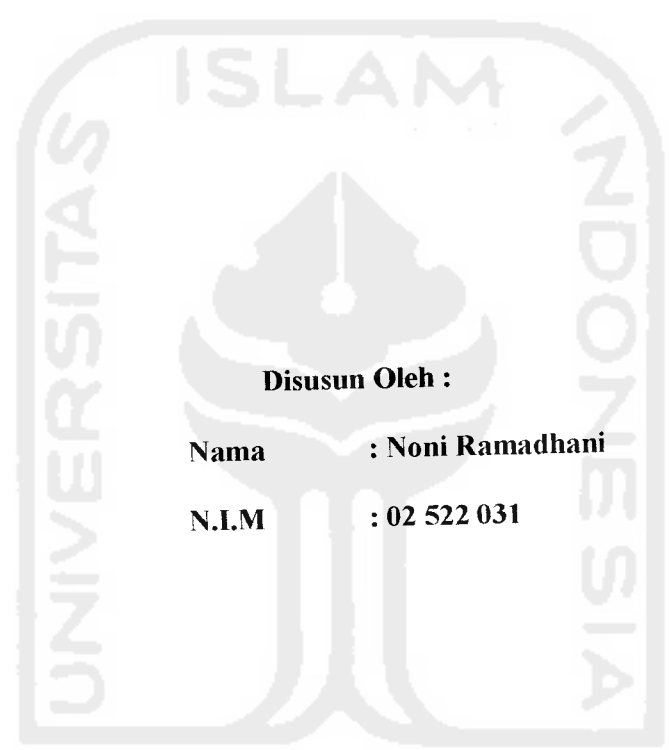


LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PENERAPAN ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING* UNTUK
PEMERATAAN JUMLAH TENAGA KERJA
PADA PROYEK KONSTRUKSI**

**(Studi kasus pada Proyek New Tissue Machine IKPP, PT.Mitrabangun
Adigraha, Perawang, Riau)**

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh :

Nama : Noni Ramadhani

N.I.M : 02 522 031

Yogyakarta, Juni 2007

Pembimbing,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'A. H.', is written over the name of the supervisor.

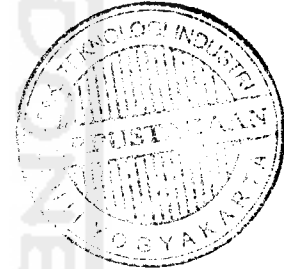
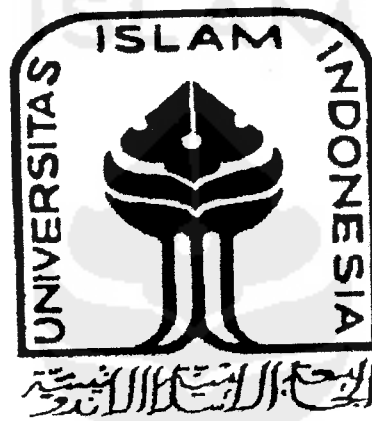
H. Taufik Imawan, ST, MM

**PENERAPAN ALGORITMA *SIMULATED ANNEALING* UNTUK
PEMERATAAN JUMLAH TENAGA KERJA
PADA PROYEK KONSTRUKSI**

**(Studi kasus pada Proyek New Tissue Machine IKPP, PT.Mitrabangun
Adigraha, Perawang, Riau)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Melaksanakan Tugas Akhir Pada
Jurusan Teknik Industri**



Disusun Oleh :

Nama : Noni Ramadhani

N.I.M : 02 522 031

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2007

PERSEMBAHAN

Karya ini ku persembahkan untuk.....

Kedua orang tua ku papa "Drs. Arifin Akhmad, Msi.Akt" dan mama "Dr. Nurhayati Majrul, M.Kes" yang telah membesarkan, mendidik serta mencurahkan segenap kasih sayang dan cintanya untuk-ku,

Kedua saudaraku kakak "Aridhanyati Arifin, ST" dan adik "Yazid Septiansyah", kalian merupakan penyemangat dan pelengkap dalam hidupku,

Keluarga besar Alm.Majrul, masukan dan dukungan kalian membuatku tak pernah berhenti dan berputus asa,

MOTTO

Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,
sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

(QS. Al Insyiraah : 5-6)

Dan terhadap nikmat Tuhan-mu, maka hendaklah kamu menyebut-nyebutnya (dengan
bersyukur)

(QS. Ad-Duha : 11)

Sesungguhnya proses hidup memberikan pelajaran yang tak ternilai harganya dan
menjadikan diri lebih dewasa

(private)

Pantang kembali sebelum tercapai puncak idaman

(Semboyan Malapa Unisi)

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr, Wb.

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul “Penerapan Algoritma *Simulated Annealing* Untuk Pemerataan Jumlah Tenaga Kerja Pada Proyek Konstruksi”.

Penyusunan Tugas Akhir ini terutama dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana (S1) di Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah menerima bantuan dan fasilitas serta bimbingan dari berbagai pihak. Dengan segenap ketulusan hati pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak H. Taufik Immawan, ST, MM, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan serta pengarahan.
4. Segenap Dosen dan Karyawan Fakultas Teknologi Industri , khususnya jurusan Teknik Industri atas segala dedikasinya dalam memberikan ilmu kepada penulis serta bantuan dalam berbagai hal.

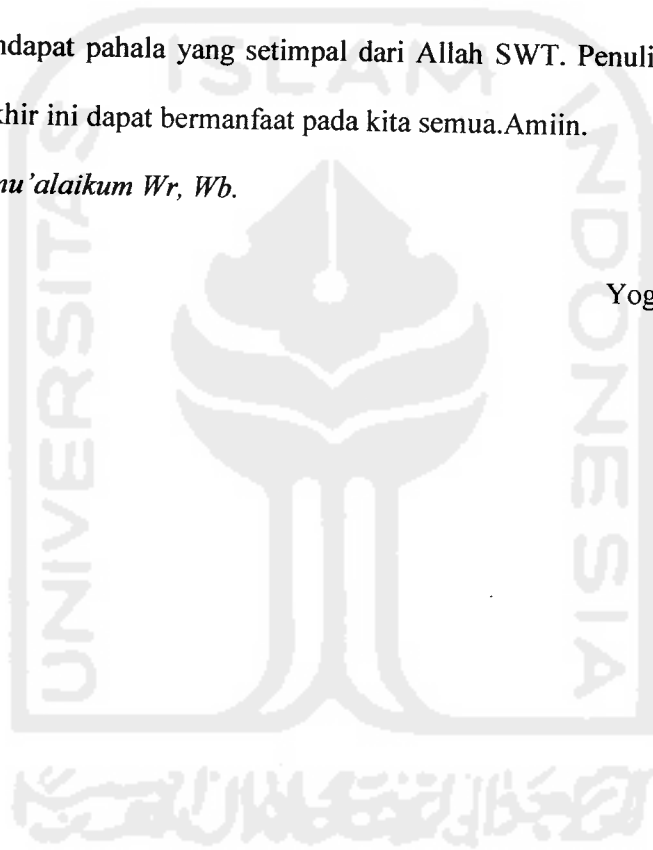
5. Bapak Yudi Wahyudi selaku Chief Manager di PT. Mitrabangun Adigraha Perawang, Riau yang telah banyak memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini.
6. Bapak Andy Rahmadsyah dari pihak PT. Indah Kiat Pulp And Paper, Tbk (IKPP) Perawang Riau selaku the owner dari proyek ini yang telah banyak memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian.

Semoga amal serta kebaikan budi yang telah diberikan kepada penulis akan mendapat pahala yang setimpal dari Allah SWT. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat pada kita semua. Amiin.

Wassalamu'alaikum Wr, Wb.

Yogyakarta, Juli 2007

Penyusun



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR GRAFIK.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
ABSTRAKSI.....	xiv
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
 BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Pengertian Manajemen Proyek.....	6
2.1.1 Definisi Manajemen.....	6
2.1.2 Definisi Proyek.....	7
2.1.3 Definisi Manajemen Proyek.....	8

2.2 Konsep Dasar Manajemen Proyek.....	9
2.2.1 Perencanaan Sumber Daya Manusia.....	11
2.3 Metode Dalam Perencanaan Jadwal Proyek.....	12
2.4 Pemerataan Tenaga Kerja (Resource Levelling).....	14
2.5 Penyusunan Jaringan Kerja CPM.....	15
2.6 Model Matematik.....	21
2.7 Simulated Annealing.....	24
2.7.1 Konsep Dasar.....	24
2.7.2 Algoritma.....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Studi Pustaka.....	34
3.2 Tempat dan Objek Penelitian.....	34
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	35
3.3.1 Data Primer.....	35
3.3.2 Data Sekunder.....	35
3.4 Pengolahan Data.....	35
3.4.1 Penentuan Jalur Kritis dengan Metode CPM.....	35
3.4.2 Kerangka Pemecahan Masalah dengan Algoritma Simulated Annealing.....	37
3.5 Diagram Alir Pemecahan Masalah.....	40
3.5.1 Diagram Alir Penelitian.....	40
3.5.2 Diagram Alir Metode Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	41
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	
4.1 Pengumpulan Data.....	42

4.1.1	Gambaran Umum Proyek.....	42
4.1.2	Gambaran Umum Pekerjaan.....	43
4.1.3	Aktivitas proyek, Durasi, Predecessor dan Batasan.....	44
4.1.4	Data Kebutuhan Tenaga Kerja Proyek.....	49
4.2	Pengolahan Data.....	53
4.2.1	Pembuatan Diagram Jaringan.....	53
4.2.2	Pengaturan Tingkatan Tenaker (Leveling) Awal.....	58
4.2.3	Penentuan Tingkatan Tenaga Kerja dengan Algoritma Simulated Annealing.....	59
4.2.3.1	Konfigurasi Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	59
4.2.3.2	Pengolahan Data dengan <i>Simulated Annealing</i>	60
4.2.3.3	Hasil Pengolahan Data dengan <i>Simulated Annealing</i>	60
4.2.3.4	Perbandingan Tingkat Performansi.....	64
BAB V PEMBAHASAN		
5.1	Kondisi Awal Perusahaan.....	65
5.2	Input-Input Data yang Digunakan.....	66
5.3	Hasil Pengolahan dengan <i>Simulated Annealing</i>	66
5.4	Analisis Hasil Dengan <i>Simulated Annealing</i>	67
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan.....	69
6.2	Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

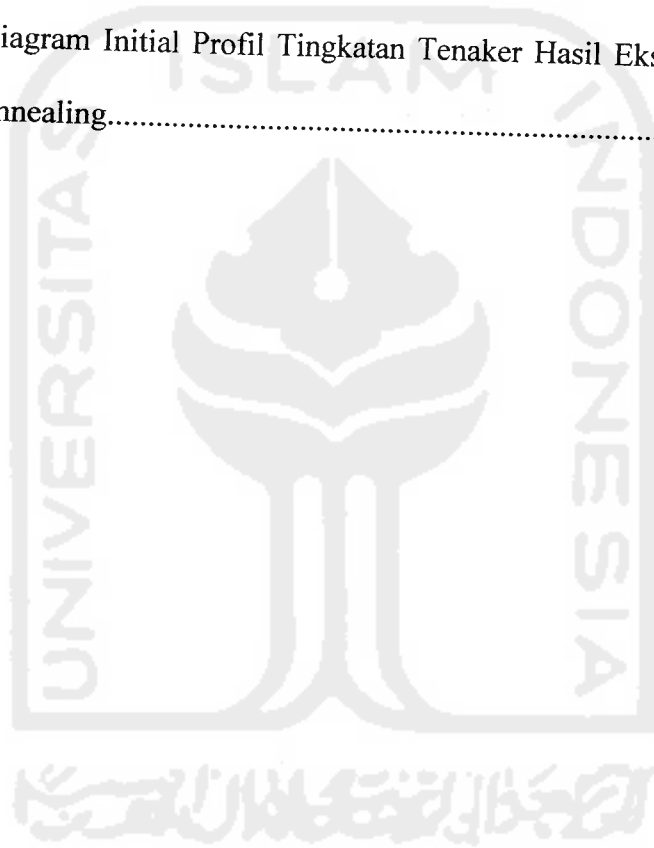
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proyek dengan enam komponen kegiatan.....	17
Gambar. 2.2 Suatu kegiatan dengan 2 atau lebih kegiatan-kegiatan yang terdahulu yang menggabung.....	18
Gambar 2.3 LF kegiatan yang memiliki dua atau lebih kegiatan berikutnya.....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	40
Gambar 3.2. Diagram Alir Algoritma Simulated Annealing.....	41



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Diagram Initial Profil Tingkatan Tenaga Kerja Awal	58
Grafik 4.2 Grafik Performansi Iterasi Simulated Annealing Eksperimen 1.....	61
Grafik 4.3 Diagram Initial Profil Tingkatan Tenaker Hasil Eksperimen 1 Simulated Annealing.....	62
Grafik 4.4 Grafik Performansi Iterasi Eksperimen 2.....	63
Grafik 4.5 Diagram Initial Profil Tingkatan Tenaker Hasil Eksperimen 2 Simulated Annealing.....	63



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Aktifitas Proyek, Durasi, dan Hubungan antar Kegiatan.....	44
Tabel 4.2 Jumlah Kebutuhan Tenaga Kerja.....	49
Tabel 4.3. Aktivitas Kritis, Non Kritis, ES, EF, LS, LF dan Float.....	54
Tabel 5.1 Jumlah Tenaga Kerja Per Hari Keadaan Awal Dan Hasil Simulated Annealing (SA).....	66



ABSTRAKSI

Penjadwalan proyek merupakan salah satu factor utama sebelum proyek berjalan. Penjadwalan ini merupakan kerangka acuan bagi para pelaksana proyek. Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan proyek adalah perencanaan kebutuhan tingkat tenaga kerja proyek yang jumlahnya bervariasi pada tiap periode, tergantung pada aktivitas kerjanya.. Persoalan utama dalam masalah tenaga kerja bagi kontraktor dan perusahaan sejenis yang volume usahanya naik turun secara tajam adalah bagaimana membuat seimbang antara jumlah kebutuhan tenaga kerja dengan jumlah pekerjaan yang tersedia dari waktu ke waktu. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan pada setiap periodenya tidak sama, tergantung dari aktivitas kerjanya. Beberapa metode telah dikembangkan untuk memecahkan permasalahan pemerataan jumlah tenaga kerja. Penelitian ini merupakan suatu penelitian terhadap tingkatan tenaga kerja pada pembangunan suatu proyek menggunakan algoritma Simulated Annealing. Dengan menerapkan metode Simulated Annealing dalam kasus ini, diperoleh peningkatan performansi sebesar 27,29% dari keadaan awal. Hal ini membuktikan bahwa metode Simulated Annealing yang merupakan salah satu bagian dari keilmuan kecerdasan buatan (artificial intelligence) dapat memecahkan masalah pemerataan jumlah tenaga kerja proyek.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Proyek merupakan suatu pekerjaan yang membutuhkan jangka waktu tertentu dalam penyelesaiannya. Pelaksanaan proyek harus terorganisir dengan baik mulai dari tahap awal perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan dan pengawasan agar dapat menekan biaya produksi tanpa mengurangi kualitas yang dihasilkan.

Sebelum melaksanakan proyek, langkah awal yang harus ditempuh oleh suatu perusahaan adalah membuat penjadwalan proyek. Penjadwalan merupakan tahap perencanaan yang menentukan kapan proyek dapat terselesaikan sesuai dengan waktu yang diharapkan. Dalam penjadwalan proyek ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan yang meliputi faktor waktu pelaksanaan, penggunaan sumber daya dan biaya yang harus dikeluarkan sehingga konsumen merasa puas dan tentunya memberikan keuntungan maksimum bagi perusahaan.

Penjadwalan merupakan hal yang paling mendasar dalam suatu proyek. Keberhasilan suatu proyek tidak terlepas dari penjadwalan yang telah dibuat. Oleh karena itu perusahaan harus benar-benar membuat perencanaan yang matang dengan penjadwalan proyek yang optimal. Perlu dilakukan analisis-analisis yang menjadi bahan pertimbangan dalam penjadwalan yang meliputi waktu, sumber daya dan biaya.

Hal utama yang perlu diperhatikan adalah analisis pemerataan jumlah tenaga kerja proyek yang akan terlibat langsung di lapangan. Persoalan utama dalam masalah tenaga kerja bagi kontraktor dan perusahaan sejenis yang volume

usahanya naik turun secara tajam adalah bagaimana membuat seimbang antara jumlah kebutuhan tenaga kerja dengan jumlah pekerjaan yang tersedia dari waktu ke waktu. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan pada setiap periodenya tidak sama, tergantung dari aktivitas kerjanya. Dengan adanya fluktuasi kebutuhan tingkatan tenaga kerja, hal ini menjadi masalah yang sulit bagi pihak perusahaan. Biasanya pemecahan masalah di lapangan diselesaikan secara acak, sehingga hasil yang diperolehnya tidak optimal. Dengan demikian perlu dilakukan suatu penelitian optimasi terhadap tingkatan tenaga kerja pada pembangunan suatu proyek. Penelitian terdahulu juga pernah dilakukan mengenai optimasi tingkatan tenaga kerja dengan metode acak (Chairul Saleh, 2004) dan dengan metode Heuristik menggunakan kecerdasan buatan yaitu Algoritma Genetik (Heru Kunadi, 2004 dan Ari Setiawan, 2004), dan Algoritma Tabu Search (Rafika Noer, 2006). Salah satu metode analisis yang akan ditawarkan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan Algoritma *Simulated Annealing*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapakah besar tingkatan tenaga kerja pada awal proyek?
2. Berapakah penurunan fluktuasi tingkatan tenaga kerja proyek setelah dioptimalisasi dengan metode Algoritma *Simulated Annealing*?

1.3 Batasan Masalah

Agar masalah yang diteliti lebih jelas dan terarah, maka penulis membuat batasan-batasan dalam penelitian :

1. Pembahasan hanya dilakukan pada proyek pembangunan pabrik New Tissue Machine IKPP yang dilakukan oleh PT. Mitrabangun Adigraha di Perawang Riau.
2. Pembahasan tidak mengenai teknik konstruksi, pembahasan hanya meliputi analisis pada permasalahan penjadwalan proyek yang berkaitan dengan penjadwalan tenaga kerja yang dibutuhkan.
3. Pembahasan tidak melibatkan anggaran biaya, material dan peralatan yang digunakan.
4. Pengolahan data dengan menggunakan pendekatan Algoritma *Simulated Annealing*.
5. Kondisi yang berlaku adalah kondisi yang ada pada developer pada saat penelitian dilakukan.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tujuan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kondisi awal tingkatan tenaga kerja proyek.
2. Untuk mengetahui besarnya penurunan fluktuasi tingkatan tenaga kerja proyek setelah dioptimalisasi dengan metode Algoritma *Simulated Annealing*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

1. Menentukan alokasi kebutuhan sumber daya.

2. Dapat menjadi salah satu pertimbangan untuk menentukan kebijaksanaan bagi pelaksana proyek khususnya yang berkaitan dengan penjadwalan tenaga kerja.
3. Memberikan gambaran dan masukan kepada pelaksana proyek bahwa pemerataan tenaga kerja dapat dilakukan dengan metode kecerdasan buatan Algoritma *Simulated Annealing*.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk lebih terstrukturanya penulisan tugas akhir ini maka selanjutnya sistematika penulisan disusun sebagai berikut:

BAB II. LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan secara singkat teori-teori yang mendasari penelitian yaitu konsep dasar manajemen proyek, metode dalam perencanaan jadwal proyek dan mengenai metode algoritma *Simulated Annealing*.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan obyek penelitian, data-data yang dibutuhkan dan metode pengumpulan data.

