiliki dasar matematis yang kuat dengan menggunakan metode *Job-Shop Scheduling Problem* dan Algoritma *Differential Evolution*,
2. Kebutuhan setiap kilang dapat terpenuhi sesuai dengan jadwal yang diberikan,
3. Tidak terjadi antrian di tiap-tiap dermaga Unit Penyulingan.

Penjadwalan dilakukan dengan menggunakan metode JSSP untuk menentukan model matematis dan pengolahan data menjadi format data JSSP. Untuk iterasinya menggunakan algoritma DE sehingga mendapatkan *makespan* minimum sebesar 27,51 hari, dengan beberapa parameter kontrol, yaitu:

1. Ukuran populasi sebesar 78
2. Jumlah Iterasi sebanyak 2000
3. Faktor permutasi (F) sebesar 0,5 dan,
4. Faktor pindah-silang (Cr) sebesar 0,5

Kebutuhan setiap kilang dapat terpenuhi dengan penggunaan data kebutuhan Naphtha dan HOMC maksimum untuk setiap Unit Penyulingannya. Sehingga jadwal dapat disesuaikan sesuai dengan perubahan kebutuhan kilang. Batasan (2.3) pada model matematis memastikan pengerjaan operasi dalam setiap job harus berurutan sehingga kegiatan dapat berjalan secara teratur.

Batasan (2.4) pada model matematis yang menyatakan kepastian tidak adanya dua operasi yang dilakukan secara bersamaan pada satu mesin di waktu yang sama, dapat menghindarkan terjadi antrian pada tiap-tiap dermaga.

5.2. Saran

Program ini masih bisa dikembangkan lebih jauh, terutama dengan memasukkan variabel biaya dalam program. Diharapkan dengan adanya program ini, kedepannya perusahaan dapat memberikan tambahan data berupa data-data biaya untuk pengembangan program kedepannya.



DAFTAR REFERENSI

- Al-Yakoob, Salem Mohammed. Mixed-Integer Mathematical Programming Optimization Models and Algorithms for an Oil Tanker Routing and Scheduling Problem
- Baker, K.R. 1990. Introduction to Sequencing and Scheduling. Partmouth College
- Brown, G. G., Graves, G. W., and Ronen, D. 1987. Scheduling Ocean Transportation of Crude Oil.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Divide_and_conquer_algorithm
- http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel_2007.
- Michalewicz and D.B. Fogel. 2000. How to Solve It: Modern Heuristics. Berlin: Springer-Verlag
- Miloš Šeda. 2007. Mathematical Models of Flow Shop and Job Shop Scheduling Problems
- Price, Kenneth V, Rainer M. Storn, Jouni A. Lampinen.2005. *Differential Evolution: A Practical Approach to Global Optimization*. Germany: Springer.
- R. V. Rogers. 1991. "Multi-objective, multi-stage production scheduling: Generalizations of the machine scheduling problem".
- Rogers, Ralph V. and White. Jr, K. Preston. Algebraic, Mathematical Programming, and Network Models of the Deterministic Job-Shop Scheduling Problem.
- Wang ,Bo Ping and Patel ,Chirag N. 2002. Differential Evolution for Design Optimization.
- Warf, B. 1989. US Imports of Petroleum and Related Products in the 1980s.
- Z. Michalewicz and D.B. Fogel. 2000. How to Solve It: Modern Heuristics. Berlin: Springer-Verlag

Lampiran 1. Data Hasil Percobaan Kombinasi F dan Cr

F	Cr	Makespan										Rata-rata	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,4	0,5	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,6	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,7	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,8	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,9	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	1	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
0,5	0,5	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,6	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,7	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,8	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,9	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	1	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
0,6	0,5	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,6	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,7	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,8	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,9	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	1	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
0,7	0,5	31,06	31,06	31,06	28,56	31,06	31,06	31,06	31,06	28,56	31,06	31,06	30,56
	0,6	28,56	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	29,61	31,06	31,06	31,06	30,665
	0,7	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	28,56	31,06	28,56	31,06	30,56
	0,8	30,64	31,06	31,06	28,56	29,61	31,06	28,56	31,06	29,61	31,06	31,06	30,228
	0,9	29,61	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	30,915
	1	30,51	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,06	31,005

Lampiran 1. Data Hasil Percobaan Kombinasi F dan Cr (Lanjutan)

