

TUGAS AKHIR

**PERATAAN KUANTITAS SUMBER DAYA MANUSIA
PADA PROYEK KONSTRUKSI DENGAN
METODE OPTIMALISASI**



Disusun oleh :

BUDI SUSILA

No. Mhs : 91310144

NIRM : 910051013114120139

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998**

TUGAS AKHIR
PERATAAN KUANTITAS SUMBER DAYA MANUSIA
PADA PROYEK KONSTRUKSI
DENGAN METODE OPTIMALISASI

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun oleh :

BUDI SUSILA
No. Mhs : 91310144
NIRM : 910051013114120139

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1998


HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PERATAAN KUANTITAS SUMBER DAYA MANUSIA
PADA PROYEK KONSTRUKSI
DENGAN METODE OPTIMALISASI

Disusun oleh :


BUDI SUSILA
No. Mhs : 91310144
NIRM : 910051013114120139

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Susastrawan, MS
Dosen Pembimbing I


Tanggal : 3 - 9 - '98

Ir. Faisal AM., MS
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 1 - 9 - 1998

Motto:

“Kalau sekiranya lautan menjadi tinta
untuk menulis kalimat-kalimat Allah,
sungguh habislah lautan itu
sebelum habis ditulis kalimat-kalimat Allah,
meskipun didatangkan tambahan sebanyak itu pula”.
(*QS. Al Kahfi: 109*)

Dan janganlah kamu mentaati perintah
orang-orang yang melampaui batas,
yang membuat kerusakan di muka bumi dan tidak mengadakan perbaikan”.
(*QS. Asy Syuaraa': 151-152*)

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu
dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”.
(*QS. Al Munajaadilah: 11*)

“Hai jama'ah jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi)
penjuru langit dan bumi, maka lintasilah,
kamu tidak dapat menembusnya melainkan dengan kekuatan”.
(*QS. Ar Rahmaan: 33*)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmannirrahim

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur yang sedalam-dalamnya penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT., serta shalawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW., karena atas segala kuasa, rahmat dan hidayah Allah penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini dengan judul studi : *“Perataan Kuantitas Sumber Daya Manusia Pada Proyek Konstruksi Dengan Metode Optimalisasi”* disusun dan diajukan sebagai salah satu bagian persyaratan guna memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil, khususnya sarjana pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini kami menyampaikan penghargaan dan terimakasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE.,Ph.D., sebagai Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin, BMA, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS., sebagai Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan.

4. Bapak Ir. Faisol, AM, MS., sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan sejak awal hingga selesainya Tugas Akhir ini.
5. Pihak kontraktor proyek, yaitu PT. Pembangunan Perumahan yang telah berkenan memberikan data-data yang kami butuhkan.
6. Pihak estimator engineer dari Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia, SENSEA yang telah memberikan bantuan data-data yang diperlukan.
7. Kedua orang tua, kakak dan adik tercinta yang telah memberikan doa restu dan motivasi hingga selesainya Tugas Akhir kami.
8. Sahabat dan teman-teman yang telah banyak memberikan dorongan dan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga segala bimbingan, bantuan dan dorongan yang diberikan dapat menjadikan amalan dan juga ibadah dari Allah SWT. amin.

Pada akhirnya dengan segala hormat dan penghargaan setinggi-tingginya bila berkenan memberikan kritik dan saran yang konstruktif, tentunya menjadi lebih sempurna studi Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, Agustus 1998

Hormat Kami,

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pokok Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Metodologi.....	5
BAB II LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Perencanaan Jaringan Kerja.....	6
2.1.1 Umum.....	6
2.1.2 Bagan Balok.....	8
2.1.3 Diagram Jaringan Kerja.....	9
2.1.4 Jaringan Kerja Dalam Metodologi Manajemen Proyek.....	10

2.1.5 Metode Jalur Kritis.....	12
2.2 Perencanaan Sumber Daya Manusia.....	19
2.2.1 Umum.....	19
2.2.2 Produktivitas Tenaga Kerja.....	20
2.2.3 Keterbatasan Sumber Daya Manusia.....	24
2.2.4. Menentukan Jumlah Tenaga Kerja Lapangan.....	26
2.2.5. Menjadual Sumber Daya Manusia.....	27
2.2.6 Meratakan Penggunaan Sumber Daya Manusia.....	28
 BAB III STUDI KASUS PERENCANAAN SUMBER DAYA MANUSIA PADA PROYEK KONSTRUKSI	
3.1 Umum.....	41
3.2 Tinjauan Umum Proyek.....	42
3.3 Penjadualan Kegiatan Pada Jaringan Kerja.....	44
3.4 Identifikasi Jalur Kritis dan Float.....	45
3.5 Menentukan Jumlah Tenaga Kerja Lapangan.....	48
3.6 Perataan Sumber Daya Manusia.....	50
 BAB IV PEMBAHASAN	
4.1 Umum.....	63
4.2 Perataan Sumber Tenaga Kerja.....	64

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....72

5.2 Saran.....73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Hubungan Float Total, Float Bebas dan Float Interferen	17
Gambar 2-2	Posisi dan Hubungan antara ES, LS, LS, LF, D dan Float Total	18
Gambar 2-3a	Jaringan Kerja Proyek Dengan 7 Pekerjaan	30
Gambar 2-3b	Jaringan Kerja Proyek Berskala Waktu	30
Gambar 2-3c	Pekerjaan Disusun Dengan Muatan Tenaga Kerja	30
Gambar 2-3d	Susunan Pekerjaan Setelah Diadakan Perataan	31
Gambar 2-4	Profil Alternatif Pemecahan Perataan	33
Gambar 2-5	Profil Perataan Sumber Tenaga Kerja Optimum	36
Gambar 3-1	Jaringan Kerja Proyek	46
Gambar 3-2	Perhitungan Nilai $L(i)$	55
Gambar 4-1	Distribusi Sumber Tenaga Kerja Pada Leveling 1	65
Gambar 4-2	Distribusi Sumber Tenaga Kerja Pada Leveling 46	66
Gambar 4-3	Distribusi Sumber Tenaga Kerja Pada Leveling	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1	Perencanaan Sumber Tenaga Kerja Optimal	35
Tabel 2-2	Perubahan Sumber Tenaga Kerja	38
Tabel 3-1	Daftar Pekerjaan Proyek	43
Tabel 3-2	Daftar Tenaga Kerja Proyek	44
Tabel 3-3	Perhitungan Maju Dan Mundur	47
Tabel 3-4	Jumlah Tenaga Kerja Lapangan	49
Tabel 3-5	Kegiatan-Kegiatan Kritis	50
Tabel 3-6	Kegiatan-Kegiatan Non Kritis	51
Tabel 3-7	Bagan Balok Kegiatan Non Kritis	54
Tabel 3-8	Leveling 1 (Sebelum Perataan)	57
Tabel 3-9	Leveling 46	59
Tabel 3-10	Leveling 63	61
Tabel 4-1	Perencanaan Jadwal Optimum Tenaga Kerja	70