BAB IV. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisikan data-data khusus yang diperlukan untuk melakukan pengolahan data untuk menyelesaikan masalah pemerataan jumlah tenaga kerja proyek.

BAB V. PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan pembahasan dan analisa terhadap hasil pengolahan data mentahnya, yang memuat tentang hasil pengukuran dan perhitungan.

BAB V. PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan pembahasan dan analisa terhadap hasil pengolahan data mentahnya, yang memuat tentang hasil pengukuran dan perhitungan.

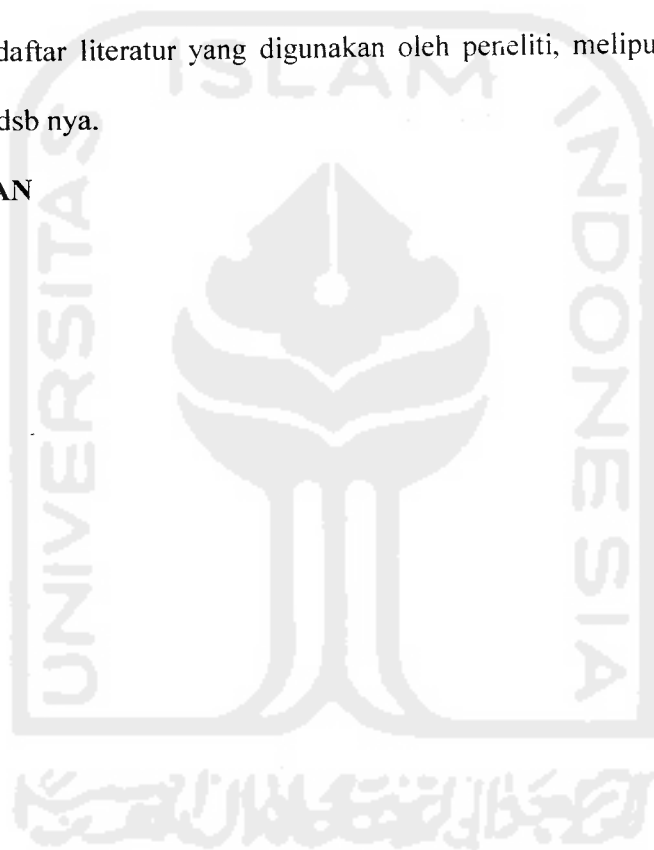
BAB VI. PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari hasil yang diperoleh dari perhitungan dan analisa pemecahan masalah.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi daftar literatur yang digunakan oleh peneliti, meliputi buku panduan, jurnal, dsb nya.

LAMPIRAN



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Manajemen Proyek

2.1.1 Defenisi Manajemen

Ada beberapa pakar yang mendefenisikan konsep manajemen, diantaranya yaitu Henry Fayol dan H. Knontz. Henry Fayol (1841-1925) salah seorang pemikir manajemen modern berkebangsaan Perancis yang menjelaskan secara sistematis bermacam aspek pengetahuan manajemen dengan menghubungkan fungsi-fungsinya. Fungsi-fungsi yang dimaksud adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan. Aliran pemikiran tersebut kemudian dikenal sebagai manajemen klasik dan manajemen fungsional.

Sedangkan H.Knontz (1982) memberikan definisi sebagai berikut :

“manajemen adalah ‘proses’ merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan kegiatan anggota serta sumber daya yang lain untuk mencapai sasaran organisasi (perusahaan) yang telah ditentukan.”

Yang dimaksud ‘proses’ adalah mengerjakan sesuatu dengan pendekatan sistematis, sedangkan sumber daya perusahaan terdiri tenaga, keahlian, peralatan, dana dan informasi.

Defenisi manajemen menurut Santosa (1997) yaitu kegiatan perencanaan, pengorganisasian, penempatan orang (staffing), pengendalian dan pengarahan.

Stoner dan Freeman (1992) mendefenisikan manajemen sebagai proses perencanaan, pengorganisasian, pemimpinan dan pengendalian upaya anggota organisasi dan proses penggunaan semua sumber daya organisasi untuk tercapainya tujuan organisasi yang telah ditetapkan.

2.1.2 Defenisi Proyek

Kegiatan proyek dapat diartikan sebagai suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sarannya telah digariskan dengan jelas.

Defenisi proyek menurut beberapa ahli :

1. Iman Soeharto, 2002

"Proyek adalah suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas."

2. Tarmudji, 1993

"Proyek merupakan suatu tugas yang perlu didefenisikan dan terarah ke suatu sasaran yang dituturkan secara konkret yang harus diselesaikan dalam kurun waktu tertentu dengan menggunakan tenaga manusia terbatas dan dengan alat-alat terbatas pula, sedemikian rumit atau barunya sehingga diperlukan suatu jenis pimpinan atau bentuk kerjasama yang berlainan daripada yang biasa digunakan."

3. Nugraheni dan Narlan, 2002

"Proyek adalah rangkaian kegiatan yang mempunyai dimensi waktu, fisik dan biaya guna mewujudkan gagasan serta mendapatkan tujuan tertentu."

Dari beberapa defenisi di atas terlihat bahwa ciri pokok proyek (Soeharto, 1995) adalah :

- a. Memiliki tujuan yang khusus, produk akhir atau hasil kerja akhir.

- b. Jumlah biaya, sasaran jadwal serta kriteria mutu dalam proses pencapaian tujuan di atas telah ditentukan.
- c. Bersifat sementara dalam arti umurnya dibatasi oleh terselesainya tugas. Titik awal dan akhir ditentukan dengan jelas.
- d. Nonrutin, tidak berulang-ulang, jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

2.1.3 Definisi Manajemen Proyek

Secara umum definisi dari manajemen proyek adalah :

“proses-proses manajemen untuk mengelola sumber daya yang ada dengan ongkos sekecil mungkin, memberikan keuntungan semaksimal mungkin, selesai dengan tepat waktu dan memberikan kualitas sesuai dengan rancangan yang diinginkan oleh pelanggan.”

Menurut Harold Kerzner (1982), manajemen proyek adalah :

“pekerjaan merencanakan, mengorganisasikan, mengarahkan dan mengendalikan sumber-sumber perusahaan untuk tujuan jangka pendek yang ditetapkan untuk mencapai sasaran-sasaran dan maksud-maksud yang spesifik. Manajemen proyek menerapkan pendekatan system dalam manajemen dengan penugasan pejabat fungsional (dari hierarki vertical) pada suatu proyek tertentu (hierarki horizontal).”

Konsep manajemen proyek diperlukan apabila sebuah organisasi atau perusahaan hendak melakukan pengelolaan terhadap keseluruhan aktivitas dalam suatu proyek. Pengelolaan ini dilakukan agar proyek yang dihasilkan bisa mencapai sasaran atau tujuan yang diharapkan.

2.1 Konsep Dasar Manajemen Proyek

Dalam manajemen proyek ada empat tahap yang harus dilalui dalam rangka mencapai sasaran yang telah ditetapkan, yaitu :

1. Perencanaan (Planning).

Dalam manajemen proyek, perencanaan merupakan hal yang terpenting karena merupakan awal dari semua faktor yang diperlukan dalam proyek. Perencanaan adalah proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran termasuk menyiapkan segala sumber daya untuk mencapainya. Dari segi penggunaan sumber daya, perencanaan dapat diartikan sebagai memberikan pegangan bagi pelaksana mengenai alokasi sumber daya untuk melaksanakan kegiatan. Tahap ini mencakup menentukan sasaran yang hendak dicapai kemudian menyusun urutan langkah kegiatan, dan berakhir dengan pengambilan keputusan berdasarkan alternatif yang ada.

Kegiatan proyek juga biasanya diawali dengan berbagai pertimbangan dan pengujian terlebih dahulu dan menjadi dasar proses negoisasi antara pemerintah dan manajemen (kontraktor) sehingga keduanya mendapatkan kesepakatan mengenai sifat-sifat umum produk akhir yang diinginkan. Termasuk di dalamnya kesepakatan mengenai waktu dan besarnya biaya yang dibutuhkan. Kesepakatan merupakan rencana umum yang harus dijabarkan lebih lanjut dalam proyek yang meliputi sumber daya dan anggaran.

2. Pengorganisasian (Organizing).

Tahap ini berupa kegiatan mengatur dan menyusun organisasi yang akan melaksanakan proyek. Penyusunan organisasi akan melibatkan unsur-unsur pelaksana pembangunan yang terdiri dari : pemberi tugas, konsultan perencana/pengawas dan pelaksana yang masing-masing mempunyai tugas

kewajiban, tanggung jawab dan wewenang sesuai dengan peraturan/ketentuan yang telah ditetapkan.

3. Pelaksanaan (Actuating)

Kegiatan pelaksanaan merupakan implementasi dari perencanaan yang telah ditetapkan dengan melalui mekanisme pengorganisasian.

4. Pengendalian. (Controlling)

Pengendalian adalah upaya yang sistematis agar proses dan hasil pelaksanaan sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan. Hasil akhir dari pelaksanaan proyek pada umumnya ditentukan oleh hasil kegiatan pengawasan.

Mockler (1972) juga mendefinisikan pengendalian yaitu usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar menganalisis kemungkinan adanya penyimpangan antara pelaksanaan dan standar, kemudian mengambil tindakan pembetulan yang diperlukan agar sumber daya digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran.

Dalam proses mencapai tujuan, proyek telah ditentukan batasan biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga batasan tersebut disebut sebagai tiga kendala (*triple constraint*) yang sifatnya selalu tarik menarik yaitu :

1. Anggaran

Anggaran menunjukkan perencanaan penggunaan dana untuk melaksanakan pekerjaan dalam kurun waktu tertentu. Proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran yang telah ditetapkan. Untuk itu perlu jadwal kerja dan alokasi biaya yang terperinci dengan jelas

sesuai dengan kebutuhan serta memerlukan monitoring dan kepercayaan antar pelaksana dalam pengeluaran dana.

2. Jadwal

Jadwal adalah penjabaran perencanaan proyek menjadi urutan langkah-langkah pelaksanaan pekerjaan untuk mencapai sasaran. Pada jadwal telah dimasukkan faktor waktu. Proyek harus dikerjakan sesuai dengan batas waktu yang ditetapkan sehingga penyerahan proyek kepada pemilik proyek tidak mundur.

3. Mutu

Produk atau hasil kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan. Misalnya umur bangunan atau nilai ekonomis dari produk harus mampu beroperasi secara memuaskan dalam kurun waktu tertentu. Jadi persyaratan mutu harus dijaga dengan baik.

2.2.1 Perencanaan Sumber Daya Manusia

Salah satu unsur perencanaan proyek adalah membuat proyeksi keperluan tenaga kerja, material dan peralatan. Untuk tenaga kerja merupakan sumber daya yang seringkali tidak mudah didapat, mahal dan menimbulkan banyak persoalan. Untuk itu diperlukan perencanaan yang matang mulai dari memperkirakan jumlah total tenaga kerja, jenis dan jumlah masing-masing disiplin dan tingkat keahlian. Disamping itu perlu juga mengkaji besarnya tenaga kerja yang tersedia di daerah lokasi proyek, perlukah diadakan pelatihan untuk meningkatkan keterampilan tenaga kerja tersebut atau lebih baik mendatangkan dari daerah lain.

Bertolak dari hal kenyataan tersebut maka suatu perencanaan tenaga kerja proyek yang menyeluruh dan terinci harus meliputi perkiraan jenis dan kapan

keperluan tenaga kerja, seperti tenaga ahli dari berbagai disiplin ilmu. Diawali dengan memperkirakan jumlah tenaga kerja yang diperlukan, untuk itu diperlukan parameter penting yaitu produktivitas tenaga kerja. Hal ini berkaitan dengan pengajuan tender, produktivitas tenaga kerja akan besar pengaruhnya terhadap total biaya proyek, minimal pada aspek jumlah tenaga kerja dan fasilitas yang diperlukan.

Faktor-faktor atau variabel yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja lapangan dikelompokkan sebagai berikut (Soeharto, 1995):

1. Kondisi fisik lapangan dan sarana bantu.
2. Supervisi, perencanaan dan kordinasi.
3. Komposisi kelompok kerja.
4. Kerja lembur
5. Ukuran besar proyek
6. Kurva pengalaman
7. Pekerja langsung vs subkontraktor
8. Kepadatan tenaga kerja

2.3 Metode-metode dalam Perencanaan Jadwal Proyek

Dalam perencanaan jadwal proyek ada beberapa bentuk penyajian data penjadwalan agar memudahkan dalam penggunaannya. Diantaranya yaitu metode bagan balok (*bar chart*) dan analisis jaringan kerja (*network analysis*). Bagan balok (*bar chart*) pertama sekali diperkenalkan oleh H. L. Gantt pada tahun 1917. Bagan balok merupakan prosedur yang sistematis dan analitis dalam aspek perencanaan dan pengendalian proyek. Bagan balok disusun dengan maksud mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan yang terdiri dari : waktu mulai,

waktu penyelesaian dan pada saat pelaporan. Bagan balok sangat mudah dibuat dan dipahami, namun bagan balok juga memiliki beberapa kelemahan yaitu :

- Tidak menunjukkan secara spesifik hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan yang lain.
- Sukar mengadakan perbaikan atau pembaharuan (updating), karena untuk mengadakan pembaharuan harus dengan melakukan pembuat bagan balok yang baru.
- Untuk proyek berukuran sedang dan besar, lebih-lebih bersifat kompleks, penggunaan bagan balok akan menghadapi kesulitan karena jumlah kegiatan yang begitu banyak bahkan bisa sampai ribuan.

Dari segi penyusunan jadwal, jaringan kerja dipandang sebagai suatu langkah penyempurnaan metode bagan balok. Beberapa bentuk penyajian data dalam jaringan kerja adalah sebagai berikut :

- Berapa lama perkiraan kurun waktu penyelesaian proyek
- Kegiatan mana yang bersifat kritis dalam hubungannya dengan penyelesaian proyek. Kegiatan kritis yaitu kegiatan yang paling sensitif terhadap keterlambatan, artinya pada kegiatan ini tidak ada waktu tenggang untuk melakukan penundaan karena dapat mengakibatkan waktu penyelesaian proyek menjadi mundur.
- Kegiatan mana yang tidak kritis, artinya kegiatan ini masih memiliki tenggang waktu dalam pelaksanaan proyek dan masih dapat ditunda sesuai dengan jumlah float atau slack yang dimilikinya tanpa mengakibatkan tertundanya penyelesaian proyek.

Berikut ini merupakan metode-metode yang dapat digunakan dalam perencanaan jadwal proyek :

- a. Teknik evaluasi dan review proyek (*Project Evaluation and Review Techniques-PERT*)

PERT merupakan metode perencanaan untuk menghadapi situasi ketidakpastian dalam kurun waktu kegiatan proyek. Estimasi kurun waktu kegiatan proyek menggunakan tiga angka (probabilistic), yaitu :

A = kurun waktu optimistic

B = kurun waktu pesimistik

M = kurun waktu paling mungkin

Estimasi waktu ini digunakan untuk menghitung nilai yang diharapkan dan penyimpangan standar untuk kegiatan tersebut.

- b. Metode jalur kritis (*Critical Path Method-CPM*)

Metode lintasan kritis ini lebih menekankan kegiatan proyek. Dalam CPM tidak ada pemberlakuan metode statistic probabilistic seperti pada PERT. CPM mengasumsikan bahwa umur proyek bisa dipersingkat dengan sumber daya tenaga kerja, peralatan, modal untuk kegiatan-kegiatan tertentu. CPM lebih menekankan pada factor biaya dalam perencanaan. Prosedurnya jeias dalam menganalisis jadwal yang ekonomis.

- c. Metode diagram precedence (*PrecedenceDiagram Method-PDM*)

Metode ini memilih jadwal pekerjaan yang bersifat kritis, pertama disusun jadwal induk, selanjutnya diperinci menjadi komponen-komponennya yang bersifat kritis.

2.4 Pemerataan Tenaga Kerja (Resource Levelling)

Dalam kegiatan proyek besarnya kebutuhan sumber daya pada tiap periode waktu selalu berubah-ubah sesuai dengan tingkat volume pekerjaan. Naik turunnya

jumlah atau fluktuasi dari sumber daya yang meliputi tenaga kerja, perlengkapan atau material dapat mengakibatkan kerugian bagi perusahaan. Fluktuasi ini tergantung dari penyusunan tenaga kerja, pergerakan kerja dan demobilisasi perlengkapan (Glavinich, 2001). Pemerataan tenaga kerja (*resource levelling*) merupakan suatu cara untuk menyeimbangkan kebutuhan tenaga kerja pada periode tertentu dengan menggeser kegiatan non kritis antara batas waktu maksimum yang diperbolehkan (Taha, 1996). Pemerataan pemakaian sumber daya bermaksud mengurangi naik turunnya jumlah tenaga kerja yang terlalu tajam. Hal ini diusahakan dengan menggunakan semaksimal mungkin float yang ada. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tingkat sumber tenaga kerja menggunakan metode numerik (Banelloni, et.al., 1994), metode acak (Chairul Saleh, 2004), Heuristik (Haris, 1978; Haris, 1990; Son Skiñniewski, 1999) dasar-dasar model yang dibangun adalah menciptakan profil sumber berdasarkan pada posisi awal dimulai (ES) dari aktivitas yang dihitung dari CPM. Selanjutnya pada jalur non kritis mengikuti aturan heuristik yang berlaku. Untuk kebutuhan tenaga kerja harian, tingkat tenaga kerja menggunakan total float pada aktivitas non kritis. Pendekatan heuristik merupakan alternatif penyelesaian masalah tingkat tenaga kerja. Pendekatan ini mudah dimengerti, mudah dalam aplikasinya dan tidak memerlukan biaya yang besar karena menggunakan program komputer. Penelitian mengenai optimasi tingkatan tenaga kerja menggunakan kecerdasan buatan Algoritma Genetik (Heru Kunadi, 2004 dan Ari Setiawan, 2004) dan Algoritma Tabu Search (Rafika Noor, 2006) juga pernah dilakukan.

2.5 Penyusunan Jaringan Kerja CPM

Fungsi utama dari metode CPM ini adalah untuk menentukan jalur kritis dan non kritis sehingga dapat menentukan langkah selanjutnya. Jalur kritis adalah jalur

yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Apabila dalam pelaksanaannya pada jalur kritis terjadi keterlambatan kegiatan maka akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. CPM memberlakukan metode deterministik yang mengasumsikan bahwa umur proyek bisa dipersingkat untuk kegiatan-kegiatan tertentu. Prosedurnya jelas dalam menganalisis jadwal yang ekonomis.