F	Cr	Makespan										Rata-rata	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,8	0,5	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,6	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,7	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,8	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,9	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	1	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
0,9	0,5	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,6	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,7	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,8	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	0,9	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
	1	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51	27,51
1	0,5	31,7	31,7	30,64	30,02	30,02	28,36	31,48	31,48	31,7	31,7	30,88	
	0,6	30,64	30,64	30,02	28,36	28,36	31,48	30,64	30,64	30,64	30,64	30,206	
	0,7	30,02	30,02	28,36	31,48	31,48	30,64	30,64	30,64	30,02	30,02	30,332	
	0,8	28,36	31,48	30,64	30,64	31,48	31,48	30,02	30,02	30,02	28,36	30,25	
	0,9	31,48	30,64	30,64	30,64	30,64	31,48	28,36	28,36	30,02	30,02	30,228	
	1	30,64	28,36	31,48	31,48	30,64	30,64	30,64	31,48	30,02	28,36	30,374	

Lampiran 2. Tampilan Program Input Data Umum

The screenshot displays the Microsoft Excel interface with a data input form for a genetic algorithm. The form is located in the range B5:D15 and consists of the following data:

No	Data	Nilai
Data Problem		
1	Jumlah Job	8
2	Jumlah Mesin	23
Data Algoritma		
3	Jumlah Populasi	78
4	Faktor Mutasi	0,4
5	Tingkat Crossover	0,5
6	Jumlah Local search	0
Data Terminasi		
7	Jumlah Iterasi Maksimum	2000

Below the table, a button labeled "RUN ALGORITHM" is positioned in cell B17. The Excel window title is "JSS_Min Maxspan_No antrian - Microsoft Excel". The status bar at the bottom shows the active sheet as "DataUmum" and the zoom level as 100%.

Lampiran 3. Tampilan Program Input Data Urutan Proses

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "JSS_Min Maxspan_No antrian - Microsoft Excel". The spreadsheet is used for data entry, with a large watermark of a university logo in the background. The data is organized as follows:

No	Total	URUTAN																	
1	12	1	6	14	15	16	1	1	6	14	15	16	1						
2	12	2	7	14	15	17	3	2	7	14	15	17	3						
3	6	2	8	14	15	18	3												
4	12	15	19	3	2	9	14	15	19	3	2	9	14						
5	12	4	10	14	15	20	4	4	10	14	15	20	4						
6	6	15	21	4	4	11	4												
7	12	5	12	14	15	22	5	5	12	14	15	22	5						
8	6	15	23	5	5	13	5												

The spreadsheet also shows a formula bar with "Q19" and a function icon. The bottom status bar indicates "Ready" and "100%".

Lampiran 4. Tampilan Program Input Data Waktu Proses

No	Total	WAKTU																					
1	24,16	1,25	3,33	1,46	1,46	3,33	1,25	1,25	3,33	1,46	1,46	3,33	1,25										
2	22,52	1,25	2,92	1,46	1,46	2,92	1,25	1,25	2,92	1,46	1,46	2,92	1,25										
3	11,26	1,25	2,92	1,46	1,46	2,92	1,25																
4	22,52	1,46	2,92	1,25	1,25	2,92	1,46	1,46	2,92	1,25	1,25	2,92	1,46										
5	23,36	1,46	2,92	1,46	1,46	2,92	1,46	1,46	2,92	1,46	1,46	2,92	1,46										
6	11,68	1,46	2,92	1,46	1,46	2,92	1,46																
7	21,68	1,46	2,50	1,46	1,46	2,50	1,46	1,46	2,50	1,46	1,46	2,50	1,46										
8	10,84	1,46	2,50	1,46	1,46	2,50	1,46																

Lampiran 5. Tampilan Program Input Data Mesin

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "JSS_Min Maxspan_No antrian - Microsoft Excel". The ribbon includes Home, Insert, Page Layout, Formulas, Data, Review, View, Developer, and Add-Ins. The active cell is E18. The spreadsheet contains a table with the following data:

No	Nama Mesin	Jumlah
1	LN/UNH UP II	1
2	LN UP III	1
3	UNH UP III	1
4	LN/UNH UP IV	1
5	LN/UNH V	1
6	K1 UP II	1
7	K2 UP III	1
8	K3 UP III	1
9	K4 UP III	1
10	K5 UP IV	1
11	K6 UP IV	1
12	K7 UP IV	1
13	K8 UP VI	1
14	ULN UP VI	1
15	LH UP VI	1
16	K1 UP II	1
17	K2 UP III	1
18	K3 UP III	1
19	K4 UP III	1
20	K5 UP IV	1
21	K6 UP IV	1
22	K7 UP IV	1
23	K8 UP VI	1