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Time Schedule Proyek Mula-Mula
- Lampiran 2 Time Schedule Proyek Perencanaan Awal
- Lampiran 3 Perhitungan Nilai Bobot
- Lampiran 4 Produktivitas dan Perhitungan Jumlah Tenaga Kerja
- Lampiran 5 Print Out dari Proses Leveling
- Lampiran 6 Time Schedule Perencanaan Setelah Leveling

ABSTRAKSI

Kegiatan proyek konstruksi yang semakin kompleks terkadang melibatkan sumber daya manusia dalam jumlah besar dan bermacam-macam, sehingga seringkali sangat menyulitkan karena berbagai elemen yang harus dikontrol dan diperhitungkan. Untuk itu suatu penjadualan harus dibuat dengan perencanaan yang matang dan sebaik-baiknya agar tidak mengalami hambatan dan gangguan dalam pelaksanaannya. Salah satu penjadualan dalam proyek adalah penjadualan sumber daya manusia yang berupa tenaga kerja. Penjadualan sumber daya manusia ini disusun dengan memperhatikan aspek-aspek keterbatasan jumlah tenaga kerja serta usaha pemakaiannya secara efisien.

Tenaga kerja merupakan sumber daya penting, yang seringkali penyediaannya terbatas. Merekrut, menyeleksi, dan melatih tenaga kerja memerlukan biaya mahal dan membutuhkan waktu lama sebelum mereka siap pakai. Setelah tenaga kerja bergabung dengan proyek, tidak mudah untuk melepas dan memanggil kembali untuk bekerja sesuai dengan naik turunnya pekerjaan yang tersedia. Sedangkan menahan mereka untuk *stand-by* akan menelan biaya yang dipandang tidak efisien. Karena itu, diusahakan jangan terjadi keperluan yang bersifat naik turun secara tajam (*fluctuation*). Metode CPM dapat membantu mengatasi masalah tersebut, yang dikenal sebagai perataan sumber daya atau *resource leveling*. Dalam tugas akhir ini digunakan leveling metode optimalisasi (*optimalization methode*).

Perataan sumber daya manusia dilakukan dengan mengatur komponen-komponen kegiatan proyek yang berupa tenaga kerja dan waktu (ES), dari suatu jaringan kerja yang sudah diketahui jalur kritis dan floatnya. Komponen kegiatan diatur dengan cara menggeser-geser komponen pada kegiatan nonkritis sebatas float yang tersedia dan mengusahakan agar tidak terjadi *fluctuation* yang tajam.

Diharapkan dengan leveling metode optimalisasi ini akan diperoleh suatu jadual tenaga kerja optimum yaitu yang keperluan tenaga kerjanya tidak naik turun (*fluctuation*) secara tajam dan memenuhi persyaratan perataan. Dengan demikian pendayagunaan sumber tenaga kerja proyek menjadi efektif dan efisien.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era pembangunan dan globalisasi dewasa ini, pesatnya perkembangan industri jasa konstruksi dengan suasana persaingan yang semakin meningkat menuntut standar kualitas yang semakin tinggi. Proyek konstruksi semakin maju dan berkembang dengan syarat-syarat teknis yang semakin tinggi sehingga pengelolaannya menjadi semakin kompleks dan rumit. Perencanaan dan pengendalian proyek yang efektif dan efisien semakin penting dan dibutuhkan untuk menghadapinya. Untuk itu maka suatu proyek konstruksi membutuhkan tidak hanya sumber daya manusia yang handal tetapi juga suatu manajemen yang mampu mengendalikan seluruh proses dalam proyek dengan baik, guna dapat memelihara ketepatan dalam segi biaya, mutu dan waktu.

Manajemen proyek dalam hal ini proyek konstruksi, sangatlah diperlukan mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan sampai tahap pengendalian. Pada tahap perencanaan berbagai bentuk rencana dibuat, baik menyangkut kebijaksanaan, prosedur, standar, metode, anggaran maupun jadual suatu proyek. Disinilah letak dan posisi jadual suatu proyek, yang merupakan bagian dari perencanaan. Kendatipun demikian, dalam implementasinya jadwal mempunyai nilai praktis yang begitu menentukan bagi suksesnya suatu proyek, bila ditinjau dari skala waktu dan biaya

serta sumber daya yang menyertainya. Dengan jadwal dapat menunjukkan kapan proyek itu diharapkan mulai dan kapan diharapkan selesai. Oleh karena itu, sementara pihak mengungkapkan bahwa dengan jadwal proyek yang “baik” sudah merupakan pertanda keberhasilan suatu proyek itu sendiri.

Pada pelaksanaan di lapangan, perencanaan yang telah disusun sering dan bahkan hampir selalu terjadi perubahan atau penyimpangan-penyimpangan. Hal ini disebabkan antara lain pada waktu menyusun perencanaan dasar belum cukup data dan informasi yang diperlukan sehingga bahan perencanaan sebagian besar didasarkan atas prakiraan dan asumsi keadaan yang akan datang. Bila terjadi perbedaan-perbedaan, maka perlu dilakukan pengendalian yang berupa penyesuaian sumber daya, menghilangkan hambatan-hambatan atau usaha-usaha lain yang menjamin bahwa pekerjaan bisa sesuai kembali dengan rencana. Disini terlihat hubungan yang erat atau keterpaduan antara perencanaan dan pengendalian, dan dianggap merupakan satu aspek yang penting dalam manajemen proyek.