Untuk mengetahui jalur kritis, terlebih dahulu dihitung dua waktu awal dan akhir untuk setiap kegiatan. Hal ini didefinisikan sebagai berikut :

Mulai terdahulu (*earliest start-ES*) = waktu terdahulu suatu kegiatan dapat dimulai, dengan asumsi semua pendahulu sudah selesai.

Selesai terdahulu (*earliest finish-EF*) = waktu terdahulu suatu kegiatan dapat selesai.

Mulai terakhir (*latest start-LS*) = waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

Selesai terakhir (*latest finish-LF*) = waktu terakhir suatu kegiatan dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

Untuk menentukan jadwal waktu untuk tiap kegiatan digunakan proses *two-pass* yang terdiri atas *forward pass* dan *backward pass*. ES dan EF ditentukan selama *forward pass*, LS dan LF ditentukan selama *backward pass*.

Forward Pass

Aturan waktu mulai terdahulu

Sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, semua pendahulu langsungnya harus diselesaikan.

- Jika suatu kegiatan hanya mempunyai satu pendahulu langsung, ES-nya sama dengan EF dari pendahulunya.
- Jika suatu kegiatan mempunyai beberapa pendahulu langsung, ES-nya adalah nilai maksimum dari semua EF pendahulunya, yaitu

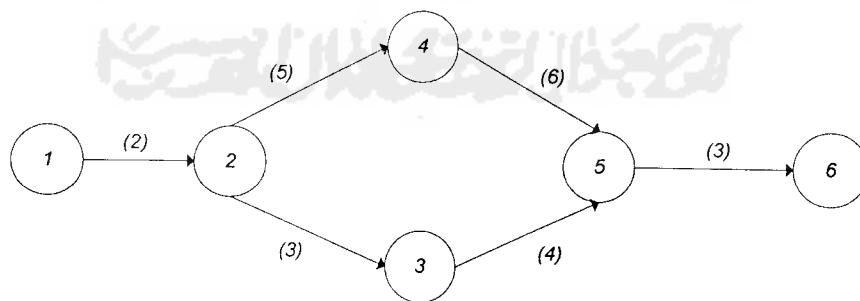
$$ES = \text{Max} (EF \text{ semua pendahulu langsung})$$

Aturan selesai terdahulu

Waktu selesai terdahulu (EF) dari suatu kegiatan adalah jumlah dari waktu mulai terdahulu (ES) dan waktu kegiatannya (D), yaitu

$$EF = ES + D$$

Berikut ini adalah contoh sederhana untuk hitungan maju, dengan memakai visualisasi proyek seperti terdapat pada gambar 2.1. Pertama perlu diingat kembali aturan atau kaidah dalam penyusunan jaringan kerja berikut ini.



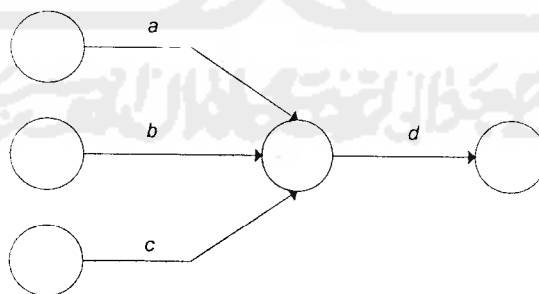
Gambar 2.1 Proyek dengan enam komponen kegiatan

Peristiwa 1 menandai dimulainya proyek. Disini berlaku pengertian bahwa waktu paling awal peristiwa terjadi adalah 0 atau $E(1)=0$. Jadi, untuk kegiatan 1-2 didapat: $EF(1-2) = ES(1-2) + D = 0 + 2 = 2$.

Analog dengan perhitungan di atas maka waktu selesai paling awal kegiatan 2-3 adalah hari ke 2 plus ke 3, sama dengan hari ke 5. Berikutnya kegiatan 2-4, kegiatan ini dimulai segera setelah kegiatan 1-2 selesai. Dengan kata lain, waktu mulai paling awal bagi kegiatan 2-4 adalah sama dengan waktu selesai paling awal dari kegiatan 1-2, sehingga waktu selesai paling awal kegiatan 2-4 adalah $EF(2-4) = 2+5 = 7$.

Dengan pengertian yang sama maka mulainya kegiatan 3-5 ditentukan oleh selesainya 2-3, dan waktu selesai paling awal kegiatan 3-5 adalah: $EF(3-5) = 5+4 = 9$. Sedangkan untuk garis 4-5 didapat: $EF(4-5) = 7+6 = 13$.

Kemudian sampai pada kegiatan 5-6, dimana sebelumnya di dahului oleh 2 kegiatan, yaitu 4-5 dan 3-5. Kaidah dasar jaringan kerja menyatakan bahwa kegiatan 5-6 baru dapat dimulai bila semua kegiatan yang mendahuluinya telah selesai. Pada contoh ini kegiatan 3-5 selesai pada hari ke 9. Tetapi kegiatan 4-5 baru selesai pada hari ke 13, sehingga hari ke 13 adalah waktu mulai paling awal (ES) bagi kegiatan 5-6. Atau dapat dinyatakan bahwa untuk node 5 berlaku aturan sebagai berikut:



Gambar. 2.2 Suatu kegiatan dengan 2 atau lebih kegiatan-kegiatan yang terdahulu yang menggabung

Umpamakan C pada gambar. 2.2 memiliki EF terbesar dari kegiatan-kegiatan lain yang mendahului D, maka ES dari D adalah EF dari C. Atau bila $EF(c) > EF(b) > EF(a)$, maka $ES(d) = EF(c)$. Karena pada kasus ini nilai $EF(4-5) > EF(3-5)$, maka $ES(5-6) = EF(4-5) = 13$. Jadi waktu selesai paling awal kegiatan 5-6 adalah :

$$EF(5-6) = EF(4-5) + 3 = 13 + 3 = 16$$

Jadi waktu selesainya proyek pada hari ke-16.

Backward Pass

Backward pass dimulai dengan kegiatan terakhir dari suatu proyek. Untuk setiap kegiatan, pertama-tama ditentukan dahulu nilai LF-nya lalu diikuti dengan nilai LS.

Aturan waktu selesai terakhir

Sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, semua pendahulu langsungnya harus diselesaikan.

- Jika suatu kegiatan hanya mempunyai satu pendahulu langsung, LF-nya sama dengan LS dari kegiatan yang langsung mengikutinya.
- Jika suatu kegiatan adalah pendahulu langsung bagi lebih dari satu kegiatan, maka LF adalah minimum dari seluruh nilai LS dari kegiatan-kegiatan yang secara langsung mengikutinya, yaitu

$$LF = \text{Min}(\text{LS dari seluruh kegiatan yang langsung mengikutinya})$$

Aturan waktu mulai terakhir

Waktu mulai terakhir (LS) dari suatu kegiatan adalah perbedaan antar waktu selesai terakhir (LF) dan waktu kegiatannya (D), yaitu

$$LS = LF - D$$

Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu atau tanggal paling akhir kita “masih” dapat memulai dan mengakhiri masing – masing kegiatan

tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan yang telah dihasilkan pada perhitungan maju. Hitungan mundur dimulai dari ujung kanan (hari terakhir penyelesaian proyek) suatu jaringan kerja. Untuk jelasnya, kembali dipakai contoh diatas di mana kurun waktu penyelesaian proyek adalah 16 hari. Agar tidak menunda penyelesaian proyek maka hari ke-16 harus merupakan hari atau waktu paling akhir dari kegiatan proyek, atau waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi, $L(6) = EF(5-6) = 16$, dan $LF(5-6) = L(6)$. Untuk mendapatkan angka waktu mulai paling akhir kegiatan 5-6, maka dipakai aturan jaringan kerja yang menyatakan bahwa:

$$LS = LF - D$$

Jadi, untuk kegiatan 5-6 dihasilkan:

$$LS(5-6) = LF(6-6) - D \text{ atau}$$

$$13 = 16 - 3$$

Selanjutnya bila kegiatan 5-6 mulai pada hari ke-13, berarti kedua kegiatan yang mendahuluinya harus diselesaikan pada hari ke -13 juga, sehingga LF dari kegiatan 4-5 dan 3-5 adalah sama dengan LS dari kegiatan 5-6, yaitu hari ke-13. Dengan demikian dihasilkan angka-angka sebagai berikut:

$$\text{Kegiatan 4-5, maka } LS(4-5) = 13 - 6 = 7$$

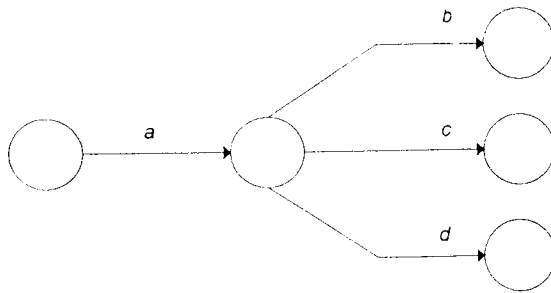
$$\text{Kegiatan 3-5, maka } LS(3-5) = 13 - 4 = 9$$

$$\text{Kegiatan 2-4, maka } LS(2-4) = 7 - 5 = 2$$

$$\text{Kegiatan 2-3, maka } LS(2-3) = 9 - 3 = 6$$

$$\text{Kegiatan 1-2, maka } LS(1-2) = 2 - 2 = 0$$

Dengan meninjau peristiwa atau node 2, dimana terdapat kegiatan yang memecah menjadi dua (atau lebih), maka berlaku aturan sebagai berikut:



Gambar 2.3 LF kegiatan yang memiliki dua atau lebih kegiatan berikutnya (memecah)

Bila sebuah kegiatan mempunyai 2 atau lebih kegiatan berikutnya LS aktivitas ini adalah jumlah LS terkecil dari kegiatan berikutnya. $LS(b) < LS(c) < LS(d)$ maka $LF(a) = LS(b)$. Untuk contoh diatas maka, $LF(1-2) = LS(2-4) = 2$.

Waktu Slack (Float)

Setelah menghitung waktu terdahulu dan waktu terakhir dari semua kegiatan, maka untuk menemukan jumlah waktu slack (waktu bebas) yang dimiliki oleh setiap kegiatan menjadi mudah. Slack adalah waktu yang dimiliki oleh sebuah kegiatan untuk bisa diundur tanpa menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Secara matematis :

$$Slack(Float) = LS - ES \text{ atau } Slack(Float) = LF - EF$$

Kegiatan dengan slack/float = 0 disebut sebagai kegiatan kritis dan berada pada jalur kritis.

2.6 Model Matematik

Merupakan syarat utama pada penentuan jadwal dan pencarian tingkatan tenaga kerja yang efisien dengan menyusun model matematik. Adapun model matematik yang digunakan diperoleh dari Haris (1990). Berikut ini dijelaskan langkah penyusunan model matematik untuk tingkatan tenaga kerja dalam proyek konstruksi.

Notasi :

- $A(j)$ = aktifitas non kritis ($j = 1 \dots K$)
 $D(j)$ = durasi dari $A(j)$
 $R(j)$ = tenaga kerja yang dibutuhkan $A(j)$ pada hari tersebut
 $ES(j)$ = *early start*/tanggal memulai paling awal dari $A(j)$
 $EF(j)$ = *early finish*/tanggal selesai paling awal dari $A(j)$
 $LS(j)$ = *latest start*/tanggal memulai pekerjaan paling akhir dari $A(j)$
 $LF(j)$ = *latest finish*/tanggal selesai paling akhir dari $A(j)$
 $S(j)$ = data start/tanggal memulai pekerjaan yang direncanakan untuk $A(j)$
 antara $ES(j)$ dan $LS(j)$
 $X(j)$ = hubungan data start $A(j)$ dengan $ES(j)$ dan $LS(j)$
 $FL(j)$ = selisih antara $ES(j)$ dan $LS(j)$
 $L(i)$ = perubahan tenaga kerja pada aktifitas kritis pada hari ke i
 $Y(i)$ = perubahan tenaga kerja yang dirubah pada hari ke i
 $a(i,j)$ = perubahan tenaga kerja dari $A(j)$ pada hari ke i
 K = jumlah aktifitas non kritis
 H = *setting* perubahan tenaga kerja pada proyek
 N = durasi proyek

$$1 \leq j \leq K \text{ dan } 1 \leq i \leq N + 1$$

Rumusan

$$1 \leq X(j) \leq FL(j) \quad (2-1)$$

$$FL(j) = LS(j) - ES(j) \quad (2-2)$$

$$X(j) = S(j) - ES(j) + 1 \quad (2-3)$$

$A(i)$ adalah *predecessor* dari $A(j)$, jadi

$$S(i) + D(i) \leq S(j) \quad (2-4)$$

$$ES(i) + D(i) \leq ES(j) \quad (2-5)$$

$$X(i) \leq X(j) \quad (2-6)$$

$Y(i)$ ditulis sebagai berikut

$$Y(i) = \sum_{j=1}^k a(i, j) + L(i) \quad (2-7)$$

Dimana

$$a [S(j), j] = R(j) \quad (2-8)$$

$$a [S(j) + D(j), j] = - R(j) \quad (2-9)$$

dan

$$H \cap \{ a [S(j), j], a [S(j) + D(j), j] \} = 0 \quad (2-10)$$

Karena objek penelitian minimasi fluktuasi tingkatan tenaga kerja, maka fungsi objektifnya mengkuadratkan tingkatan tenaga kerja per hari.

Sehingga diperoleh fungsi tujuan seperti berikut :

Minimasi

$$Z = \sum_{i=1}^{N+1} Y(i)^2 = \sum_{i=1}^{N+1} \left\{ \left[\sum_{j=1}^K a(i, j) \right] + L(i) \right\}^2 \quad (2-11)$$

2.7 Simulated Annealing

2.7.1 Konsep Dasar

Awal mula berkembangnya algoritma *Simulated Annealing* diperkenalkan oleh Metropolis *et.al* pada tahun 1953 melalui metode simulasi Montecarlo. Metode ini kemudian dikembangkan lagi oleh Kirkpatrick, Gelatt, dan Vecchi pada tahun 1983 dan telah berhasil diaplikasikan pada penyekatan sirkuit, penempatan dan ruting dalam rancangan fisik dari sirkuit yang terintegrasi, desain optimal hardware komputer dan juga pada salah satu masalah klasik ilmu komputer yaitu *Traveling Salesman Problem*.

Simulated Annealing (SA) adalah salah satu algoritma untuk optimisasi yang bersifat generik. Berbasiskan probabilitas dan mekanika statistik, algoritma ini dapat digunakan untuk mencari pendekatan terhadap solusi optimum global dari suatu permasalahan. Masalah yang membutuhkan pendekatan SA adalah masalah-masalah optimisasi kombinatorial, di mana ruang pencarian solusi yang ada terlalu besar.

Dalam bidang optimasi algoritma ini beranalogi dengan proses annealing (pendinginan) yang diterapkan dalam pembuatan material yang terdiri dari butir kristal. Dari sisi ilmu Fisika, tujuan sistem ini adalah untuk meminimasi energi potensial. Fluktuasi kinematika acak menghalangi sistem untuk mencapai energi potensial yang minimum global, sehingga sistem dapat terperangkap dalam sebuah keadaan minimum lokal. Dengan menurunkan temperatur sistem, diharapkan energi dapat dikurangi ke suatu level yang relatif rendah. Semakin lambat laju pendinginan ini, maka semakin rendah pula energi yang dapat dicapai oleh sistem pada akhirnya.

Ide dasar *Simulated Annealing* terbentuk dari pemrosesan logam. (Kusumadewi, 2003). Annealing (memanaskan kemudian mendinginkan) dalam pemrosesan logam ini adalah suatu proses bagaimana membuat bentuk cair berangsur-

angsur menjadi bentuk yang lebih padat seiring dengan penurunan temperature. *Simulated Annealing* biasanya digunakan untuk penyelesaian masalah yang mana perubahan keadaan dari suatu kondisi ke kondisi yang lainnya membutuhkan ruang yang sangat luas (Kusumadewi dan Purnomo, 2005) misalkan perubahan gerakan dengan menggunakan permutasi pada masalah *Travelling Salesman Problem*. *Simulated Annealing* berdasarkan analogi pada pendinginan dari logam yang dipanaskan (Buckham, J Bradiey, 1999). Dalam beberapa contoh logam yang dipanaskan, probabilitas dari beberapa kelompok atom pada suatu posisi r_i memperlihatkan suatu keadaan energi yang spesifik. $E(r_i)$ pada beberapa temperatur T , telah didefinisikan oleh faktor probabilitas Boltzmann :

$$P(E(r_i)) = \rho \left[\frac{E(r_i)}{\kappa_B T} \right]$$

dimana κ_B adalah konstanta Boltzmann. Sebagai metal yang pelan-pelan didinginkan, atom akan berubah-ubah secara relatif antara tingkat energi lebih tinggi dan energi yang lebih rendah dan mengijinkan untuk berimbang pada masing-masing temperatur T . Material akan mendekati suatu keadaan dasar, suatu yang dipesan dari di mana ada sangat kecil kemungkinan untuk keberadaan suatu keadaan tenaga tinggi sepanjang material itu.

Jika fungsi energi dari sistem fisik ini digantikan oleh suatu sasaran berfungsi $f(x)$, itu adalah bergantung pada suatu garis vektor variabel desain, X , dibanding kemajuan yang lambat ke arah suatu keadaan dasar yang diperintah adalah contoh dari suatu kemajuan bagi suatu optimum global. Untuk mencapai ini, suatu parameter kendali T , dapat disamakan dengan suatu temperatur, dan suatu konstanta C , dapat disamakan dengan konstanta Boltzmann, harus ditetapkan untuk masalah optimisasi. Di dalam standar metode peningkatan berulang, satu rangkaian poin-poin percobaan

dihasilkan sampai suatu peningkatan di dalam fungsi sasaran dicatat dalam hal mana titik percobaan diterima. Bagaimanapun, proses ini hanya mempertimbangkan pergerakan ke arah yang menurun untuk dibuat di atas daerah itu. Dalam rangka menghasilkan perilaku pendinginan logam, suatu ukuran sekunder ditambahkan ke dalam proses itu. Jika suatu titik percobaan menghasilkan suatu nilai yang lebih besar menyangkut fungsi sasaran kemudian kemungkinan diterimanya titik percobaan ini ditentukan menggunakan distribusi probabilitas Boltzmann :

$$P[\text{accept}X_t] = e^{-\frac{f(X_t) - f(X_0)}{CT}}$$

dimana X_0 adalah inisial titik awal. Kemungkinan ini dibandingkan melawan terhadap suatu nomor yang dihasilkan secara acak apada rentang $[0..1]$.Jika $P[\text{accept}X_t] > \text{random}[0..1]$ kemudian titik percobaan diterima. Ketergantungan pada angka angka acak ini membuat *Simulated Annealing* suatu metode stokastik

Dalam konteks ini temperatur adalah variabel kontrol yang berkurang nilainya selama proses optimasi. Level energi sistem diwakili oleh nilai fungsi tujuan. Skenario pendinginan dianalogikan dengan prosedur search yang menggantikan satu state dengan state lainnya untuk memperbaiki nilai fungsi tujuan. Namun topologi sistem harus dibuat sedemikian rupa sehingga setiap state dapat dicapai dari setiap state lainnya sehingga terdapat sebuah path dari setiap minimum lokal menuju minimum global.