Tuntutan dalam manajemen proyek terhadap para manajer proyek untuk dapat mengatur semua kegiatan proyek dengan lancar juga sangat diperlukan. Diharapkan dengan kemampuan para manajer proyek untuk mengendalikan proyeknya secara terpadu dengan metode-metode pengawasan, evaluasi dan sistem pelaporan yang memadai akan sangat membantu penyelesaian suatu proyek agar sesuai dengan perencanaan.

1.2 Pokok Masalah

Kegiatan proyek konstruksi yang semakin kompleks akan melibatkan sumber daya manusia (SDM) dalam jumlah besar dan bermacam-macam, sehingga seringkali sangat menyulitkan karena berbagai elemen yang harus dikontrol dan diperhitungkan. Untuk itu suatu penjadualan harus dibuat dengan perencanaan yang matang dan sebaik-baiknya agar tidak mengalami hambatan dan gangguan dalam pelaksanaannya.

Salah satu penjadualan dalam proyek adalah penjadualan sumber daya manusia yang berupa tenaga kerja. Penjadualan sumber daya manusia ini disusun dengan memperhatikan aspek-aspek keterbatasan jumlah tenaga kerja serta usaha pemakaiannya secara efisien. Diharapkan dengan penjadualan sumber daya manusia ini, manajer proyek dapat mengetahui kebutuhan serta penempatannya dengan tepat, sehingga dapat mengetahui dengan cepat dan tepat kemajuan proyek serta hambatan-hambatan yang terjadi, sehingga dapat segera diambil tindakan untuk mengatasinya.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, pembahasan dititikberatkan pada optimasi penjadualan sumber daya manusia proyek konstruksi menggunakan **perataan (*leveling*)**, yaitu usaha meningkatkan efisiensi pengelolaan proyek dengan jalan sejauh mungkin mencegah terjadinya naik-turun yang terlalu tajam dalam waktu yang relatif singkat terhadap keperluan sumber daya, dengan ***optimatization methode***.

Sumber daya manusia dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu berupa tenaga kerja, material dan peralatan yang dipakai dalam kegiatan proyek. Sumber daya

manusia yang dimaksud dalam penulisan tugas akhir ini hanya berupa tenaga kerja, untuk membatasi luasnya permasalahan yang dibahas. Pengertian tenaga kerja adalah berdasarkan pada produktivitasnya, yang didalamnya sudah termasuk kuantitas dan kualitas tenaga kerja. Setiap tenaga kerja mempunyai bobot yang sama. Selain terhadap tenaga kerja, pada hakekatnya metode-metode atau cara yang digunakan dapat diterapkan pada sumber daya yang lain, dengan satuan kuantitas yang disesuaikan.

1.4 Tujuan

Membuat perencanaan jadual tenaga kerja yang optimum dengan menggunakan metode optimalisasi (*optimatization methode*) pada metode perataan (*leveling*).

1.5 Manfaat

1. Mengembangkan ilmu manajemen konstruksi, tentang perencanaan jadual sumber daya manusia pada proyek konstruksi.
2. Memberikan bantuan yang berarti bagi para perencana dan pelaksana agar pelaksanaan proyek berjalan efektif dan efisien sehingga mampu bersaing dalam industri jasa konstruksi.
3. Dapat memberikan tambahan informasi tentang manajemen proyek khususnya tentang pejadualan tenaga kerja, sehingga gambaran nyata kondisi proyek di lapangan relatif dapat terwakili.

1.6 Metodologi

1. Studi literatur atau teoritis dan kasus di lapangan.
2. Tahapan-tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :
 - a. Pendekatan teoritis Perencanaan Jaringan Kerja dan Perencanaan Sumber Daya Manusia.
 - b. Pengumpulan data-data yang diperlukan.
 - c. Optimasi penjadualan sumber daya manusia dengan menggunakan metode optimalisasi (*optimization methode*) pada perataan (*leveling*).
 - d. Analisa dan pembahasan dengan deskriptif dan komputasi.

BAB II

LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Jaringan Kerja

2.1.1 Umum

Dalam pengelolaan proyek selalu diperlukan suatu metode yang dapat meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian untuk menghadapi jumlah kegiatan dan kompleksitas proyek yang cenderung bertambah. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut Metode Analisis Jaringan Kerja, yaitu penyajian perencanaan dan pengendalian, khususnya jadwal kegiatan proyek secara sistematis dan analitis dapat dipergunakan.

Jaringan kerja adalah termasuk teknik bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek, yang beberapa tahun terakhir berkembang cukup pesat. Seiring dengan pesatnya perkembangan dalam bidang manajemen, termasuk didalamnya adalah manajemen proyek. Perkembangan ini sangatlah berguna bagi pengelolaan proyek-proyek pembangunan yang bergerak dalam bidang jasa konstruksi, karena banyak dimanfaatkan dalam pengambilan keputusan, manajerial, pengawasan atau kontrol, perencanaan dan penjadualan dengan kegiatan operasional yang lebih efisien.

Metode jaringan kerja diperkenalkan menjelang akhir dekade 50-an, dalam usaha mengembangkan suatu sistem kontrol, yang dimaksudkan untuk merencanakan dan mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki hubungan ketergantungan

yang kompleks dalam masalah desain, engineering, konstruksi, dan pemeliharaan.. Sistem tersebut kemudian dikenal sebagai metode jalur kritis atau *Critical Path Method-CPM*. Sistem ini menggunakan teknik penyajian secara grafis dengan memakai diagram anak panah, lingkaran serta kaidah-kaidah dasar logika ketergantungan dalam menyusun urutan kegiatan. Dalam memperkirakan kurun waktu kegiatan menggunakan satu angka estimasi dan dalam praktek lebih banyak digunakan oleh kalangan industri atau proyek engineering konstruksi. Metode ini dianggap mampu menyusun teknik dasar dalam menentukan urutan dan kurun waktu kegiatan unsur proyek, dan selanjutnya dapat dipakai memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Dari segi penyusunan jadual, jaringan kerja merupakan langkah penyempurnaan metode bagan balok, karena dapat memberi pemecahan jawaban permasalahan dari metode bagan balok mengenai lama perkiraan kurun waktu penyelesaian proyek, penentuan kegiatan-kegiatan kritis dan pengaruh keterlambatan terhadap sasaran jadual penyelesaian proyek secara menyeluruh.

Jaringan kerja juga sangat berguna untuk menyusun urutan kegiatan proyek yang memiliki sejumlah besar komponen dengan hubungan ketergantungan yang kompleks. Serta mengusahakan fluktuasi minimal penggunaan sumber daya, dalam rangka usaha-usaha meningkatkan daya guna dan hasil guna pemakaian sumberdaya. Selain itu penggunaan metode jaringan kerja ini dapat mengidentifikasi jalur kritis dan float (tenggang waktu).

2.1.2 Bagan Balok

Metode perencanaan yang paling sederhana adalah bagan balok, yang mudah dibuat dan dipahami. Bagan balok ini sering digunakan dalam proyek yang sederhana dan tidak terlalu rumit. Untuk proyek yang cukup besar dan rumit penggunaan bagan balok masih kurang sempurna dibandingkan dengan jaringan kerja. Namun demikian bagan balok dewasa ini masih digunakan secara luas, baik berdiri sendiri maupun dikombinasikan dengan metode lain. Hal itu disebabkan karena bagan balok mudah dibuat dan dipahami sehingga amat berguna sebagai alat komunikasi dalam penyelenggaraan proyek. Selain sangat berfaedah sebagai alat perencanaan dan komunikasi, bila digabungkan dengan grafik "S" dapat dipakai untuk aspek yang lebih luas.

Bagan balok disusun dengan maksud mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, waktu penyelesaian, dan pada saat pelaporan. Pada sumbu tegak, dicatat pekerjaan atau elemen atau paket kerja dari hasil penguraian lingkup suatu proyek, dan dilukis sebagai balok. Sedang pada sumbu mendatar, ditulis satuan waktu misalnya hari, minggu atau bulan.

Pada waktu membuat bagan balok telah diperhatikan urutan kegiatan, meski belum terlihat hubungan ketergantungan antara satu dengan yang lain, sehingga sulit mengetahui dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan satu kegiatan terhadap jadual keseluruhan proyek. Sukar mengadakan perbaikan atau pembaharuan, karena umumnya harus dilakukan dengan membuat bagan balok baru, padahal tanpa adanya pembaharuan segera menjadi tertinggal dan menurun daya gunanya. Untuk proyek

berukuran sedang dan besar, lebih-lebih yang bersifat kompleks, penggunaan bagan balok akan mengalami kesulitan menyusun sedemikian besar jumlah kegiatan yang memiliki keterkaitan tersendiri, sehingga mengurangi kemampuan penyajian secara sistematis. Oleh karena itu metode bagan balok sering digunakan bersama-sama dengan metode jaringan kerja yang merupakan peningkatan dari metode bagan balok.

2.1.3 Diagram Jaringan Kerja.

Diagram jaringan kerja adalah visualisasi proyek berdasarkan perencanaan jaringan kerja. Berupa jaringan yang berisi lintasan-lintasan kegiatan dan urutan-urutan peristiwa yang ada selama penyelenggaraan proyek. Dengan diagram ini dapat segera dilihat keterkaitan antar kegiatan, sehingga jika sebuah kegiatan terlambat dapat segera diketahui kegiatan apa saja yang dipengaruhi oleh keterlambatan tersebut dan seberapa besar pengaruhnya terhadap kemajuan proyek. Dari diagram juga dapat diketahui kegiatan mana saja yang kritis. Dengan mengetahui tingkat kekritisannya, dapat ditetapkan skala prioritas dalam menangani masalah-masalah yang timbul, serta usaha-usaha dapat diarahkan dan dimulai sedini mungkin untuk membuat peristiwa kritis tersebut terlaksana tepat pada waktunya, sehingga proyek terhindar dari keterlambatan. Selain itu juga dimaksudkan sebagai penyajian secara grafis suatu perencanaan proyek, maka penampakan denahnya (*layout*) harus mencerminkan maksud tersebut. Dalam arti jelas, singkat, teratur dan sederhana, karena akan memberikan kesan bahwa jaringan kerja dibuat dengan perhatian penuh sampai pada masalah-masalah yang rinci.

2.1.4 Jaringan Kerja Dalam Metodologi Manajemen Proyek

Untuk menyiapkan jaringan kerja proyek secara lengkap, dalam arti siap pakai untuk tugas-tugas perencanaan, menyusun jadual pekerjaan, dan tolok ukur pengendalian, dibutuhkan proses panjang dan bertingkat-tingkat. Hal ini diawali dengan teknik membuat jaringan kerja, dan diakhiri dengan meningkatkan kualitasnya antara lain dengan pemerataan penggunaan sumber daya. Pada pembuatannya, jaringan kerja harus didasarkan pada kaidah yang telah ditentukan.

Proses menyusun jaringan kerja oleh beberapa kepustakaan sering diasosiasikan dengan metodologi manajemen proyek, terutama dalam aspek perencanaan dan pengendalian. Hal ini disebabkan karena luasnya jangkauan dalam proses menyusun jaringan kerja, yaitu dari mengkaji dan mengidentifikasi kegiatan-kegiatan lingkup proyek, menguraikan menjadi komponen-komponen, sampai kepada menyusun kembali menjadi urutan yang didasarkan atas logika ketergantungan, sehingga memerlukan pengetahuan akan seluk beluk lingkup proyek yang dihadapi.

Demikian pula halnya dengan penyediaan sumber daya untuk melaksanakan setiap kegiatan serta prioritas mengalokasikannya. Proses menyusun jaringan kerja ini sering harus dilakukan berulang-ulang sebelum sampai pada suatu perencanaan atau jadual yang dianggap cukup realistis. Dalam pada itu, suatu jaringan kerja yang tersusun dengan benar akan memberikan gambaran dari suatu proyek, yang pada giliran selanjutnya merupakan sarana komunikasi yang efektif bagi semua pihak yang berkaitan dengan penyelenggaraan proyek. Disinilah letak hasil tidak langsung

tetapi amat penting dari penggunaan jaringan kerja sebagai metodologi manajemen proyek. Adapun sistematika lengkap dari proses penyusunan jaringan kerja adalah:

1. Langkah Pertama

Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan atau memecahkannya menjadi kegiatan-kegiatan/kelompok kegiatan yang merupakan komponen proyek.