Algoritma *Simulated Annealing* (SA) bertujuan untuk meminimasi sebuah fungsi objektif atau fungsi tujuan (fluktuasi tenagakerja). Pada tahap pertama, didefinisikan sebuah solusi awal. Lalu dari solusi awal ini digenerate sebuah solusi baru, yang kemudian dibandingkan nilai fungsi objektifnya dengan solusi awal. Jika solusi baru ini lebih baik, maka solusi baru tersebut akan diterima. Keunikan SA

adalah bahwa solusi baru yang lebih buruk daripada solusi sebelumnya dapat diterima dengan nilai peluang tertentu, sehingga sistem dapat terhindar dari perangkap minimum lokal. Namun solusi terbaik yang pernah dicapai selalu dicatat. Diterimanya solusi yang lebih buruk dari solusi sebelumnya didasarkan pada sebuah fungsi probabilitas yang nilainya tergantung pada 3 faktor, yakni :

- Pemilihan parameter bebas pada saat inisialisasi algoritma.
- Besar selisih nilai fungsi objektif dengan solusi sebelumnya (semakin besar selisih dengan solusi sebelumnya, probabilitas diterimanya solusi yang lebih buruk akan semakin kecil).
- Jumlah iterasi (semakin lama proses *annealing* berlangsung, probabilitas diterimanya solusi yang lebih buruk akan semakin kecil). Ini merupakan salah satu penyebab konvergensi algoritma. Tambahkan 1 pada jumlah iterasi : $i = i + 1$.

Implementasi SA sebagai sebuah algoritma optimasi sebenarnya membutuhkan jumlah transisi yang tak terbatas secara asimptotik. Namun dalam aplikasinya implementasi SA secara finite-time lebih ditujukan untuk mengaproksimasi sebuah solusi optimal dari masalah yang dihadapi. Implementasi finite time ini dapat diartikan bahwa dalam proses pencarian, nilai Markov homogen dengan panjang terbatas dibangkitkan untuk suatu urutan terbatas dari nilai parameter control yang semakin menurun.

Pada *Simulated Annealing*, ada 3 parameter yang sangat menentukan, yaitu : tetangga, gain dan temperature. Tetangga akan sangat berperan dalam membentuk perubahan pada solusi sekarang. Pembangkitan bilangan random akan berimplikasi adanya probabilitas.

Untuk menghasilkan perilaku konvergensi dalam SA, sekumpulan parameter harus didefinisikan terlebih dahulu di awal proses. Cara pendefinisian parameter ini disebut sebagai cooling schedule yang melibatkan :

- a. nilai awal untuk parameter kontrol temperatur (T_0)
- b. fungsi/faktor penurunan nilai temperatur (F)
- c. jumlah iterasi dalam tiap nilai temperatur (L)
- d. nilai akhir untuk temperatur (T_i) atau kriteria terminasi untuk menghentikan eksekusi.

Kondisi terminasi algoritma dapat berupa dicapainya jumlah iterasi tertentu dimana tidak ada state baru yang diterima, atau temperatur mencapai nilai tertentu yang telah ditetapkan.

Keistimewaan SA adalah memberikan teknik optimasi yang dapat (Ingber, 1953) :

1. Memproses fungsi tujuan yang bersifat non linier, diskontinyu dan stohastik yang berubah-ubah.
2. Memproses kondisi pembatas yang berubah-ubah dan menentukan pembatas yang terdapat di dalam fungsi tujuan tersebut.
3. Mudah diterapkan dengan tingkat pengkodean rendah yang terkait dengan algoritma optimasi nonlinier lainnya.
4. Memperoleh solusi optimal yang tepat secara statistik.

2.7.2 Algoritma

Algoritma *Simulated Annealing* adalah sebagai berikut :

1. Evaluasi keadaan awal. Jika keadaan awal merupakan tujuan, maka pencarian berhasil dan KELUAR. Jika tidak demikian, lanjutkan dengan menetapkan keadaan awal sebagai kondisi sekarang.
2. Inisialisasi BEST_SO_FAR untuk keadaan sekarang.
3. Inisialisasi T sesuai dengan *annealing schedule*.
4. Kerjakan hingga solusi ditemukan atau sudah tidak ada operator baru lagi akan diaplikasikan ke kondisi sekarang.
 - a. Gunakan operator baru yang belum pernah digunakan tersebut untuk menghasilkan kondisi baru.
 - b. Evaluasi kondisi yang baru dengan menghitung :

$$\Delta E = \text{nilai sekarang} - \text{nilai keadaan baru}$$
 - i. Jika kondisi baru merupakan tujuan, maka pencarian berhasil dan KELUAR.
 - ii. Jika bukan tujuan, namun memiliki nilai yang lebih baik daripada kondisi sekarang, maka tetapkan kondisi baru sebagai kondisi sekarang. Demikian pula tetapkan BEST_SO_FAR untuk kondisi yang baru tadi.
 - iii. Jika nilai kondisi baru tidak lebih baik dari kondisi sekarang, maka tetapkan kondisi baru sebagai kondisi sekarang dengan probabilitas :

$$p = e^{-\frac{\Delta E}{T}}$$

Langkah ini biasanya dikerjakan dengan membangkitkan suatu bilangan random r pada range $(0, 1)$. Jika $r < p$, maka perubahan kondisi baru menjadi kondisi sekarang diperbolehkan. Namun jika tidak demikian, maka tidak akan dikerjakan apapun.

c. Perbaiki T sesuai dengan *annealing scheduling*.

5. BEST_SO_FAR adalah jawaban yang dimaksudkan.

Dari algoritma tersebut, secara umum ada 3 hal yang perlu disoroti pada simulated annealing, yaitu :

- a. Nilai awal untuk temperatur (T_0).
 Nilai T_0 biasanya ditetapkan cukup besar (tidak mendekati nol) karena jika T mendekati nol maka gerakan simulated annealing akan sama dengan hill climbing. Biasanya temperatur awal ini ditetapkan sebesar 2 kali panjang suatu jalur yang dipilih secara acak.
- b. Kriteria yang digunakan untuk memutuskan apakah temperatur sistem seharusnya dikurangi.
- c. Berapa besarnya pengurangan temperatur dalam setiap waktu.

Simulated Annealing menghasilkan solusi akhir yang lebih baik dengan berangsur-angsur dari satu solusi ke berikutnya. Algoritma optimisasi lokal sering membatasi pencariannya untuk solusi optimal dalam sebuah arah menurun. Dengan kata lain, solusi awal diubah hanya jika itu mengakibatkan penurunan nilai fungsi tujuan (OFV) untuk masalah minimasi. Meskipun ini dapat membantu kita mencari solusi optimal lokal, namun dalam beberapa kasus solusi tersebut mungkin lebih rendah dari solusi optimal global. Untuk mengatasi jeratan ini pada optimum lokal

dan membantu memeriksa daerah lain, algoritma pencarian lokal dimodifikasi untuk mengijinkannya mundur dari daerah optimal lokal yang lemah dan menyelidiki daerah lain, sehingga kesempatan untuk menemukan suatu solusi yang lebih baik sangat ditingkatkan.

Untuk tiap solusi baru, SA menentukan perbedaan atau selisih δ antara nilai fungsi tujuan (OFV) dari solusi terbaik terdahulu dengan solusi yang baru. Jika perbedaan tersebut disukai (misal untuk masalah minimasi, nilai fungsi tujuan dari solusi baru adalah kurang dari nilai fungsi tujuan dari solusi terbaik sebelumnya.), solusi terdahulu telah dikeluarkan dan solusi baru akan menggantikannya. Jika perbedaan tersebut disukai, maka solusi yang baru diterima dengan sebuah probabilitas atau kemungkinan yang pasti. Probabilitas dari penerimaan sebuah solusi baru yang lebih buruk tergantung pada nilai δ . Semakin besar nilainya, semakin besar pula kemungkinan dari solusi baru ditolak. Untuk itu ada dua pertanyaan yang berkaitan dengan proses dalam Simulated Annealing :

1. Berapa kali kita menguji solusi baru?
2. Apa yang harus dilakukan jika tidak memperbaiki solusinya?

Jawaban untuk pertanyaan pertama tergantung pada apakah suatu keadaan beku (*frozen state*) telah tercapai. Jika suatu keadaan beku (misal, suatu keadaan dimana kemungkinan dari penemuan solusi baru yang lebih baik adalah cukup kecil) telah tercapai, biaya dari pencarian untuk solusi baru adalah sangat tinggi dibandingkan dengan keuntungan yang akan kita dapatkan. Implementasi lain dari algoritma *Simulated Annealing* menggunakan cara lain untuk menentukan apakah suatu keadaan beku telah tercapai. Dalam hal ini, kita dengan sederhana mengasumsikan bahwa jika satu dari dua kondisi di bawah ini dijumpai, maka suatu keadaan beku (*frozen state*) tercapai :

1. Jumlah dari solusi yang diuji melampaui nilai yang ditetapkan sebelumnya.
2. Jumlah dari solusi yang diterima melampaui nilai yang ditetapkan sebelumnya.

Jawaban pertanyaan kedua, maka diperkenalkan konsep dari "temperatur". Temperatur mengacu pada keadaan dimana SA lewat dalam pencariannya untuk solusi yg lebih baik. Dimulai dengan suatu temperatur awal, kita berpindah ke temperatur berikutnya hanya ketika kita telah mencapai suatu keadaan beku. Ketika keadaan beku telah tercapai, maka temperatur akan dikurangi oleh faktor pendinginan r ($0 < r < 1$), dan prosedur tsb berulang sampai jumlah pasti dari tahapan temperatur yg ditetapkan sblmnya telah dilakukan (Murty, 1995)

Dlm *Simulated Annealing* algoritma ini berusaha untuk tidak terjebak dalam suatu keadaan lokal jumlah minimum optimum dengan cara kadang-kadang menerima suatu gerak tetangga yg dapat meningkatkan nilai Z . Penolakan atau penerimaan dari suatu gerakan ditentukan oleh suatu urutan dari bilangan – bilangan random (acak) dengan probabilitas yg dikendalikan. Probabilitas dari gerak yang diterima menyebabkan peningkatan ΔZ dimana Z adalah fungsi yg diterima dengan persamaan $\exp(\Delta Z / T)$, T adalah parameter kontrol yg sesuai dengan temperatur dalam analogi proses fisik mendinginkan logam. Dari fungsi yang diterima ini menyiratkan bahwa peningkatan yg kecil di dalam Z lebih disukai u diterima daripada peningkatan yg besar dan itu ketika T tinggi maka akan banyak gerakan yang diterima, namun ketika pendekatan T adalah nol, maka banyak gerakan akan sulit untuk diterima/ditolak.

Karena itu SA dimulai dengan nilai kerelatifitasan yang tinggi dari T untuk menghindari secara premature terjerat dalam jumlah optimum lokal. Algoritma berproses dengan mencoba suatu jumlah tertentu dari tetangga kemudian berpindah

pada masing-masing temperatur. Sementara itu parameter temperatur secara perlahan menurun. *Simulated Annealing* akan berhenti ketika solusi yang diperoleh pada masing-masing perubahan temperatur adalah tetap pada sejumlah temperatur yg berurutan. (Cochran, J.K and Kim, S.S., 1998)



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Pustaka

Ada dua macam studi pustaka yang dilakukan yaitu studi pustaka induktif dan deduktif. Kajian induktif adalah kajian pustaka yang bermakna untuk menjaga keaslian penelitian dan bermanfaat bagi peneliti untuk menjadi kekinian topik penelitian. Kajian ini diperoleh dari jurnal, proseding, seminar, majalah dan lain sebagainya. Pada kajian induktif, dapat diketahui perkembangan penelitian, batas-batas dan kekurangan penelitian terdahulu. Disamping itu dapat diketahui perkembangan metode-metode mutakhir yang pernah dilakukan peneliti lain. Kajian deduktif membangun konseptual yang mana fenomena-fenomena atau parameter-parameter yang relevan disistematika, diklasifikasikan dan dihubung-hubungkan sehingga bersifat umum. Kajian deduktif merupakan landasan teori yang dipakai sebagai acuan untuk memecahkan masalah penelitian.

3.2 Tempat dan Objek Penelitian

Penelitian dilakukan di pabrik Indah Kiat Pulp and Paper (IKPP) yang beralamat di jalan KPR 2 blok IV no.2 Perawang, Riau. Penelitian ini difokuskan pada proyek pembangunan New Tissue Machine khususnya di area block 3 dimana PT. Mitrabangun Adigraha sebagai kontraktor utama.

3.3 Metode Pengumpulan Data

3.3.1 Data Primer

Yaitu data yang diperoleh secara langsung dari sumbernya, diamati dan dicatat untuk pertama kalinya. Untuk memperoleh data-data primer digunakan beberapa metode :

- a. Observasi, yaitu dengan melakukan pengamatan serta pencatatan secara langsung pada obyek yang diteliti.
- b. Interview, merupakan pengumpulan data dengan cara tanya jawab sepihak yang dikerjakan dengan sistematis dan berlandaskan kepada tujuan-tujuan penelitian.

Adapun data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah :

- a. Aktivitas proyek
- b. Hubungan antar aktivitas proyek
- c. Durasi aktivitas proyek
- d. Jumlah tenaga kerja/aktivitas

3.3.2 Data Sekunder

Adalah data yang diperoleh melalui riset perpustakaan berupa literatur, majalah, jurnal dan dari berbagai hasil penelitian.

3.4 Pengolahan Data

3.4.1 Penentuan Jalur Kritis dengan Metode CPM

Langkah-langkah untuk menyusun sebuah jadwal proyek (network diagram) adalah sebagai berikut :

1. Membuat uraian dan urutan kegiatan dalam setiap aktifitas proyek.

2. Menentukan durasi waktu untuk setiap aktivitas kegiatan.
3. Membuat denah kode sesuai denah kegiatan dengan kurun waktu yang bersangkutan, menghubungkan kode-kode tersebut dengan sistem anak panah sesuai dengan ketergantungan dan konstrain.
4. Menyelesaikan diagram CPM dengan melengkapi atribut yang diperlukan.
5. Menentukan jalur kritis (*critical path*) dengan metode CPM (*Critical Path Method*).
6. Dalam proses menentukan jalur kritis dan float digunakan perhitungan maju dan perhitungan mundur.

Notasi yang digunakan dalam hitungan adalah sebagai berikut :

- ES : saat paling awal mulainya suatu kegiatan
 EF : saat paling lambat mulainya suatu kegiatan
 EF : saat paling awal selesainya suatu kegiatan
 LF : saat paling lambat selesainya suatu kegiatan
 D : kurun waktu
 ij : kejadian

Perhitungan CPM berdasarkan :

- a. Hitungan Maju

$$ES_j = \text{Max} (ES_i + L_{ij})$$

- b. Hitungan Mundur

$$LF_i = \text{Min} (LF_j - L_{ij})$$

- c. Jalur kritis akan melalui setiap kejadian dengan :

$$ES_j = LF_i$$

Dari hasil perhitungan maka dapat dianalisis :

- a. Aktifitas-aktifitas mana yang kritis.
- b. Aktifitas-aktifitas yang mempunyai kelonggaran waktu (non kritis).

Setelah jaringan kerja (network diagram) CPM terbentuk, maka langkah selanjutnya adalah membuat *Bar-graph* kegiatan-kegiatannya yaitu jadwal kegiatan yang menyatakan saat mulai dan saat selesai setiap kegiatan yang ada di dalam network diagram tersebut. Di mana setiap kegiatan mempunyai jadwal paling awal (Tipe I), jadwal paling lambat (Tipe II) dan jadwal pelaksanaan yang menghabiskan Free Float-nya (Tipe III). *Bar-graph* proyek merupakan kumpulan semua jadwal yang ada dalam proyek tersebut termasuk kebutuhan sumber daya untuk setiap kegiatan. Tetapi karena persoalan yang dihadapi cukup kompleks maka untuk mengkonstruksi diagram jaringan digunakan bantuan program *Microsoft Project 2003*. Dan untuk perhitungan maju, mundur serta jumlah float juga dapat diketahui dengan program ini.

3.4.2 Kerangka Pemecahan Masalah dengan Algoritma *Simulated Annealing*

Data-data yang sudah terkumpul kemudian diolah menggunakan perhitungan secara matematis melalui persamaan 2.11 dengan bantuan *Microsoft Excel* yang kemudian dianalisis dengan metode Algoritma *Simulated Annealing* untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pencarian oleh *Simulated Annealing* ini dilakukan dengan menggunakan software *Simulated Annealing* yang dibuat dengan bahasa pemrograman PASCAL melalui pemrograman visual Delphi 7.0 yang berjalan pada sistem operasi *Windows XP*.

Berikut ini akan dijabarkan langkah-langkah penyelesaian masalah dengan metode Algoritma *Simulated Annealing* :

1. Evaluasi keadaan awal. Jika keadaan awal merupakan tujuan, maka pencarian berhasil dan KELUAR. Jika tidak demikian, lanjutkan dengan menetapkan keadaan awal sebagai kondisi sekarang.

2. Inisialisasi BEST_SO_FAR untuk keadaan sekarang.
3. Inisialisasi T sesuai dengan *annealing schedule*, penentuan Tawar lebih baik jauh di atas nol.
4. Kerjakan hingga solusi ditemukan atau sudah tidak ada operator baru lagi akan diaplikasikan ke kondisi sekarang.

- a. Gunakan operator baru yang belum pernah digunakan tersebut untuk menghasilkan kondisi baru.

- b. Evaluasi kondisi yang baru dengan menghitung :

$$\Delta E = \text{nilai sekarang} - \text{nilai keadaan baru}$$

Dimana ΔE pada kasus ini merupakan selisih dari fungsi tujuan

$$\text{minimasi tingkatan tenaga kerja, } \Delta Z = Y_1^2 - Y_2^2$$

- i. Jika kondisi baru merupakan tujuan, maka pencarian berhasil dan KELUAR.

- ii. Jika bukan tujuan, namun memiliki nilai yang lebih baik daripada kondisi sekarang, maka tetapkan kondisi baru sebagai kondisi sekarang. Demikian pula tetapkan BEST_SO_FAR untuk kondisi yang baru tadi.