2. Langkah Kedua

Menyusun komponen-komponen tersebut pada butir 1, menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai dengan logika ketergantungan. Urutan ini dapat berbentuk seri dan/atau paralel.

3. Langkah Ketiga

Memberikan perkiraan kurun waktu bagi masing-masing kegiatan yang dihasilkan dari penguraian lingkup proyek, seperti tersebut pada langkah pertama.

4. Langkah Keempat

Mengidentifikasi jalur kritis dan float pada jaringan kerja. Jalur kritis ialah jalur yang terdiri dari rangkaian kegiatan dalam lingkup proyek, yang bila terlambat akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Sedangkan *float* adalah “tenggang waktu” suatu kegiatan tertentu yang nonkritis dari proyek.

5. Langkah Kelima

Bila semua langkah-langkah di atas telah diselesaikan, dilanjutkan dengan usaha-usaha meningkatkan daya guna dan hasil guna pemakaian sumberdaya. Salah satunya dengan meminimalkan fluktuasi pemakaian sumber daya.

2.1.5 Metode Jalur Kritis.

Pada metoda jaringan kerja dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai dengan kegiatan terakhir proyek. Jalur kritis bermakna penting, karena pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat, akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.

1. Terminologi dan Hitungan

Dalam proses identifikasi jalur kritis, dikenal beberapa terminologi dan perhitungan sebagai berikut:

TE=E Waktu paling awal peristiwa (*node/event*) dapat terjadi (*Earliest Time of Occurance*), yang berarti waktu paling awal suatu kegiatan yang berasal dari node tersebut dapat dimulai, karena menurut aturan dasar jaringan kerja, suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan terdahulu sudah selesai.

TL=L Waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi (*Latest Allowable Event Occurance Time*), yang berarti waktu paling lambat yang masih diperbolehkan bagi suatu peristiwa terjadi.

ES Waktu mulai paling awal suatu kegiatan (*Earliest StartTime*). Bila waktu kegiatan dinyatakan atau berlangsung dalam jam, maka waktu ini adalah jam paling awal kegiatan dimulai.

- EF** Waktu selesai paling awal suatu kegiatan (*Earliest Finish Time*). Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu merupakan ES kegiatan berikutnya.
- LS** Waktu paling akhir kegiatan boleh mulai (*Latest Allowable Start Time*), yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.
- LF** Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai (*Latest Allowable Finish Time*) tanpa memperlambat penyelesaian proyek.
- D** Kurun waktu suatu kegiatan. Umumnya dengan satuan waktu hari, minggu, bulan dan lain-lain.

Adapun perhitungan yang dipergunakan untuk mengidentifikasi jalur kritis dan float adalah dengan cara hitungan maju dan hitungan mundur. Perhitungan ini menunjukkan bagaimana proses memperkirakan waktu penyelesaian proyek. Waktu penyelesaian proyek umumnya tidak sama dengan total waktu masing-masing kegiatan yang menjadi umur proyek, karena adanya kegiatan-kegiatan yang paralel.

a. Hitungan Maju

Hitungan maju dimulai dari ujung kiri, merupakan peristiwa pertama menandai dimulainya proyek. Dengan pengertian bahwa waktu paling awal peristiwa terjadi = 0. Aturan-aturan yang berlaku adalah sebagai berikut.

- Kecuali kegiatan awal, maka suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan yang mendahuluinya (*predecessor*) telah selesai.

- Waktu selesai paling awal suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan.

$$EF = ES + D \text{ atau } EF(i-j) = ES(i-j) + D(i-j).$$

- Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan-kegiatan terdahulu yang menggabung, maka waktu mulai paling awal (ES) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu selesai paling awal (EF) yang terbesar dari kegiatan terdahulu.

b. Hitungan Mundur

Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu atau tanggal paling akhir yang “masih” dapat memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan, tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari hitungan maju. Hitungan mundur dimulai dari ujung kanan (hari terakhir penyelesaian proyek) suatu jaringan kerja. Aturannya adalah:

- Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan adalah sama dengan waktu selesai paling akhir, dikurangi kurun waktu berlangsungnya kegiatan yang bersangkutan, atau $LS=LF-D$
- Jika suatu kegiatan memiliki (memecah menjadi) 2 atau lebih kegiatan-kegiatan berikutnya, maka waktu selesai paling akhir (LF) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil

2. Jalur Kritis dan Float

Jalur kritis memerlukan perhatian maksimal, terutama pada periode perencanaan dan implementasi pekerjaan atau kegiatan yang bersangkutan, misalnya

diberikan prioritas utama dalam alokasi sumber daya yang dapat berupa tenaga kerja, peralatan atau penyelia. Pengalaman menunjukkan kegiatan-kegiatan kritis proyek umumnya kurang dari 20% total pekerjaan, sehingga memberikan perhatian lebih kepadanya dianggap tidak akan mengganggu kegiatan yang lain bila telah direncanakan dengan baik. Sifat atau syarat umum jalur kritis adalah:

- a. Pada kegiatan pertama: $ES = LS + 0$ atau $E(1) = L(1) = 0$
- b. Pada kegiatan terakhir atau terminal: $LF = EF$
- c. Float total: $TF = 0$

Sedangkan tenggang waktu (float) adalah waktu yang diperkenankan untuk menggeser-geser kegiatan suatu proyek, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan. Konsep waktu tenggang dan definisi khusus mengenai tiga kemungkinan variasinya, kadang tidak mudah dipahami. Tetapi akan menjadi lebih jelas saat penerapannya sewaktu menjadual sumber daya.

a. Float Total

Float total (TF) adalah jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan. Jumlah waktu tersebut sama dengan waktu yang didapat bila semua kegiatan terdahulu dimulai seawal mungkin, sedang semua kegiatan berikutnya dimulai selambat mungkin.