- iii. Jika nilai kondisi baru tidak lebih baik dari kondisi sekarang, maka tetapkan kondisi baru sebagai kondisi sekarang dengan probabilitas :

$$p = e^{-\frac{\Delta E}{T}}$$

Langkah ini biasanya dikerjakan dengan membangkitkan suatu bilangan random r pada range $(0, 1)$. Jika $r < p$, maka perubahan kondisi baru menjadi kondisi sekarang

diperbolehkan. Namun jika tidak demikian, maka tidak akan dikerjakan apapun.

c. Perbaiki T sesuai dengan *annealing scheduling*, dengan penurunan temperatur $decT = 0.95 \times Tawal$

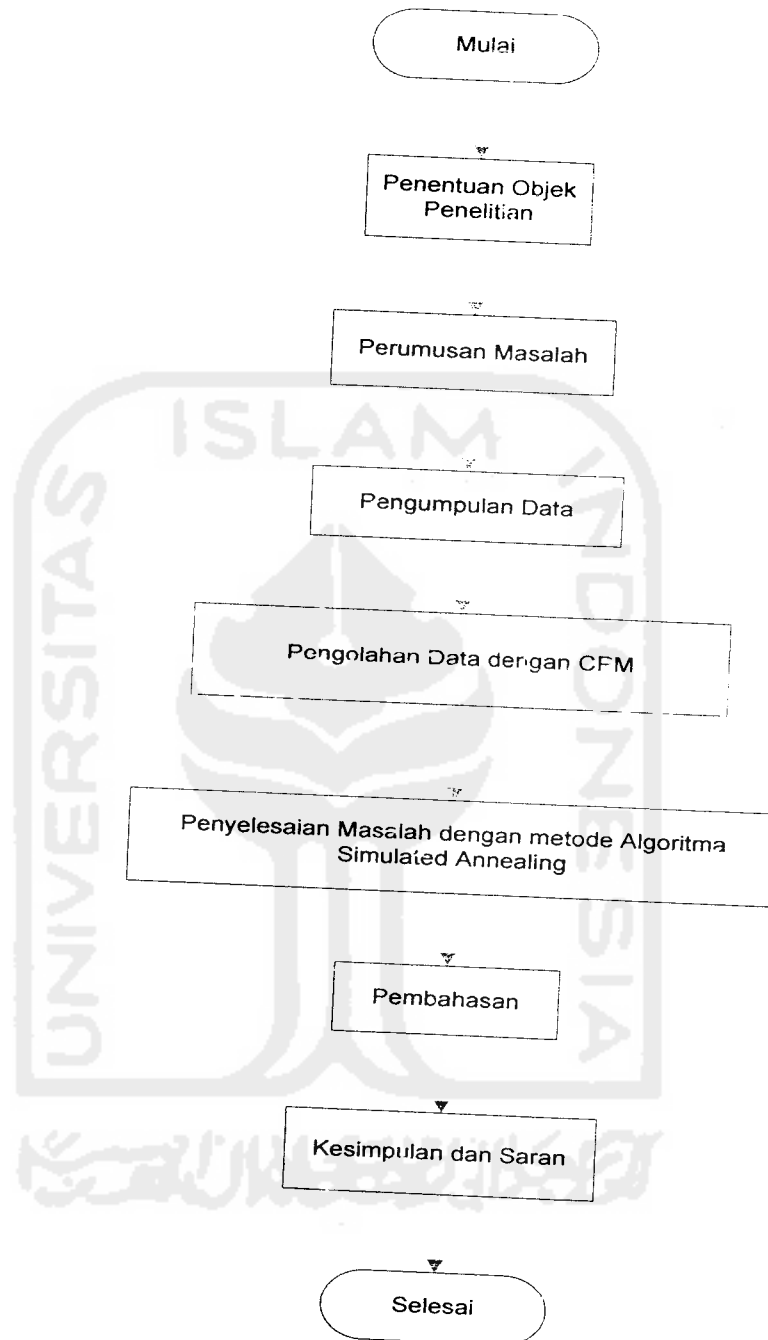
5. BEST_SO_FAR adalah jawaban yang dimaksudkan.

Diagram alir langkah penyelesaian masalah dengan Algoritma *Simulated Annealing* disajikan pada gambar 3.2



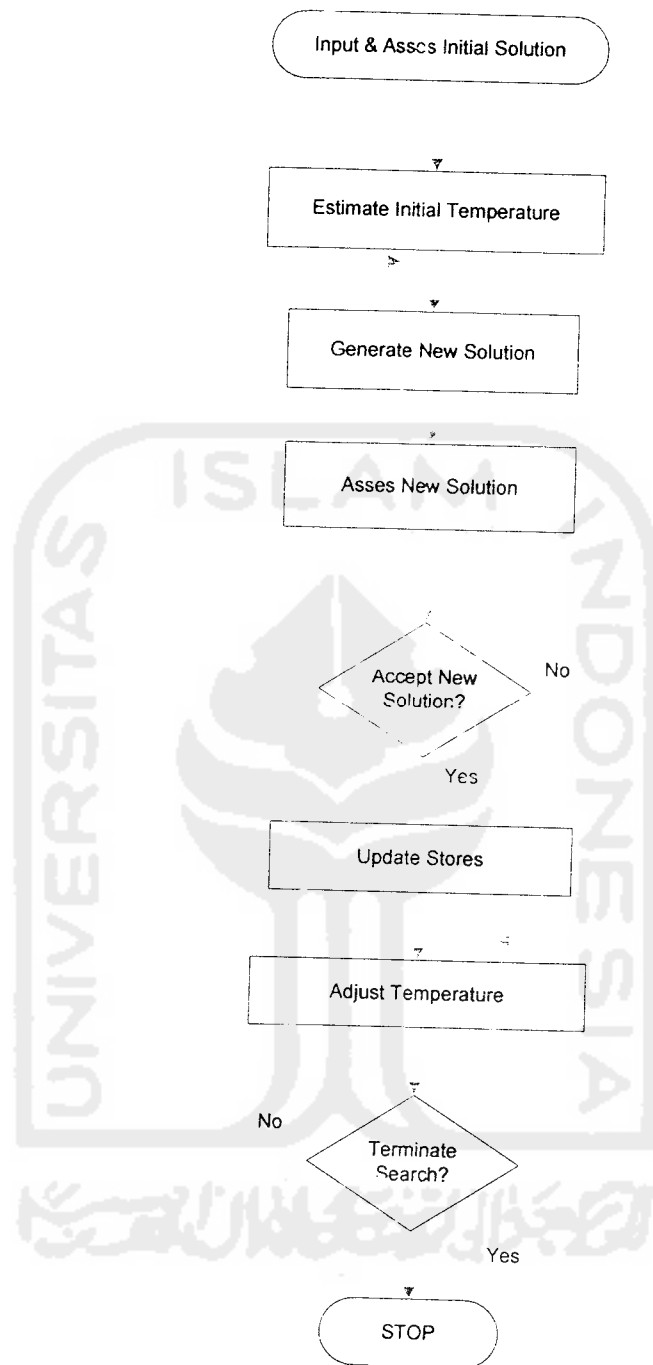
3.5 Diagram Alir Pemecahan Masalah

3.5.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5.2 Diagram Alir Algoritma *Simulated Annealing*



Gambar 3.2 Diagram Alir Algoritma *Simulated Annealing*

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan proses pengambilan serta analisis data. Analisa dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu tahap pertama menghitung tingkat kebutuhan tenaga kerja awal dan tahap kedua mengoptimasi tingkat kebutuhan tenaga kerja dengan menggunakan metode algoritma *Simulated Annealing*.

4.1 Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini diperoleh dari penelitian pada proyek pembangunan pabrik New Tissue Machine IKPP di Perawang Riau yang dilakukan oleh PT. Mitrabangun Adigraha sebagai kontraktor utama.

Data yang diperoleh meliputi :

- a. Aktivitas proyek
- b. Hubungan antar aktivitas proyek / predecessor dan successor
- c. Durasi aktivitas proyek
- d. Jumlah tenaga kerja
- e. Struktur organisasi proyek
- f. Gambar rencana pabrik

4.1.1 Gambaran Umum Proyek

Proyek pembangunan pabrik New Tissue Machine Indah Kiat Pulp and Paper di Perawang, Riau ini merupakan proyek pembangunan bertahap dengan luas area 1.5 km x 0.5 km dengan jangka waktu penyelesaian lebih dari dua tahun. Proyek ini mulai digarap pada awal November 2006 dan diperkirakan akan selesai pada pertengahan

tahun 2009 nanti. Proyek ini terbagi atas beberapa block dan pada penelitian ini hanya akan membahas pada block 3 khususnya pada bagian pondasi mesin. Pada bagian ini terdapat 3 jenis mesin yaitu Approach Pit, Yankee Pit dan Tissue Machine. Terdapat 4 buah Approach Pit, 2 Yankee Pit dan 2 Tissue Machine.

Durasi proyek : 79 hari
 Waktu kerja : 7 hari/minggu
 Shift : 1 shift (pengadaan jam lembur kondisional)
 Jam kerja : 08.00-17.00

Profile Proyek Pembangunan Pabrik New Tissue Machine IKPP (blok 3) :

- Nama proyek : New Tissue Machine IKPP
- Manajer : Bustomi Widjadja
- Pemilik : PT. Indah Kiat Pulp and Paper (IKPP)
- Perencana : PT. Indah Kiat Pulp and Paper (IKPP)
- Pengawas : PT. Indah Kiat Pulp and Paper (IKPP)
- Konstruksi atas : Baja
- Konstruksi bawah : Beton
- Dana : Rp 50.000.000.000,-(lima puluh milyar rupiah)
- Waktu pelaksanaan : November 2006 – Mey 2007

Gambar teknis pada lampiran

4.1.2 Gambaran Umum Pekerjaan

1. Excavation yaitu penggalian tanah, menggunakan alat bantu excavator yang dikendalikan oleh operator.

2. Dewatering yaitu sistem manajemen perairan dengan cara mengalirkan air tanah ke tempat lain yang bertujuan agar dapat bekerja pada lahan kering.
3. Concrete pouring yaitu pengecoran
4. Formwork atau bekasting terdiri atas dua tahap yaitu pabrikan dan install (pemasangan).
5. Dismantling yaitu pembongkaran dinding penahan tanah sementara/turap. Dismantling ini dapat dilakukan dengan 3 metode, yaitu : Pilling Sheetpile, Cerucuk dan WF.
6. Back fill yaitu urugan kembali atau menimbun kembali tanah yang sudah digali.
7. Lean concrete yaitu lantai kerja awal setelah galian tanah dicor dengan beton mutu rendah.
8. Rebar yaitu pekerjaan pembesian, yang terdiri dari bagian pabrikan dan install (pemasangan).
9. Install water stop yaitu pemasangan sambungan penahan air antara bagian dinding dan lantai sebelum dilakukan pengecoran.
10. Inside yaitu bagian dalam yang tidak terlihat.
11. Outside yaitu bagian luar yang terlihat.
12. Wall yaitu bagian dinding
13. Slab yaitu bagian perantara antara dinding dan lantai

4.1.3 Aktivitas proyek, Durasi dan Hubungan

Tabel 4.1 Aktivitas proyek, Durasi dan Hubungan

ID	NAMA AKTIVITAS	DURASI	PREDECESSOR
1	BLOCK 3	0 days	
2	START	0 days	
3	CONCRETE STRUCTURE	79 days	

4	MAIN BUILDING	79 days	
5	Concrete Pit & Tissue Machine	79 days	
6	Approach Pit #1	25 days	
7	Dewatering App pit#1	15 days	21FF
8	Wall	25 days	
9	Rebar	12 days	
10	ready to pabrication rebar wall App pit#1	4 days	2
11	Pabrication rebar wall App pit#1	5 days	2,10
12	Install rebar wall App pit#1	3 days	11
13	Formwork	18 days	
14	Pabrication formwork wall App pit#1	17 days	
15	Ready to inside pabrication formwork wall App pit#1	11 days	2
16	Inside pabrication formwork wall App pit#1	3 days	2,15
17	Outside pabrication formwork wall App pit#1	3 days	16
18	Install formwork wall App pit#1	4 days	
19	Inside install formwork wall App pit#1	2 days	16,12
20	Outside install formwork wall App pit#1	1 day	17,19
21	Concrete Pouring wall App pit#1	1 day	20
22	Dismantling WF Pile wall App pit#1	2 days	21
23	Dismantling Formwork	2 days	13
24	Inside Dismantling Formwork wall App pit#1	1 day	22
25	Outside Dismantling Formwork wall app pit#1	1 day	24
26	Back Fill App pit#1	2 days	25
27	Approach Pit #3	34 days	
28	Excavation	3 days	
29	until -7450 at Axis 16' - 19b/G' - I'	3 days	2
30	Dewatering App pit#3	24 days	29,53FF
31	Install Cerucuk App pit#3	2 days	29
32	Lean Concrete App pit#3	2 days	31
33	Slab	16 days	
34	Formwork	2 days	
35	Pabrication formworkk slab App pit#3	1 day	32FF
36	Install formwork slab App pit#3	1 day	35,32
37	Rebar	11 days	
38	Pabrication rebar slab App pit#3	7 days	11
39	Install rebar slab App pit#3	4 days	32,38
40	Install Water Stop slab App pit#3	1 day	39
41	Concrete Pouring slab App pit#3	1 day	40
42	Wall	18 days	
43	Rebar	8 days	
44	Pabricaion rebar wall App pit#3	5 days	38
45	Install rebar wall App pit#3	2 days	44,41
46	Formwork	6 days	
47	Pabrication	6 days	
48	Inside pabric formwork wall App pit#3	3 days	45FF
49	Outside pabric formwork wall App pit#3	3 days	48
50	Install	3 days	
51	Inside install formwork wall App pit#3	2 days	41,48
52	Outside install formwork wall App pit#3	1 day	51
53	Concrete Pouring App pit#3	1 day	52
54	Dismantling WF Pile App pit#3	2 days	53
55	Dismantling Formwork	2 days	46

56	Inside Dismantling Formwork wall App pit#3	1 day	53FS+2 days
57	Outside Dismantling Formwork wall App pit#3	1 day	56
58	Back Fill App pit#3	2 days	57
59	Yankee Pit #1	49 days	
50	ready to pilling sheetpile Yankee Pit#1	8 days	2
51	Pilling Shectpile Yankee Pit#1	2 days	2,60
52	Excavation	4 days	
63	until -7550 at Axis 13' - 15a. G' - K' Yankee Pit#1	4 days	61
64	Dewatering Yankee Pit#1	27 days	63,101FF
65	ready to lean concrete Yankee Pit#1	14 days	2
66	Lean Concrete Yankee Pit#1	2 days	62,2,65
67	Slab	35 days	
68	Formwork	4 days	
69	Pabrication formwork slab Yankee Pit#1	2 days	66FF
70	Install formwork slab Yankee Pit#1	2 days	66,69
71	Rebar	9 days	
72	Pabrication rebar slab Yankee Pit#1	5 days	44
73	Install rebar slab Yankee Pit#1	4 days	72,70
74	Install Water Stop slab Yankee Pit#1	1 day	73
75	Concrete Pouring slab Yankee pit#1	1 day	74
76	Wall 1	16 days	
77	Rebar	8 days	
78	Pabrication rebar wall1 Yankee Pit#1	5 days	72
79	Install rebar wall1 Yankee Pit#1	2 days	78,75
80	Formwork step 1	6 days	
81	Pabrication	6 days	
82	Inside pabric formwork wall1 Yankee Pit#1	3 days	79FF
83	Outside pabric formwork wall1 Yankee Pit#1	3 days	82
84	Install	3 days	
85	Inside install formwork wall1 Yankee Pit#1	2 days	79,82
86	Outside install formwork wall1 Yankee Pit#1	1 day	85
87	Concrete Pouring wall1 Yankee Pit#1	1 day	86
88	Dismantling Formwork	2 days	80
89	Inside Dismantling Formwork wall1 Yankee Pit#1	1 day	87FS+2 days
90	Outside Dismantling Formwork wall1 Yankee Pit#1	1 day	89
91	Dismantling Sheetpile slab Yankee Pit#1	3 days	90
92	Back Fill Yankee Pit#1	2 days	91
93	Wall 2 + Beam + Upper Slab	18 days	
94	Formwork step 2	11 days	
95	Pabrication	4 days	
96	Inside Pabr Formwork wall2+beam+upper Yankee pit#1	2 days	82SS
97	Outside Pabr Formwork wall2+beam+upper Yankee pit#1	2 days	96
98	Install	4 days	
99	Inside install Formwork wall2+beam+upper Yankee pit#1	2 days	87,96
100	Outside install Formwork wall2+beam+upper Yankee pit#1	2 days	99
101	Concrete Pouring wall2+beam+upper Yankee pit#1	1 day	100
102	Dismantling Formwork	4 days	94
103	Inside Dismantling Formwork wall2+beam+upper Yankee pit#1	2 days	101FS+2 days
104	Outside Dismantling Formwork wall2+beam+upper Yankee pit#1	2 days	103
105	Tissue Machine 1 & 2	22 days	
106	Excavation Tissue Machine 1 & 2	5 days	104
107	Lean Concrete Tissue Machine 1 & 2	3 days	106

108	Rebar	14 days	
109	Fabrication Tissue Machine 1 & 2	7 days	107FF
110	Install Tissue Machine 1 & 2	7 days	107
111	Formwork	15 days	
112	Fabrication Tissue Machine 1 & 2	3 days	107FF
113	Install Tissue Machine 1 & 2	5 days	110,112
114	Concrete Pouring Tissue Machine 1 & 2	2 days	113
115	Approach Pit #2	27 days	
116	Excavation	3 days	
117	until -7450 at Axis 16' - 19b/G' - I' App Pit#2	3 days	25
118	Dewatering App Pit#2	18 days	117,138FF
119	Install Cerucuk App Pit#2	2 days	117
120	Lean Concrete App Pit#2	2 days	119
121	Slab	14 days	
122	Formwork	2 days	
123	Pabrication formwork slab App Pit#2	1 day	120FF
124	Install formwork slab App Pit#2	1 day	120,123
125	Rebar	12 days	
126	Pabrication rebar slab App Pit#2	7 days	124FF
127	Install rebar slab App Pit#2	5 days	126,124
128	Install Water Stop slab App Pit#2	1 day	127
129	Concrete Pouring slab App Pit#2	1 day	128
130	Wall	18 days	
131	Rebar	10 days	
132	Pabrication rebar wall App Pit#2	5 days	123
133	Install rebar wall App Pit#2	2 days	132,129
134	Formwork	3 days	
135	Install	3 days	
136	Inside install formwork wall App Pit#2	2 days	133
137	Outside install formwork wall App Pit#2	1 day	136
138	Concrete Pouring wall App pit#2	1 day	137
139	Dismantling WF Pile wall App pit#2	2 days	138
140	Dismantling Formwork	2 days	
141	Inside Dismantling Formwork wall App pit#2	1 day	134
142	Outside Dismantling Formwork wall App pit#2	1 day	138FS+2 days
143	Back Fill App Pit#2	2 days	141
144	Approach Pit #4	27 days	
145	Excavation	3 days	
146	until -7450 at Axis 16' - 19b/I' - K' App Pit#4	3 days	5/
147	Dewatering App Pit#4	13 days	146
148	Install Cerucuk App Pit#4	2 days	146
149	Lean Concrete App Pit#4	2 days	148
150	Slab	14 days	
151	Formwork	2 days	
152	Pabrication formwork slab App Pit#4	1 day	149FF
153	Install formwork slab App Pit#4	1 day	152,149
154	Rebar	12 days	
155	Pabrication rebar slab App Pit#4	7 days	153FF
156	Install rebar slab App Pit#4	5 days	155,153
157	Install Water Stop slab App Pit#4	1 day	156
158	Concrete Pouring slab App Pit#4	1 day	157
159	Wall	18 days	