Float total ini dimiliki bersama oleh semua kegiatan yang ada pada jalur yang bersangkutan. Berarti bila salah satu kegiatan telah memakainya, maka float total yang tersedia untuk kegiatan-kegiatan lain pada jalur tersebut adalah sama dengan

float total semula, dikurangi bagian yang telah dipakai. Float total dapat dihitung dengan rumus:

- $TF = LF - EF = LS - ES$ atau
- $TF = L(j) - E(i) - D(i-j)$

b. Float Bebas

Float bebas (FF) terjadi bilamana semua kegiatan pada jalur yang bersangkutan dimulai seawal mungkin. Besarnya FF suatu kegiatan adalah sama dengan sejumlah waktu dimana penyelesaian kegiatan tersebut dapat ditunda tanpa mempengaruhi waktu mulai paling awal dari kegiatan berikutnya ataupun peristiwa yang lain pada jaringan. Dengan kata lain float bebas dimiliki oleh satu kegiatan tertentu. Float bebas suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal dari kegiatan berikutnya dikurangi waktu selesai paling awal (EF) kegiatan dimaksud.

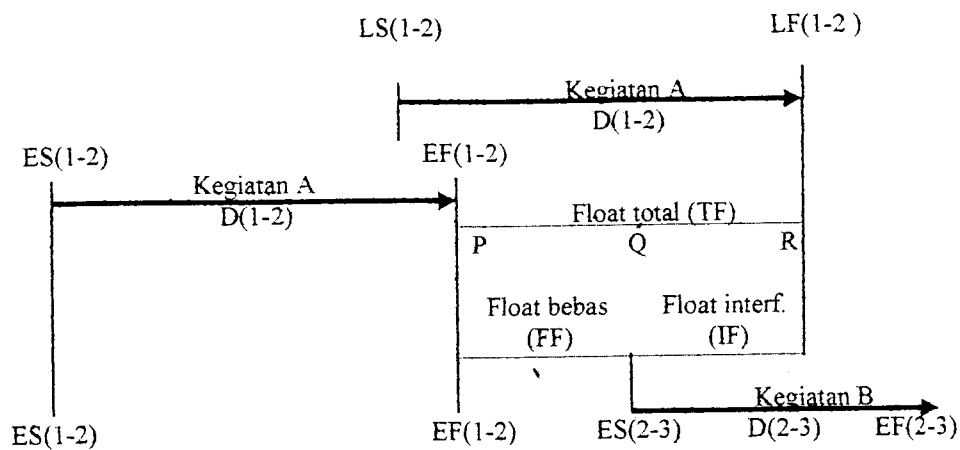
c. Float Interferen

Float interferen (IF) adalah bila suatu kegiatan menggunakan sebagian dari IF sehingga kegiatan nonkritis berikutnya pada jalur tersebut perlu dijadualkan kembali (digeser) meski tidak sampai mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan.

- $IF = TF - FF$

Hubungan antara ketiga float tersebut dijelaskan dengan keterangan dan bagan balok seperti pada gambar 2.2. Terdapat tiga kegiatan yaitu, kegiatan A dengan waktu mulai paling awal $ES(1-2)$, kegiatan A dengan waktu mulai paling akhir $LS(1-2)$ dan kegiatan B dengan waktu mulai paling akhir $ES(2-3)$. Float total didapatkan

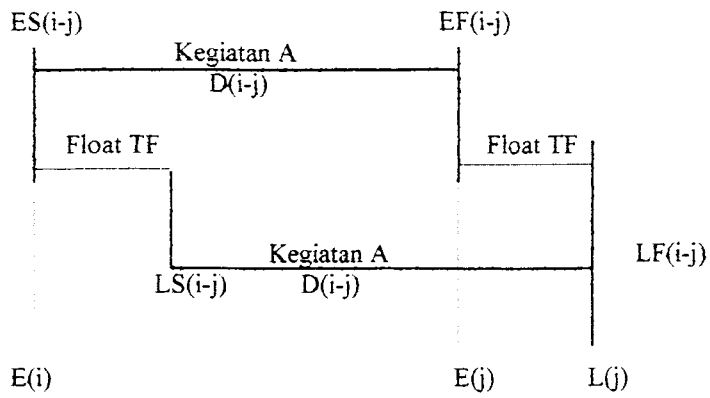
dari mengurangi $LF(1-2) - EF(1-2)$, yaitu sebesar PR. Diandaikan ES dari kegiatan berikutnya, yaitu kegiatan B mulai dari titik Q, maka sesuai rumus float bebas dari kegiatan A adalah sebesar $ES(2-3) - EF(1-2)$, yaitu sama dengan PQ. Terlihat bahwa Q dalam contoh hanya dimiliki oleh kegiatan A. Adapun float interferen adalah sebesar float total dikurangi float bebas atau sama dengan $PR - PQ = QR$



Gambar2.1 Hubungan Float Total, Float Bebas dan Float Interferen

Pada perencanaan dan penyusunan jadwal proyek float total mempunyai arti penting. Dengan memiliki float total, pelaksanaan dalam jalur yang bersangkutan dapat ditunda atau diperpanjang sampai batas tertentu, yaitu sampai float total = 0. Jadi dapat dipilih kapan mulai atau selesainya suatu kegiatan tanpa mempengaruhi jadwal secara keseluruhan. Gambar 2-2 menunjukkan posisi dan hubungan float total dan parameter yang lain, juga terlihat bahwa float total dapat berada di awal mulainya kegiatan (ES) atau di ujung penyelesaian paling akhir (LS), bahkan dapat dipecah-pecah sesuai kebutuhan, asal masih dalam batas $L(j) - E(i)$. Memahami pengertian ini

bagi pengelola proyek akan sangat berguna, terutama untuk memecahkan masalah pemerataan penggunaan sumber daya (*resource leveling*).



Gambar 2-2 Posisi dan Hubungan antara ES, LS, EF, LF, D dan Float Total.

2.2 Perencanaan Sumber Daya Manusia

2.2.1 Umum

Dalam penyelenggaraan proyek, sumber daya manusia yang berupa tenaga kerja merupakan faktor penentu keberhasilan suatu proyek. Jenis dan intensitas kegiatan proyek berubah dengan cepat sepanjang siklusnya, sehingga penyediaan jumlah tenaga, jenis ketrampilan, dan keahlian harus mengikuti tuntutan perubahan kegiatan yang sedang berlangsung. Bertolak dari kenyataan tersebut, suatu perencanaan tenaga kerja proyek harus meliputi perkiraan jenis dan kapan tenaga kerja diperlukan. Dengan mengetahui perkiraan angka dan jadwal kebutuhannya, maka penyediaan sumber daya baik kualitas maupun kuantitas menjadi lebih baik dan efisien.