160	Rebar	10 days	
161	Pabrication rebar wall App Pit#4	5 days	152
162	Install rebar wall App Pit#4	2 days	161,158
163	Formwork	3 days	
164	Install	3 days	
165	Inside install formwork wall App Pit#4	2 days	162
166	Outside install formwork wall App Pit#4	1 day	165
167	Concrete Pouring wall App Pit#4	1 day	166
168	Dismantling WF Pile wall App pit#4	2 days	167
169	Dismantling Formwork	2 days	163
170	Inside Dismantling Formwork wall App pit#4	1 day	167FS+2 days
171	Outside Dismantling Formwork wall App pit#4	1 day	170
172	Back Fill App Pit #4	2 days	171
173	Yankee Pit #2	64 days	
174	ready to pilling sheetpile Yankee Pit#2	13 days	2
175	Pilling Sheetpile Yankee Pit#2	3 days	2,174
176	Excavation	4 days	
177	until -7550 at Axis 13' - 15a/B' - F' Yankee Pit#2	4 days	175
178	Dewatering Yankee Pit#2	11 days	177
179	ready to lean concrete Yankee Pit#2	20 days	2
180	Lean Concrete Yankee Pit#2	2 days	176,2,179
181	Slab	48 days	
182	Formwork	40 days	
183	ready to pabrication formwork slab Yankee pit#2	38 days	2
184	Pabrication formwork slab Yankee pit#2	1 day	2,183
185	Install formwork slab Yankee pit#2	1 day	184,180
186	Rebar	46 days	
187	ready to pabrication rebar slab Yankee pit#2	34 days	2
188	Pabrication rebar slab Yankee pit#2	7 days	2,187
189	Install rebar slab Yankee pit#2	5 days	188,185
190	Install Water Stop slab Yankee pit#2	1 day	189
191	Concrete Pouring slab Yankee pit#2	1 day	190
192	Wall 1	18 days	
193	Rebar	9 days	
194	Pabrication rebar wall1 Yankee Pit#2	5 days	188
195	Install rebar wall1 Yankee Pit#2	2 days	191,194
196	Formwork step 1	4 days	88
197	Install	4 days	
198	Inside install formwork wall1 Yankee Pit#2	2 days	89,195
199	Outside install formwork wall1 Yankee Pit#2	2 days	198
200	Concrete Pouring wall1 Yankee Pit#2	1 day	199
201	Dismantling Formwork	2 days	196
202	Inside Dismantling Formwork wall1 Yankee Pit#2	1 day	200FS+2 days
203	Outside Dismantling Formwork wall1 Yankee Pit#2	1 day	202
204	Dismantling Sheetpile Yankee Pit#2	3 days	203
205	Back Fill Yankee Pit#2	2 days	204
206	Tissue Machine 3 & 4	15 days	
207	Excavation Tissue Machine 3 & 4	5 days	205
208	Lean Concrete Tissue Machine 3 & 4	3 days	207
209	Rebar	14 days	
210	Fabrication rebar Tissue Machine 3 & 4	7 days	208FF
211	Install rebar Tissue Machine 3 & 4	7 days	208

212	Formwork	8 days	
213	Fabrication formwork Tissue Machine 3 & 4	3 days	208FF
214	Install formwork Tissue Machine 3 & 4	5 days	213
215	Concrete pouring Tissue Machine 3 & 4	2 days	214
216	FINISH	0 days	54,49,83,97,92,109,114, ,26,7,178,36,30,64,143,139, 118,172,168,147,58,211,210,215

Aktivitas pada proyek ini rata-rata hampir sama hanya saja dilakukan pada lokasi yang berbeda tetapi tetap berhubungan antara satu dengan yang lain. Kolom predecessor menunjukkan hubungan aktivitas pendahulu dengan batasan Finish to Finish (FF), Finish to Start (FS), Start to Start (SF) dan Start to Finish (SF).

4.1.4 Data Kebutuhan Tenaga Kerja Proyek

Data kebutuhan tenaga kerja ini merupakan data aktual yang dimiliki proyek pada saat itu. Jumlah keseluruhannya ditentukan oleh pihak kontraktor sendiri berdasarkan asumsi dan kebijakan tertentu. Karena mengincar luas lahan yang dikerjakan tidak sedikit, maka dalam hal ini proyek pembangunan pabrik New Tissue Machine IKPP Perawang Riau ini banyak menggunakan alat-alat berat dan juga alat bantu untuk beberapa bagian pekerjaannya.

Tabel 4.2 Jumlah Kebutuhan Tenaga Kerja Proyek

NO	AKTIVITAS	DURASI	R	R/HARI
1	START	0		
2	ready to pabrication rebar slab Yankee pit#2	34	0	0
3	Pabrication rebar slab Yankee pit#2	7	210	30
4	Install rebar slab Yankee pit#2	5	80	16
5	Install Water Stop slab Yankee pit#2	1	10	10
6	Concrete Pouring slab Yankee pit#2	1	10	10
7	Install rebar wall 1 Yankee pit#2	2	60	30
8	Inside install formwk wall1 Yankee pit#2	2	80	40
9	Outside install formwk wall1 Yankee pit#2	2	80	40
10	Concrete Pouring wall1 Yankee pit#2	1	10	10
11	Inside Dismantling Formwork wall1 Yankee pit#2	1	40	40
12	Outside Dismantling Formwork wall1 Yankee pit#2	1	40	40
13	Dismantling Sheetpile Yankee pit#2	3	48	16

113	Pabrication rebar wall 1 Yankee pit#2	5	200	40
114	Dismantling Sheetpile Yankee pit#1	3	48	16
115	Concrete Pouring wall2+beam+upper Yankee pit#1	1	10	10
116	Outside install formwk wall Appr pit#2	1	40	40
117	Concrete Pouring wall Appr pit#2	1	10	10
118	Dismantling WF Pile wall Appr pit#2	2	40	20
119	Back Fill Yankee pit#1	2	16	8
120	Inside Dismantling Formwork wall2+beam+upper Yankee pit#1	2	40	20
121	Install Water Stop slab Appr pit#4	1	10	10
122	Inside Dismantling Formwork wall Appr pit#2	1	40	40
123	Concrete Pouring slab Appr pit#4	1	10	10
124	Outside Dismantling Formwork wall2+beam+upper Yankee pit#1	2	40	20
125	Outside Dismantling Formwork wall Appr pit#2	1	40	40
126	Install rebar wall Appr pit#4	2	72	36
127	Back Fill Appr pit#2	2	16	8
128	Excavation Tissue Machine 1 & 2	5	40	8
129	Inside install formwk wall Appr pit#4	2	80	40
130	Fabrication rebar Tissue Machine 1 & 2	7	210	30
131	Outside install formwk wall Appr pit#4	1	40	40
132	Concrete Pouring wall Appr pit#4	1	10	10
133	Dismantling WF Pile wall Appr pit#4	2	40	20
134	Lean Concrete Tissue Machine 1 & 2	3	120	40
135	Fabrication formwk Tissue Machine 1 & 2	3	240	80
136	Inside Dismantling Formwork wall Appr pit#4	1	40	40
137	Outside Dismantling Formwork wall Appr pit#4	1	40	40
138	install rebar Tissue Machine 1 & 2	7	126	18
139	Back Fill Approach pit#4	2	16	8
140	Install formwk Tissue Machine 1 & 2	5	100	20
141	Fabrication rebar Tissue Machine 3 & 4	7	126	18
142	Concrete pouring Tissue Machine 1 & 2	2	12	6

Kolom aktivitas menunjukkan nama kegiatan proyek khusus pada bagian pondasi saja dari awal sampai akhir, kolom durasi menunjukkan lamanya waktu dalam satuan hari yang dibutuhkan satu aktivitas untuk dapat dikerjakan, kolom R (Resources) menunjukkan jumlah kebutuhan total tenaga (Manpower) sampai pekerjaan tersebut selesai, kolom R/hari yaitu jumlah kebutuhan tenaga kerja per hari (Manpower in day).

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Pembuatan Diagram Jaringan

Setelah semua data terkumpul maka langkah awal yang perlu dilakukan untuk melakukan penjadwalan proyek adalah membuat diagram jaringan (*network diagram*) terlebih dahulu. Tujuannya adalah untuk memvisualisasikan perencanaan jadwal proyek agar dapat lebih mudah untuk dipantau dalam pelaksanaannya. Selain itu dengan adanya diagram jaringan dapat ditentukan mana aktivitas yang kritis dan non-kritis. Hal ini sangat penting karena pengertian tingkatan tenaga kerja diperoleh dengan kombinasi dari kebutuhan tenaga kerja per hari dengan merubah aktivitas-aktivitas non kritis diantara float. Setelah diagram jaringan dikonstruksi, maka lintasan kritis (*critical path*) dari proyek dapat diidentifikasi. Secara umum persyaratan lintasan kritis adalah :

1. $ES = LS = 0$ atau
2. $EF = LF = 0$ atau
3. Total Float = 0

Lintasan *Forward* dan *Backward* digunakan untuk mencari ES (*early start*), EF (*early finish*), LS (*latest start*), LF (*latest finish*) untuk setiap aktivitas. Untuk lintasan ke *forward* ES dan EF dapat dikalkulasi menggunakan 2 aturan :

- a. Waktu EF untuk setiap aktivitas sama dengan ES ditambah aktivitas durasi D yang diharapkan $EF = ES + D$
- b. Untuk Node satu arah, aktivitas ES setiap node sama dengan EF yang menuju arah masuk pada node. Untuk node-node dengan panah/arah yang banyak, ES dengan aktivitas yang meninggalkan node sama dengan EF dari arah yang memasuki node.

Untuk lintasan *backward* LS dan LF ditambahkan dengan menggunakan dua aturan :

- Waktu LS untuk setiap aktivitas sama dengan waktu LF dikurangi durasi waktu yang diharapkan. $LS = LF - D$
- Untuk node dengan satu arah panah, LF untuk arah masuk node sama dengan LS yang meninggalkan node. Untuk node dengan dengan arah panah yang lebih dari satu , LF untuk panah yang masuk node sama dengan LS terkecil dari semua arah panah yang meninggalkan node.

Setelah EF, ES, LS dan LF ditemukan maka Total Float (TF) atau Total Slack (TS) dapat dihitung . TF dapat dicari dengan persamaan :

$$TF = LS - ES \text{ atau } TF = LF - EF$$

Untuk mengkontruksi diagram jaringan digunakan program *Microsoft Project 2003* karena persoalan yang dihadapi cukup kompleks. Dengan program tersebut diperoleh keseluruhan proyek dapat diselesaikan dalam waktu 79 hari. Untuk perhitungan ES, EF, LS, LF dan TF juga dapat langsung diketahui. Hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel.4.3 Aktivitas Kritis, Non Kritis, ES, EF, LS, LF dan Float

AKTIVITAS KRITIS	NO	AKTIVITAS	D	ES	EF	LS	LF	FLOAT
	1	ready to pabrication rebar slab Yankee pit#2	34	1	34	1	34	0
	2	Pabrication rebar slab Yankee pit#2	7	35	41	35	41	0
	3	Install rebar slab Yankee pit#2	5	42	46	42	46	0
	4	Install Water Stop slab Yankee pit#2	1	47	47	47	47	0
	5	Concrete Pouring slab Yankee pit#2	1	48	48	48	48	0
	6	Install rebar wall 1 Yankee pit#2	2	49	50	49	50	0
	7	Inside install formwk wall1 Yankee pit#2	2	51	52	51	52	0
	8	Outside install formwk wall1 Yankee pit#2	2	53	54	53	54	0
	9	Concrete Pouring wall1 Yankee pit#2	1	55	55	55	55	0
10	Inside Dismantling Formwork wall1 Yankee pit#2	1	58	58	58	58	0	

11	Outside Dismantling Formwork wall1 Yankee pit#2	1	59	59	59	59	0
12	Dismantling Sheetpile Yankee pit#2	3	60	62	60	62	0
13	Back Fill Yankee pit#2	2	63	64	63	64	0
14	Excavation Tissue Machine 3 & 4	5	65	69	65	69	0
15	Lean Concrete Tissue Machine 3 & 4	3	70	72	70	72	0
16	Fabrication formwkw Tissue Machine 3 & 4	3	70	72	70	72	0
17	Install rebar Tissue Machine 3 & 4	7	73	79	73	79	0
18	Install formwkw Tissue Machine 3 & 4	5	73	77	73	77	0
19	Concrete pouring Tissue Machine 3 & 4	2	78	79	78	79	0
20	ready to pabrication Rebar App pit#1	4	1	4	9	12	8
21	ready to inside Pabrc formwork App pit#1	11	1	11	30	40	29
22	until -7450 at Axis 16' - 19b/G' - I' App pit#3	3	1	3	30	32	29
23	ready to pilling sheetpile Yankee Pit #1	8	1	8	17	24	16
24	ready to lean concrete Yankee Pit #1	14	1	14	17	30	16
25	ready to pilling sheetpile Yankee Pit #2	13	1	13	19	31	18
26	ready to lean concrete Yankee Pit #2	20	1	20	19	38	18
27	ready to pabrication formwkw slab Yankee pit#2	38	1	38	2	39	1
28	Install Cerucuk Approach pit#3	2	4	5	33	34	29
29	Dewatering Approach pit#1	15	5	19	65	79	60
30	Pabrication Rebar wall App pit#1	5	5	9	13	17	8
31	Dewatering Approach pit#3	24	5	28	56	79	51
32	Lean Concrete Appr pit#3	2	6	7	35	36	29
33	Pabrication Formwkw slab App pit#3	1	7	7	78	78	71
34	Install Formwkw slab App pit#3	1	8	8	79	79	71
35	Pilling Sheetpile Yankee Pit #1	2	9	10	25	25	16
36	Install Rebar wall App pit#1	3	10	12	42	44	32
37	Pabrication rebar slab App pit#3	7	10	16	18	24	8
38	until -7550 at Axis 13' - 15a/G' - K' Yankee Pit #1	4	11	14	27	30	16
39	Inside Pabrc formwork wall App pit#1	3	12	14	41	43	29
40	Pilling Sheetpile Yankee Pit #2	3	14	16	32	34	18
41	Outside Pabrc formwork App pit#1	3	15	17	44	46	29
42	Inside install formwork App pit#1	2	15	16	45	46	30
43	Lean Concrete Yankee Pit #1	2	15	16	31	32	16
44	Pabrication formwkw slab Yankee pit#1	2	15	16	31	32	16
45	Install rebar slab App pit#3	4	17	20	37	40	20
46	Pabrication rebar wall App pit#3	5	17	21	25	29	8
47	Dewatering Yankee Pit #1	27	17	43	53	79	36
48	Install formwkw slab Yankee pit#1	2	17	18	33	34	16
49	until -7550 at Axis 13' - 15a/B' - F' Yankee Pit #2	4	17	20	35	38	18
50	Outside install formwork wall App pit#1	1	18	18	47	47	29
51	Concrete Pouring App pit#1	1	19	19	48	48	29
52	Dismantling WF Pile App pit#1	2	20	21	49	50	29
53	Install Water Stop slab Appr pit#3	1	21	21	41	41	20
54	Dewatering Yankee Pit #2	11	21	31	69	79	48
55	Lean Concrete Yankee Pit #2	2	21	22	39	40	18
56	Inside Dismantling Formwork wall App pit#1	1	22	22	51	51	29
57	Concrete Pouring slab Appr pit#3	1	22	22	42	42	20
58	Inside pabrc formwork wall App pit#3	3	22	24	42	44	20
59	Pabrication rebar slab Yankee pit#1	5	22	26	30	34	8
60	Outside Dismantling Formwork wall App pit#1	1	23	23	52	52	29

AKTIVITAS NON KRITIS

61	Install rebar wall App pit#3	2	23	24	43	44	20
62	Back Fill App pit#1	2	24	25	78	79	54
63	until -7450 at Axis 16' - 19b/G' - I' App pit#2	3	24	26	53	55	29
64	Outside pabrc formwork wall App pit#3	3	25	27	48	50	23
65	Inside install formwork wall App pit#3	2	25	26	45	46	20
66	Pabrication rebar slab App pit#2	7	25	31	54	60	29
67	Outside install formwork wall App pit#3	1	27	27	47	47	20
68	Install rebar slab Yankee pit#1	4	27	30	35	38	8
69	Pabrication rebar wall1 Yankee pit#1	5	27	31	36	40	9
70	Dewatering Appr pit#2	18	27	44	62	79	35
71	Install Cerucuk Appr pit#2	2	27	28	56	57	29
72	Concrete Pouring wall Appr pit#3	1	28	28	48	48	20
73	Dismantling WF Pile wall Appr pit#3	2	29	30	78	79	49
74	Lean Concrete Appr pit#2	2	29	30	58	59	29
75	Pabrication formwk slab App pit#2	1	30	30	59	59	29
76	Inside Dismantling Formwork wall App pit#3	1	31	31	51	51	20
77	Install Water Stop slab Yankee pit#1	1	31	31	39	39	8
78	Install formwk slab App pit#2	1	31	31	60	60	29
79	Pabrication rebar wall App pit#2	5	31	35	63	67	32
80	Outside Dismantling Formwork wall App pit#3	1	32	32	52	52	20
81	Concrete Pouring slab Yankee pit#1	1	32	32	40	40	8
82	Inside pabr formwrk wall1 Yankee pit#1	3	32	34	40	42	8
83	Inside pabr formwrk wall2+beam+upper Yankee pit#1	2	32	33	45	46	13
84	Install rebar slab App pit#2	5	32	36	61	65	29
85	Back Fill App pit#3	2	33	34	78	79	45
86	Install rebar wall1 Yankee pit#1	2	33	34	41	42	8
87	until -7450 at Axis 16' - 19b/I' - K' Appr pit#4	3	33	35	53	55	20
88	Outside pabr formwrk wall2+beam+upper Yankee pit#1	2	34	35	52	53	18
89	Pabrication rebar slab Appr pit#4	7	34	40	54	60	20
90	Outside pabr formwrk wall1 Yankee pit#1	3	35	37	46	48	11
91	Inside install formwrk wall1 Yankee pit#1	2	35	36	43	44	8
92	Dewatering Appr pit#4	13	36	48	67	79	31
93	Install Cerucuk Appr pit#4	2	36	37	56	57	20
94	Outside install formwrk wall1 Yankee pit#1	1	37	37	45	45	8
95	Install Water Stop slab App pit#2	1	37	37	66	66	29
96	Concrete Pouring wall1 Yankee pit#1	1	38	38	46	46	8
97	Concrete Pouring slab App pit#2	1	38	38	67	67	29
98	Lean Concrete Appr pit#4	2	38	39	58	59	20
99	Inside install formwrk wall2+beam+upper Yankee pit#1	2	39	40	47	48	8
100	Install rebar wall App pit#2	2	39	40	68	69	29
101	Pabrication formwk slab Appr pit#4	1	39	39	59	59	20
102	Pabrication formwk slab Yankee pit#2	1	39	39	40	40	1
103	Install formwk slab Appr pit#4	1	40	40	60	60	20
104	Pabrication rebar wall Appr pit#4	5	40	44	63	67	23
105	Install formwk slab Yankee pit#2	1	40	40	41	41	1
106	Inside Dismantling Formwork wall1 Yankee pit#1	1	41	41	49	49	8
107	Outside install formwrk wall2+beam+upper Yankee pit#1	2	41	42	49	50	8
108	Inside install formwk wall App pit#2	2	41	42	70	71	29
109	Install rebar slab Appr pit#4	5	41	45	61	65	20
110	Outside Dismantling Formwork wall1 Yankee pit#1	1	42	42	50	50	8
111	Pabrication rebar wall 1 Yankee pit#2	5	42	46	44	48	2
112	Dismantling Sheetpile Yankee pit#1	3	43	45	75	77	32