Secara teoritis, keperluan rata-rata jumlah tenaga kerja dapat dihitung dari total lingkup kerja proyek yang dinyatakan dalam jam-orang atau bulan-orang dibagi dengan kurun waktu pelaksanaan. Hitungan ini tidak sesuai dengan kenyataan sesungguhnya, karena akan menimbulkan pemborosan dengan mendatangkan sekaligus seluruh kebutuhan tenaga kerja pada awal proyek, mengingat pada saat itu belum cukup pekerjaan tersedia. Oleh karena itu untuk merencanakan tenaga kerja proyek yang realistis perlu diperhatikan bermacam-macam faktor, diantaranya yang terpenting adalah produktivitas tenaga kerja, keterbatasan sumber daya, jumlah tenaga kerja konstruksi di lapangan dan meratakan jumlah tenaga kerja guna mencegah gejolak (*fluctuation*) yang tajam.

2.2.2 Produktivitas Tenaga Kerja

Dalam pelaksanaan suatu proyek, produktivitas tenaga kerja mempunyai arti yang sangat penting, karena berfungsi untuk menunjukkan besarnya volume pekerjaan yang dapat diselesaikan oleh tenaga kerja terhadap waktu, yang nanti akan digunakan dalam menentukan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Pada umumnya proyek berlangsung dengan kondisi yang berbeda-beda, maka hendaknya dalam merencanakan tenaga kerja dilengkapi dengan analisis produktivitas dan indikasi variabel yang mempengaruhi. Variabel ini banyak yang sulit untuk dinyatakan dalam nilai numerik, sehingga jika dihitung secara matematis boleh dikatakan tidak mungkin. Namun demikian perlu adanya pegangan atau tolok ukur untuk memperkirakan produktivitas tenaga kerja bagi proyek yang hendak ditangani, yaitu untuk mengukur hasil guna atau efisiensi kerja. Angka produktivitas tenaga kerja ini dapat diperoleh dari institusi atau lembaga yang terkait, yang mana merupakan angka relatif terhadap suatu angka standar yang dapat memenuhi keperluan. Namun bila implementasi fisik proyek telah dimulai, maka dapat disusun angka produktivitas tenaga kerja sesungguhnya berdasarkan kenyataan di lapangan. Adapun variabel atau faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja lapangan adalah:

1. Iklim, Kondisi Fisik Lapangan dan Sarana Bantu

- a. Iklim, musim dan keadaan cuaca. Adanya temperatur udara panas dan dingin serta hujan dan salju, atau kelembaban udara yang tinggi di daerah tropis dengan

- kelembaban tinggi dapat mempercepat rasa lelah tenaga kerja sehingga produktivitas tenaga kerja lapangan akan menurun.
- b. Keadaan fisik lapangan. Kondisi fisik lapangan seperti rawa, padang pasir atau tanah berbatu keras, besar pengaruhnya terhadap produktivitas. Hal yang sama akan terjadi pada tempat kerja dengan keadaan khusus, yang mana proyek akan mengalami perluasan instalasi yang telah ada, seringkali dibatasi bermacam peraturan keselamatan dan terbatasnya ruang gerak bagi pekerja atau peralatannya.
- c. Sarana bantu. Kurangnya kelengkapan sarana bantu seperti peralatan konstruksi, akan menaikkan jam-orang untuk menyelesaikan pekerjaan. Sarana bantu seperti truk, *grader*, *scraper*, *compactor* dan lain-lain harus selalu diusahakan siap pakai dengan jadwal pemeliharaan yang tepat.

2. Kepenyeliaan, Perencanaan dan Koordinasi

Penyelia adalah segala sesuatu yang berhubungan langsung dengan tugas pengelolaan tenaga kerja, memimpin para pekerja dalam pelaksanaan tugas, juga menjabarkan perencanaan dan pengendalian menjadi langkah-langkah pelaksanaan jangka pendek, serta mengkoordinasikan dengan rekan atau penyelia lain yang terkait. Melihat lingkup tugas dan tanggung jawabnya terhadap pengaturan pekerjaan dan penggunaan tenaga kerja yang demikian, maka kualitas penyelia besar pengaruhnya terhadap produktivitas secara menyeluruh.

3. Komposisi Kelompok Kerja

Penyelia lapangan memimpin satu kelompok pekerja yang terdiri dari bermacam-macam pekerja lapangan seperti tukang batu, tukang besi, pembantu dan lain-lain. Komposisi kelompok kerja berpengaruh terhadap produktivitas tenaga kerja secara keseluruhan. Yang dimaksud dengan komposisi kelompok kerja adalah:

- a. Perbandingan jam-orang penyelia dan pekerja yang dipimpinnya.
- b. Perbandingan jam-orang untuk disiplin-disiplin kerja dalam kelompok kerja. Perbandingan jam-orang penyelia terhadap total jam-orang kelompok kerja yang dipimpinnya menunjukkan indikasi besarnya rentang kendali yang dimiliki. Jam-orang yang berlebihan akan menaikkan biaya, sedangkan bila kurang akan menurunkan produktivitas. Disamping itu, perbandingan jam-orang masing-masing disiplin dalam kelompok juga mempengaruhi produktivitas.

4. Kerja Lembur

Untuk mengejar sasaran jadwal terkadang kerja lembur atau jam kerja yang panjangnya lebih dari 40 jam per minggu tidak dapat dihindari, meskipun hal ini akan menurunkan efisiensi kerja. Memperkirakan waktu penyelesaian proyek dengan mempertimbangkan kerja lembur, perlu dipertimbangkan kemungkinan kenaikan total jam-orang. Bila jumlah jam per hari dan hari per minggu bertambah maka akan menurunkan produktivitas.

5. Ukuran Besar Proyek

Besar proyek (dinyatakan dalam jam-orang) juga akan mempengaruhi produktivitas tenaga kerja lapangan, dalam arti makin besar ukuran proyek produktivitas semakin menurun.