113	Concrete Pouring wall2+beam+upper Yankee pit#1	1	43	43	51	51	8
114	Outside install formwk wall App pit#2	1	43	43	72	72	29
115	Concrete Pouring wall App pit#2	1	44	44	73	73	29
116	Dismantling WF Pile wall Appr pit#2	2	45	46	78	79	33
117	Back Fill Yankee pit#1	2	46	47	78	79	32
118	Inside Dismantling Formwork wall2+beam+upper Yankee pit#1	2	46	47	54	55	8
119	Install Water Stop slab Appr pit#4	1	46	46	66	66	20
120	Inside Dismantling Formwork wall Appr pit#2	1	47	47	76	76	29
121	Concrete Pouring slab Appr pit#4	1	47	47	67	67	20
122	Outside Dismantling Formwork wall2+beam+upper Yankee pit#1	2	48	49	56	57	8
123	Outside Dismantling Formwork wall Appr pit#2	1	48	48	77	77	29
124	Install rebar wall Appr pit#4	2	48	49	68	69	20
125	Back Fill App pit#2	2	49	50	78	79	29
126	Excavation Tissue Machine 1 & 2	5	50	54	58	62	8
127	Inside install formwk wall App pit#4	2	50	51	70	71	20
128	Fabrication rebar Tissue Machine 1 & 2	7	51	57	73	79	22
129	Outside install formwk wall App pit#4	1	52	52	72	72	20
130	Concrete Pouring wall Appr pit#4	1	53	53	73	73	20
131	Dismantling WF Pile wall Appr pit#4	2	54	55	78	79	24
132	Lean Concrete Tissue Machine 1 & 2	3	55	57	63	65	8
133	Fabrication formwk Tissue Machine 1 & 2	3	55	57	70	72	15
134	Inside Dismantling Formwork wall Appr pit#4	1	56	56	76	76	20
135	Outside Dismantling Formwork wall Appr pit#4	1	57	57	77	77	20
136	Install rebar Tissue Machine 1 & 2	7	58	64	66	72	8
137	Beck Fill Approach pit#4	2	58	59	78	79	20
138	Install formwk Tissue Machine 1 & 2	5	65	69	73	77	8
139	Fabrication rebar Tissue Machine 3 & 4	7	66	72	73	79	7
140	Concrete pouring Tissue Machine 1 & 2	2	70	71	78	79	8

Contoh perhitungan pada aktivitas nomor 140:

$$D = 2 \text{ hari}$$

$$ES = \text{hari ke } 70$$

$$LS = \text{hari ke } 78$$

$$EF = ES + D - 1 = 70 + 2 - 1 = 71, \quad LF = LS + D - 1 = 78 + 2 - 1 = 79$$

Perhitungan float :

$$FL = LS - ES \text{ atau } LF - EF$$

$$= 78 - 70 \text{ atau } 79 - 71$$

$$= 8$$

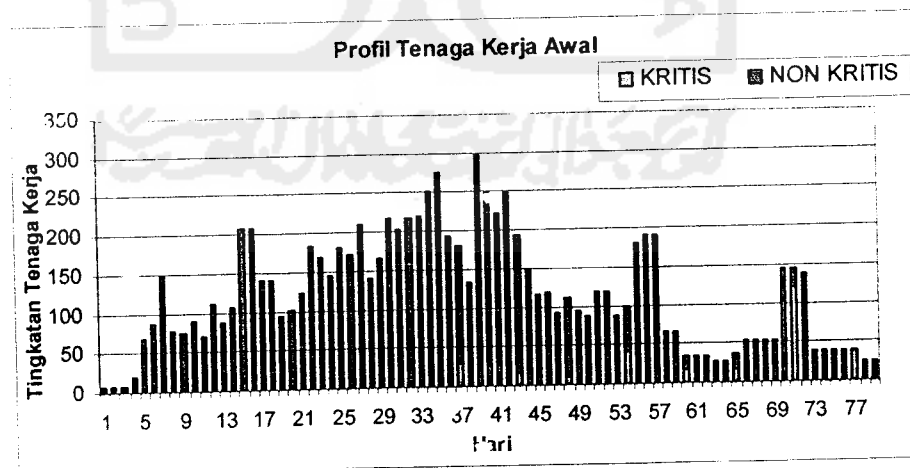
Untuk lamanya waktu suatu aktivitas dapat selesai paling awal (EF) dihitung sejak suatu aktivitas tersebut paling cepat dimulai (ES) dan untuk lamanya waktu suatu

aktivitas paling akhir dapat selesai (LF) dihitung sejak suatu aktivitas tersebut paling lambat dimulai (LS).

4.2.2 Pengaturan Tingkatan Tenaga Kerja (Levelling) Awal

Di dalam kebutuhan tingkatan tenaga kerja, aktivitas komponen diatur dengan menggerakkan aktivitas non kritis dalam floatnya antara nilai ES dan LS sehingga fluktuasi dapat diminimasi. Untuk keperluan minimasi ini, diperlukan nilai yang diperoleh pada penurunan persamaan 2.11. Implementasi persamaan tersebut digunakan alat bantu Microsoft Excel yang digunakan untuk membantu pengolahan model. Solusi awal yang berupa urutan nilai ES (hari) aktivitas non kritis sebanyak 121 aktivitas, yaitu :

1,1,1,1,1,1,1,1,4,5,5,5,6,7,8,9,10,10,11,12,14,15,15,15,15,17,17,17,17,17,18,
19,20,21,21,21,22,22,22,22,23,23,24,24,25,25,25,27,27,27,27,27,28,29,29,30,
31,31,31,31,32,32,32,32,32,33,33,33,34,34,35,35,36,36,37,37,38,38,38,39,39,
39,39,40,40,40,41,41,41,41,42,42,43,43,43,44,45,46,46,46,47,47,48,48,48,49,
50,50,51,52,53,54,55,55,56,57,58,58,65,66,70, dengan nilai tingkatan tenaga
kerja awal (inisial awal) sebesar 301251.



Grafik 4.1 Diagram initial profil tingkatan tenaga kerja awal

4.2.3. Penentuan Tingkatan Tenaga Kerja dengan Algoritma *Simulated Annealing*

Ide dasar *Simulated Annealing* terbentuk dari pemrosesan logam. *Annealing* (memanaskan kemudian mendinginkan) dalam pemrosesan ini adalah suatu proses bagaimana membuat bentuk cair berangsur-angsur menjadi bentuk yang lebih padat seiring dengan penurunan temperatur. *Simulated Annealing* biasanya digunakan untuk penyelesaian masalah yang mana perubahan dari suatu kondisi ke kondisi yang lainnya membutuhkan ruang yang sangat luas. Pada penelitian kali ini tingkatan tenaga kerja merupakan variabel bebas yang akan berubah-ubah seiring dengan perubahan parameter temperatur untuk mencari solusi optimal dalam masalah ini.

4.2.3.1 Konfigurasi Algoritma *Simulated Annealing*

Parameter-parameter yang digunakan dalam *Simulated Annealing*, meliputi :

- a. Maximum Perulangan (Max Iterasi) : 100
- b. Maximum successor : 1
- c. Penurunan Temperatur : $0.95 \times$ Temperatur Awal

Penetapan parameter temperatur awal , tidak berdasarkan metode tertentu.

Penurunan nilai temperatur pada penelitian kali ini berkisar antara batas max 100.000 dan batas min 30.000.

Melakukan inisialisasi input yang terdiri dari :

- Jumlah aktivitas = 141
- Aktivitas kritis = 19
- Aktivitas non kritis = 122
- Jumlah hari = 79
- Isikan nama aktivitas, D, R, ES, EF, LS, LF, Float

4.2.3.2 Pengolahan Data dengan *Simulated Annealing*

Tahapan-tahapan pengolahan data dengan menggunakan Algoritma *Simulated Annealing* :

1. Tetapkan temperatur awal $T = T_0$ (Mtemp),
2. Inisialisasi panjang urutan nilai ES aktivitas non kritis awal $L = (1\ 2\ 3\ \dots\ 121)$
3. Inisialisasi MaxIterasi
4. Melakukan pencarian urutan nilai ES terbaik = L, (random antara nilai ES dan LS)
5. Melakukan pencarian nilai tingkatan tenaga kerja terkecil = TingkatanTenagaKerja(L)
6. Selanjutnya dilakukan iterasi dari 1 sampai dengan MaxIterasi dari masing-masing penurunan suhu, jika $\text{TingkatanTenagaKerja} < \text{MinTingkatanTenagaKerja}$, maka hasil tersebut diterima. Jika tidak, maka bangkitkan bilangan random $r < p = e^{-\frac{\Delta E}{T}}$ Keadaan ini akan terus berjalan dan berhenti jika randomisasi nilai penurunan temperatur (decT) selesai.
Dimana $T = \text{decT} * T$.

4.2.3.3 Hasil Pengolahan Data dengan *Simulated Annealing*

Dalam melakukan pencarian dengan pendekatan *Simulated Annealing* ini, dilakukan beberapa eksperimen sebagai pembandingan untuk menentukan hasil yang optimum.

a. Eksperimen 1

Inisialisasi:

- Temperatur Awal (T_0) : 99665
- Maksimum Iterasi : 100
- Penurunan suhu : 0.95

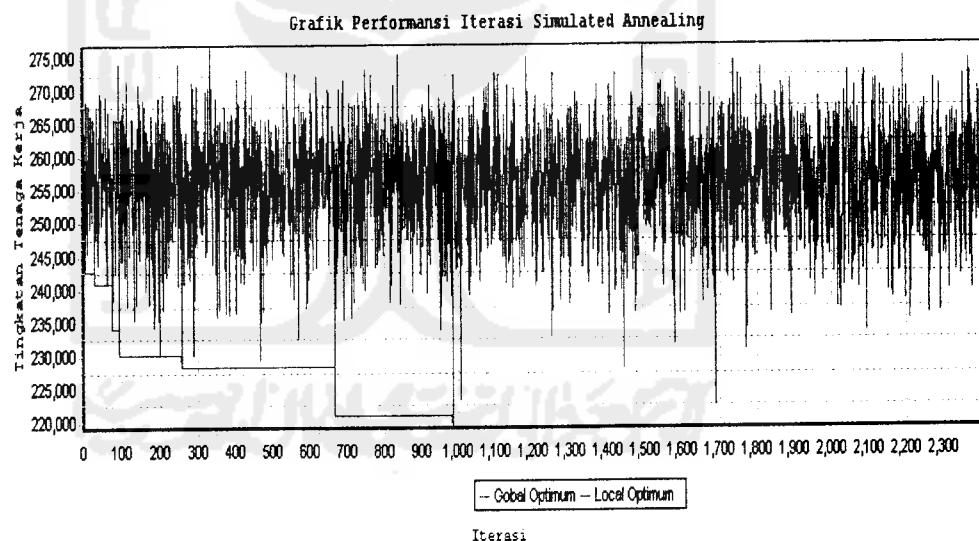
Hasil Akhir :

- Temperatur akhir (T) : 30633
- Penurunan temperatur 24 kali

Diperoleh nilai optimum pada penurunan temperatur ke-10 yaitu temperatur (T) 62814 , dengan urutan ES (hari) aktivitas non kritis sebanyak 121 aktivitas, yaitu :

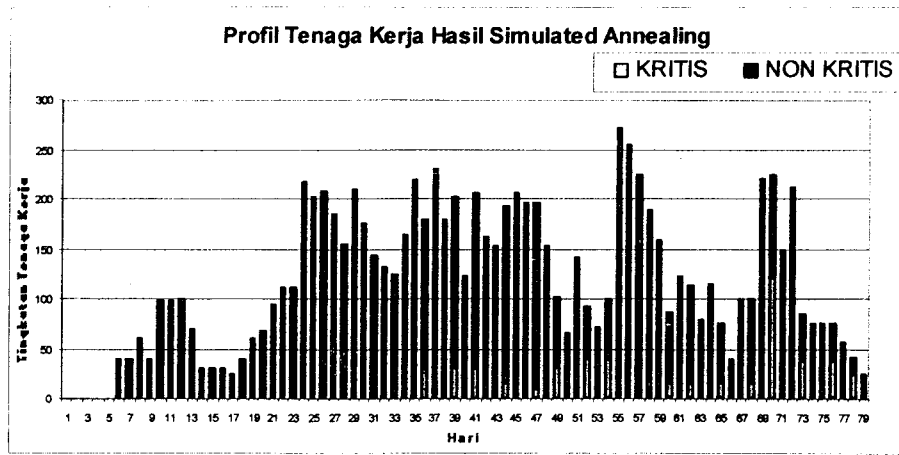
8,14,18,4,16,4,6,1,17,17,9,26,6,8,12,10,27,10,20,19,22,41,24,24,29,21,
23,45,22,18,22,21,41,37,36,26,32,29,24,26,29,30,58,24,34,36,25,28,29
,31,30,39,28,35,55,47,44,32,41,55,35,32,33,37,45,58,33,36,47,36,43,
37,41,45,39,48,39,59,56,44,64,51,39,57,54,40,41,46,69,48,46,42,51,45
,55,64,65,54,48,63,63,60,55,72,61,72,50,69,55,62,61,70,55,67,64,69,
58,60,72,72,71

dengan nilai tingkatan tenaga kerja optimum sebesar = 219047



Grafik 4.2 Grafik Performansi Iterasi Simulated Annealing

Ekperimen 1



Grafik 4.3 Diagram Initial Profil Tingkatan Tenaker Hasil Eksperimen 1

Simulated Annealing

b. Eksperimen 2

Inisialisasi:

- Temperatur Awal (T_0) : 99458
- Maksimum Iterasi : 100
- Penurunan suhu : 0.95

Hasil Akhir :

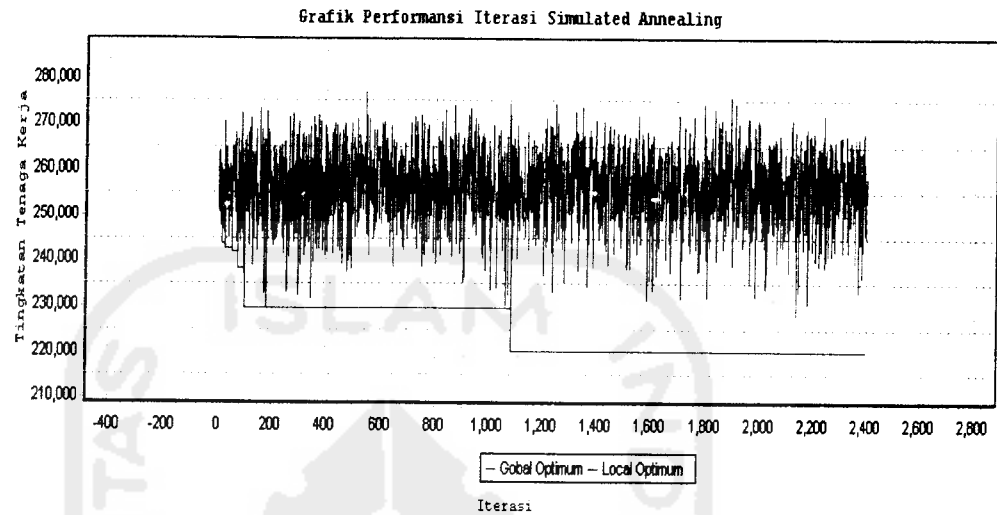
- Temperatur akhir (T) : 30569
- Penurunan temperatur 24 kali

Diperoleh nilai optimum pada penurunan temperatur ke-11 yaitu temperatur (T) 59549, dengan urutan ES (hari) aktivitas non kritis sebanyak 121 aktivitas, yaitu :

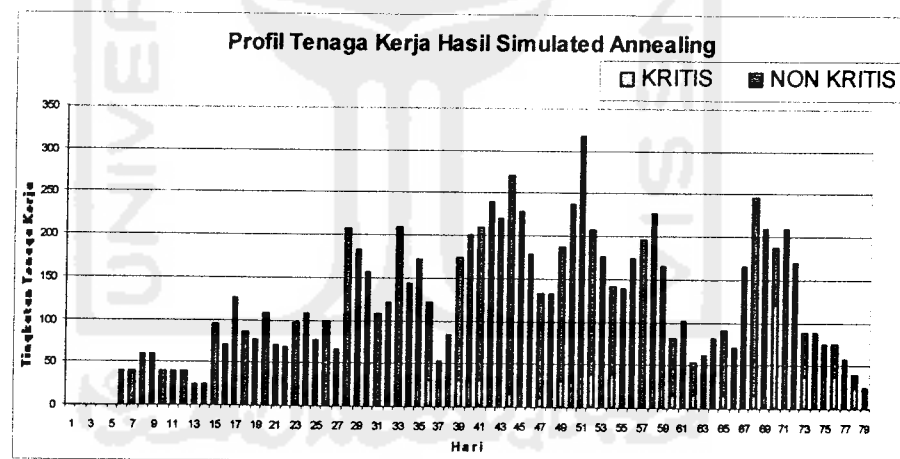
4,26,17,9,7,15,3,1,8,49,8,54,6,33,51,22,13,15,23,15,23,40,20,17,19,27,
22,34,29,17,24,25,44,26,58,26,42,30,33,28,33,28,77,35,32,44,44,28,28
,28,61,33,33,58,55,35,36,38,51,49,41,37,34,43,39,55,40,46,51,52,41,

38,66,39,44,44,40,40,46,42,64,50,39,53,47,40,48,45,50,59,49,42,67,44
 ,45,61,68,51,53,58,68,56,51,71,56,69,53,68,54,58,70,66,57,67,57,61,
 63,64,70,70,75

dengan nilai tingkatan tenaga kerja optimum sebesar = 220117



Grafik 4.4 Grafik Performansi Iterasi Eksperimen 2



Grafik 4.5 Diagram Initial Profil Tingkatan Tenaker Hasil Eksperimen 2

Simulated Annealing

Dari kedua eksperimen yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa pada eksperimen 1 dan 2 memiliki jumlah iterasi yang sama yaitu 100, namun dapat dilihat bahwa eksperimen 1 memiliki nilai *tingkatan tenaga kerja* yang paling

14	Back Fill Yankee pit#2	2	16	8
15	Excavation Tissue Machine 3 & 4	5	80	16
16	Lean Concrete Tissue Machine 3 & 4	3	120	40
17	Fabrication formwk Tissue Machine 3 & 4	3	240	80
18	Install rebar Tissue Machine 3 & 4	7	126	18
19	Install formwk Tissue Machine 3 & 4	5	100	20
20	Concrete pouring Tissue Machine 3 & 4	2	12	6
21	FINISH	0		
22	ready to pabrication Rebar App pit#1	4	0	0
23	ready to inside Pabrc formwork App pit#1	11	0	0
24	until -7450 at Axis 16' - 19b/G' - I' App pit#3	3	24	8
25	ready to pilling sheetpile Yankee Pit #1	8	0	0
26	ready to lean concrete Yankee Pit #1	14	0	0
27	ready to pilling sheetpile Yankee Pit #2	13	0	0
28	ready to lean concrete Yankee Pit #2	20	0	0
29	ready to pabrication formwk slab Yankee pit#2	38	0	0
30	Install Cerucuk Approach pit#3	2	40	20
31	Dewatering Approach pit#1	15	60	4
32	Pabrication Rebar wall App pit#1	5	200	40
33	Dewatering Approach pit#3	24	96	4
34	Lean Concrete Appr pit#3	2	80	40
35	Pabrication Formwk slab App pit#3	1	60	60
36	Install Formwk slab App pit#3	1	30	30
37	pilling Sheetpile yankee Pit #1	2	56	28
38	Install Rebar wall App pit#1	3	72	24
39	Pabrication rebar slab App pit#3	7	210	30
40	until -7550 at Axis 13' - 15a/G' - K' Yankee Pit #1	4	32	8
41	Inside Pabrc formwork wall App pit#1	3	120	40
42	Pilling Sheetpile Yankee Pit #2	3	60	20
43	Outside Pabrc formwork App pit#1	3	120	40
44	Inside install formwork App pit#1	2	80	40
45	Lean Concrete Yankee Pit #1	2	80	40
46	Pabrication formwk slab Yankee pit#1	2	60	30
47	Install rebar slab App pit#3	4	100	25
48	Pabrication rebar wall App pit#3	5	200	40
49	Dewatering Yankee Pit #1	27	108	4
50	Install formwk slab Yankee pit#1	2	30	15
51	until -7550 at Axis 13' - 15a/B' - F' Yankee Pit #2	4	32	8
52	Outside install formwork wall App pit#1	1	40	40
53	Concrete Pouring App oit#1	1	10	10
54	Dismantling WF Pile App pit#1	2	40	20
55	Install Water Stop slab Appr pit#3	1	10	10
56	Dewatering Yankee Pit #2	11	44	4
57	Lean Concrete Yankee Pit #2	2	80	40
58	Inside Dismantling Formwork wall App pit#1	1	40	40
59	Concrete Pouring slab Appr pit#3	1	10	10
60	Inside pabrc formwork wall App pit#3	3	120	40
61	Pabrication rebar slab Yankee pit#1	5	210	42
62	Outside Dismantling Formwork wall App pit#1	1	40	40
63	Install rebar wall App pit#3	2	72	36

64	Back Fill App pit#1	2	16	8
65	until -7450 at Axis 16' - 19b/G' - I' App pit#2	3	24	8
66	Outside pabrc formwork wall App pit#3	3	120	40
67	Inside install formwork wall App pit#3	2	80	40
68	Pabrication rebar slab App pit#2	7	210	30
69	Outside install formwork wall App pit#3	1	40	40
70	Install rebar slab Yankee pit#1	4	100	25
71	Pabrication rebar wallI Yankee pit#1	5	200	40
72	Dewatering Appr pit#2	18	72	4
73	Install Cerucuk Appr pit#2	2	40	20
74	Concrete Pouring wall Appr pit#3	1	10	10
75	Dismantling WF Pile wall Appr pit#3	2	40	20
76	Lean Concrete Appr pit#2	2	80	40
77	Pabrication formwvk slab App pit#2	1	50	50
78	Inside Dismantling Formwork wall App pit#3	1	40	40
79	Install Water Stop slab Yankee pit#1	1	10	10
80	Install formwvk slab App pit#2	1	30	30
81	Pabrication rebar wall App pit#2	5	200	40
82	Outside Dismantling Formwork wall App pit#3	1	40	40
83	Concrete Pouring slab Yankee pit#1	1	10	10
84	Inside pabr formwrk wallI Yankee pit#1	3	120	40
85	Inside pabr formwrk wall2+beam+upper Yankee pit#1	2	120	60
86	Install rebar slab App pit#2	5	100	20
87	Back Fill App pit#3	2	16	8
88	Install rebar wallI Yankee pit#1	2	72	36
89	until -7450 at Axis 16' - 19b/I' - K' Appr pit#4	3	24	8
90	Outside pabr formwrk wall2+beam+upper Yankee pit#1	2	120	60
91	Pabrication rebar slabAppr pit#4	7	210	30
92	Outside pabr formwrk wallI Yankee pit#1	3	120	40
93	Inside install formwrk wallI Yankee pit#1	2	80	40
94	Dewatering Appr pit#4	13	52	4
95	Install Cerucuk Appr pit#4	2	40	20
96	Outside install formwrk wallI Yankee pit#1	1	40	40
97	Install Water Stop slab App pit#2	1	10	10
98	Concrete Pouring wallI Yankee pit#1	1	10	10
99	Concrete Pouring slab App pit#2	1	10	10
100	Lean Concrete Appr pit#4	2	80	40
101	Inside install formwrk wall2+beam+upper Yankee pit#1	2	80	40
102	Install rebar wall App pit#2	2	72	36
103	Pabrication formwvk slab Appr pit#4	1	50	50
104	Pabrication formwvk slab Yankee pit#2	1	60	60
105	Install formwvk slab Appr pit#4	1	30	30
106	Pabrication rebar wall Appr pit#4	5	200	40
107	Install formwvk slab Yankee pit#2	1	30	30
108	Inside Dismantling Formwork wallI Yankee pit#1	1	40	40
109	Outside install formwrk wall2+beam+upper Yankee pit#1	2	80	40
110	Inside install formwvk wall App pit#2	2	80	40
111	Install rebar slab Appr pit#4	5	100	20
112	Outside Dismantling Formwork wallI Yankee pit#1	1	40	40

optimum sehingga eksperimen 1 dapat dipergunakan untuk menghasilkan solusi yang diinginkan.

4.2.3.4 Perbandingan Tingkat Performansi

Untuk mencari perbandingan tingkat performansi dari keadaan awal dengan sesudah dilakukan pencarian dengan *Simulated Annealing* apakah terjadi perbaikan atau tidak maka nilai tingkatan tenaga kerja awal sebelum dilakukan optimalisasi dibandingkan hasilnya dengan nilai tingkatan tenaga kerja setelah dilakukan optimalisasi dengan *Simulated Annealing*. Dari hasil pengolahan data dapat dihitung perbaikan sebuah performansi yang dihasilkan oleh pencarian *Simulated Annealing*

$$\text{adalah : } \frac{301251 - 219047}{301251} \times 100\% = 27,29\%$$

Nilai diatas menunjukkan sebuah perbaikan performansi awal. Pencarian secara *Simulated Annealing* memberikan peningkatan performansi sebesar 27,29 %.

BAB V

PEMBAHASAN

Sebagaimana yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa penelitian ini bertujuan untuk meminimasi fluktuasi kebutuhan tingkatan tenaga kerja proyek. Persoalan tingkatan tenaga kerja merupakan persoalan yang sulit diselesaikan dan hanya bisa diselesaikan dengan pendekatan heuristik atau yang bersifat acak. Penyelesaian persoalan tingkatan tenaga kerja dalam proyek konstruksi yang dilakukan pada penelitian ini diawali dengan pembuatan network diagram yang diperlukan untuk menentukan aktifitas kritis dan non kritis disamping nilai float. Hal ini sangat penting karena penentuan nilai optimum merupakan kombinasi dari perubahan aktivitas non kritis diantara float. Melalui alat bantu software Microsoft Project 2003 dapat ditentukan lintasan kritis dan juga nilai ES, EF, LS, LF yang secara keseluruhan aktivitas dapat diselesaikan selama 79 hari. Untuk mencari nilai yang optimal digunakan metode *Simulated Annealing* yang merupakan salah satu cabang dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*). Oleh karena itu pada bab ini akan dilakukan pembahasan lebih mendalam mengenai data-data dan hasil penelitian pada bab sebelumnya. Seperti disebutkan sebelumnya bahwa persoalan yang terjadi adalah fluktuasi tenaga kerja ini dapat ditunjukkan pada profil tingkatan tenaga kerja awal yang digunakan pada operasi harian.

5.1 Kondisi Awal Perusahaan

Berdasarkan pengamatan di tempat penelitian bahwa selama ini perusahaan konstruksi PT. Mitrabangun Adigraha menggunakan metode konvensional dalam mengatur pemerataan tingkatan tenaga kerja proyek. Dari data diperoleh urutan nilai

ES dari tiap aktivitas non kritis yang memiliki cukup banyak tenggang waktu kosong atau float yang masih dapat dioptimalkan lagi penggunaannya. Nilai awal kebutuhan tingkatan tenaga kerja adalah sebesar 301.251.

5.2 Input-Input Data yang Digunakan

Data-data yang diperlukan untuk perhitungan nilai optimum dari tingkatan tenaga kerja adalah jumlah aktivitas total, aktivitas kritis, aktivitas non kritis, kurun waktu proyek, durasi per aktivitas, jumlah tenaga kerja, nilai ES, EF, LS, LF dan float. Selain itu, parameter-parameter yang digunakan sebagai input pada pendekatan *Simulated Annealing* adalah Max Iterasi, Max Successor dan penurunan temperatur (DecT). Penentuan temperatur awal tidak berdasarkan suatu metode tertentu, namun dalam penelitian kali ini ditetapkan range temperatur awal dari 100.000 sampai dengan 99.000 dengan penurunan temperatur sampai pada batas min $T = 30.000$.

5.3 Hasil Pengolahan dengan *Simulated Annealing*

Dari hasil proses perhitungan dengan persamaan (2-11) maka diperoleh nilai awal kebutuhan tingkatan tenaga kerja adalah sebesar 301.251 dan nilai akhir setelah menggunakan metode pencarian Heuristik algoritma *Simulated Annealing* adalah sebesar 216.555 tingkat tenaga kerja dengan periode waktu pelaksanaan proyek 79 hari. Dengan rincian jumlah tenaga kerja per harinya adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 Jumlah Tenaga Kerja Per Hari Keadaan Awal Dan Hasil Simulated Annealing (SA)

Hari	TK Awal	TK SA	Hari	TK Awal	TK SA	Hari	TK Awal	TK SA
1	8	0	30	217	175	59	66	158
2	8	0	31	202	143	60	34	86

3	8	0	32	218	133	61	34	122
4	20	0	33	220	124	62	34	114
5	68	0	34	250	164	63	26	80
6	88	40	35	276	218	64	26	116
7	148	40	36	192	180	65	36	76
8	78	60	37	182	230	66	54	40
9	76	40	38	132	180	67	54	100
10	90	98	39	298	202	68	54	100
11	70	98	40	248	122	69	54	220
12	110	100	41	222	206	70	144	224
13	86	70	42	248	162	71	144	150
14	106	30	43	194	152	72	138	212
15	208	30	44	150	192	73	38	84
16	208	30	45	116	206	74	38	76
17	140	24	46	118	196	75	38	76
18	140	40	47	92	196	76	38	76
19	95	60	48	110	152	77	38	56
20	101	68	49	94	102	78	24	42
21	122	95	50	86	66	79	24	24
22	184	112	51	118	142			
23	170	112	52	118	92			
24	146	217	53	88	72			
25	180	202	54	98	100			
26	172	208	55	180	272			
27	211	184	56	190	254			
28	141	154	57	190	224			
29	167	209	58	66	188			

5.4 Analisis Hasil Dengan *Simulated Annealing*

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pencarian solusi optimal kegiatan pada lintasan non kritis dapat dicari dengan menentukan kapan kegiatan tersebut dapat dimulai sesuai dengan batasan antara float atau waktu tenggang maksimum yang diijinkan. Penentuan tingkatan tenaga kerja per hari yang optimal dapat meminimasi fluktuasi tingkat kebutuhan tenaga kerja per harinya sehingga dapat meningkatkan pengaturan manajemen sumber daya yang dilakukan oleh

perusahaan. Optimasi yang dihasilkan oleh *Simulated Annealing* dapat meminimasi fluktuasi tenaga kerja secara signifikan yaitu sebesar 27,29 %.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Kondisi awal perusahaan memiliki tingkat kebutuhan tenaga kerja sebesar 301251.
2. Menggunakan metode algoritma *Simulated Annealing* didapatkan hasil yang optimal yaitu adanya minimasi fluktuasi tingkatan tenaga kerja sebesar 27,29% dari keadaan awal.

6.2 Saran

1. Disarankan pada pihak manajemen proyek PT. Mitrabangun Adigraha agar menggunakan metode optimasi dalam perencanaan suatu proyek.
2. Penelitian ini perlu dikembangkan lebih lanjut, sebagai upaya dalam meningkatkan dan mengembangkan khasanah ilmu pengetahuan pada teknologi industri khususnya di bidang kajian aplikasi ilmu kecerdasan buatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Tubagus Haedar, (1989), *Prinsip-Prinsip Network Planning*, PT. Gramedia. Jakarta
- Ari Setiawan, 2004, Minimasi Kebutuhan Tingkat Tenaga Kerja Pada Konstruksi Bangunan, Tugas Akhir, *Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia*, Yogyakarta.
- Bandelloni, M., Tucci, M., dan Rinaldi, R. (1994)., Optimal resource leveling using non serial dynamic programming, *European Journal Operational Research*. 78(2), 162-177.
- Bareta Devianto., (2006). Aplikasi Metode Analisis Jaringan Untuk Menentukan Waktu Proyek Dalam Pengendalian Biaya Tenaga Kerja, Tugas Akhir, *Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia*, Yogyakarta.
- Chairul Saleh, 2004, Penggunaan Metode Acak Untuk Alokasi dan Penentuan Tingkatan Sumber Tenaga Kerja Pada Proyek Konstruksi. *Journal of Industrial Research Volume 1*, 1, ISSN 1693-895X
- Cochran. J.K dan Kim. S.S., (1998). A Simulation Approach to Determine and Optimum Junction Point in Hibrid Push and Pull Manufacturing System, *Simulators XII Conference Phoenix AZ*
- Easa, S. M. (1998), "Resource Leveling in Construction by Optimization", *J. Constr. Engrg and Mgmt.*, ASCE, 115(2), 302-316
- Fajar Priyambada., (2005). Implementasi Algoritma Simulated Annealing Dalam Pembentukan Cellular Manufacturing System Untuk Meminimasi Biaya Material Handling, Tugas Akhir, *Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia*, Yogyakarta.
- Glavinich, T. E., and Stella, P. J. (1994) "Construction Planning and Scheduling." *AGC of America*, Washington, DC.
- Hanna Lestari, 2005, Optimasi Biaya, Ukuran Lot dan Titik Pertemuan Sistem Tarik/Tekan pada Lini Produksi dengan Pendekatan Simulated Annealing. Skripsi, *Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri UII*, Yogyakarta
- Harris, R. B., (1978). *Precedence and arrow networking techniques for construction*. Wiley, New York.
- Harris, R. B., (1990). "Packing method for resource leveling (pack)." *J Constr. Engrg. And Mgmt.*, ASCE, 331-350
- Heru Kunadi, 2004. "Resource Leveling Optimazation for bulding construction Project Using Random and Genetic Algorithm Approach," Skripsi, *Internationl Program Faculty of industrial Technology*, Yogyakarta

- Ingber, Lester., (1993). Simulated Annealing : Practise Versus Theory, *Journal of Mathl Computer Modelling*, vol.18, no.11, 29-57
- Jati, Imam, *Diktat Kuliah Manajemen Proyek*, Jurusan Teknik Industri UII Yogyakarta
- Kusumadewi, Sri., (2004), *Diktat Kuliah Sistem Cerdas : Masalah, Ruang Keadaan & Pencarian*, Jurusan Teknik Industri UII, Yogyakarta
- Kusumadewi, Sri & Purnomo, Hari., (2005), *Penyelesaian Masalah Optimasi dengan Teknik-teknik Heuristik*, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Murty, K.G., (1995). *Operation Research : Deterministic Optimization Models*, Prentice Hall
- Nugraheni, F., dan Narian, R., (2002). Optimalisasi Waktu dan Biaya Menggunakan Algoritma Genetik, *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Konstruksi*
- Panggabean, Henry., (2003) Adaptasi Simulated Annealing Ke dalam Prosedur Shifting Bottleneck Untuk Masalah Job Shop, *Jurnal Integral*, vol.8, no.1
- Popescu, C.M., dan Charoenngam, C. (1995). Project Planning, Scheduling and Control in Construction. John Wiley. New York.
- Ratika Noor Yuniyanti., (2006). Optimasi Pemerataan Jumlah Tenaga Kerja (Resource Levelling) Pada Pembangunan Proyek Menggunakan Algoritma Tabu Search, Tugas Akhir, *Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia*, Jogjakarta
- Santosa, B.,(1997). *Manajemen Proyek*, PT Candimas Metropole, Jakarta
- Soeharto, Iman, Ir.,(1992), *Manajemen Proyek Industri*, Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, Iman, Ir.,(1995), *Manajemen Proyek (dari konseptual sampai operasional)*, Erlangga, Jakarta
- Soeharto, Iman, Ir.,(1999), *Manajemen Proyek (dari konseptual sampai operasional) Jilid 1*, Konsep Studi Kelayakan dan Jaringan Kerja, Erlangga, Jakarta
- Soeharto, Iman, Ir.,(2002), *Studi Kelayakan Proyek Industri*, Erlangga, Jakarta.
- Son Jaeho dan Skinbniewski J. Miroslaw, (1999). Multi Heuristic approach for resource leveling problem in construction engineering: Hybrid Approach. *Journal of Construction Engineering and Management*. January-February.
- S. Kirkpatrick dan C. D. Gelatt and M. P. Vecchi., (1983), Optimization by Simulated Annealing, *Science*, Vol 220, Number 4598, 671-680.
- Stoner, J., dan Freeman, E., (1992). *Manajemen*, Intermedia, Jakarta

Taha, Hamdy A., (1996), *Riset Operasi Suatu Pengantar Jilid 2*, Binarupa Aksara, Jakarta

Talbot, F., and Patterson, J. (1979). "Optimal Methods for Scheduling Projects Under Resource Constrains." *Proj. Mgmt Quarterly*, Dec., 26-33

Tarmudji, T., (1993). *Mengenal Manajemen Proyek*, Liberty, Yogyakarta