6. Pekerja Langsung Versus Subkontraktor

Dari segi produktivitas umumnya subkontraktor lebih tinggi 5-10% dibandingkan dengan pekerja langsung, ini disebabkan tenaga subkontraktor telah terbiasa dalam pekerjaan yang relatif terbatas lingkup dan jenisnya, juga prosedur dan kerjasama telah dikuasai dan terjalin lama antara pekerja maupun dengan penyelia. Meski produktivitas lebih tinggi dan jadwal penyelesaian pekerjaan potensial lebih singkat, tetapi dalam segi biaya belum tentu lebih rendah dibanding memakai pekerja langsung, karena adanya biaya *overhead* dari perusahaan kontraktor.

7. Pengalaman

Bila seseorang atau sekelompok orang yang terorganisir melakukan pekerjaan yang relatif sama dan berulang-ulang, akan memperoleh pengalaman dan peningkatan ketrampilan, sehingga waktu atau biaya penyelesaian pekerjaan per unitnya berkurang kata lain produktivitasnya naik.

8. Kepadatan Tenaga Kerja

Kepadatan tenaga kerja, yaitu jumlah luas tempat kerja bagi setiap tenaga kerja. Jika kepadatan itu melewati tingkat jenuh, maka produktivitas tenaga kerja menunjukkan tanda-tanda menurun. Hal ini disebabkan dalam lokasi proyek tempat sejumlah buruh bekerja selalu ada kesibukan manusia, gerakan peralatan

serta kebisingan yang menyertai. Makin tinggi jumlah pekerja per area atau makin turun luas area per pekerja, maka makin “sibuk” kegiatan per area, akhirnya akan mencapai titik dimana kelancaran pekerjaan terganggu dan mengakibatkan penurunan produktivitas.

2.2.3 Keterbatasan Sumber Daya

Pada proyek dengan sumber daya yang tidak terbatas, setiap kegiatan digambarkan dimulai sedini mungkin tanpa mempertimbangkan kemungkinan penundaan kegiatan yang tidak kritis, sebagaimana diperlukan untuk mengurangi kebutuhan sumber daya. Dengan demikian penyusunan jadual tidak menemui kesulitan yang berarti. Hal ini adalah tidak mungkin, karena sumber daya tidak pernah tidak terbatas, seringkali justru sangat terbatas. Keterbatasan ini berlaku pada proyek dengan bentuk dan ukuran apa saja. Karena itu usaha kita tergantung dari kapasitas sumber daya yang dapat diperoleh, dan keberhasilannya tergantung pada cara memanfaatkannya.

Masalah yang sering timbul akibat keterbatasan sumber daya adalah terjadinya kelebihan beban (*overallocation*) pada sumber daya, sebagai akibat mempekerjakan sumber daya melebihi jumlah maksimum unit sumber daya yang tersedia pada proyek dan dapat juga karena adanya tabrakan (*overlapping*) beberapa kegiatan yang secara bersamaan mempekerjakan sumber daya yang sama.

Oleh karena itu kegiatan-kegiatan harus disusun kembali sehingga pola penggunaan sumber daya akan lebih baik, dan masih sesuai dengan jaringan semula.

Artinya kegiatan-kegiatan kritis tidak diganggu, sehingga waktu penyelesaian tidak berubah. Penyesuaian hanya dilakukan pada kegiatan yang nonkritis, itupun hanya dengan memajukan atau memundurkannya sesuai dengan kendala yang ditentukan dalam jaringan. Masing-masing kegiatan hanya dapat dipindah-pindahkan di antara waktu mulai yang tercepat dan waktu mulai yang paling lambat, dari tahapan yang bersangkutan. Waktu yang dapat digunakan untuk menggeser-geser kegiatan tanpa mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan disebut waktu tenggang (*float*). Waktu tenggang inilah yang sebenarnya menentukan derajat fleksibilitas yang dapat dimanfaatkan perencana dalam usaha meratakan penggunaan sumber daya.

Pada jaringan kerja dimana pembatasan sumber daya ikut diperhitungkan, akan memberikan pengaruh terhadap jadwal. Pengaruh keterbatasan jumlah sumber daya terhadap jadwal ini dapat disimpulkan secara umum yaitu:

1. Keterbatasan sumber daya akan mengurangi jumlah float.
2. Kemungkinan akan terbentuk kegiatan kritis baru, disamping yang telah ada sebelumnya (sewaktu memakai dasar sumber daya tak terbatas).
3. Disamping tergantung pada hubungan-hubungan antar kegiatan, float juga tergantung kepada keterbatasan sumber daya.

Dengan keterbatasan yang terlalu besar dapat menimbulkan kesulitan pemakaian kaidah-kaidah yang mendasari penggunaan jaringan kerja. Misalnya, jalur kritis bukan terletak di jalur terpanjang seperti pengertian yang dipegang selama ini, tetapi di jalur yang memiliki keterbatasan sumber daya terparah.

2.2.4 Menentukan Jumlah Tenaga Kerja Lapangan

Dalam melaksanakan suatu pekerjaan selain membutuhkan metode yang baik juga diperlukan tersedianya sumber daya yang memadai. Demikian juga penempatan sumber daya yang tepat, baik secara kuantitas maupun kualitas sangat diutamakan. Sumber daya yang dimaksud disini adalah tenaga kerja lapangan yang ditempatkan berdasarkan keahliannya pada suatu pekerjaan. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan merupakan jumlah tenaga kerja total setiap pekerjaan per waktu atau durasinya. Misalnya pada pekerjaan rantai kerja tebal 5 cm pada pondasi, membutuhkan pekerja berupa tukang batu dan tenaga/buruh. Pekerjaan dilakukan dalam satuan durasi minggu dan dikerjakan selama (D) 3 minggu. Di bawah ini adalah contoh menghitung kebutuhan tenaga kerja setiap pekerjaan.

Misalnya, volume pekerjaan rantai kerja = 236 m²,

Produktivitas harian tenaga kerja (1 tukang batu, 2 tenaga/buruh) = 12 m²/hari.

Produktivitas mingguan tenaga kerja (1 minggu = 6 hari) = 12x6 = 72 m²/minggu.

Pada proses leveling bobot setiap tenaga kerja adalah sama, jadi jumlah tenaga kerja tiap produktivitas adalah 3 orang, berupa 1 tukang dan 2 tenaga.

Maka jumlah tenaga kerja total yang dibutuhkan adalah:

$$= \left[\frac{\text{vol. pekerjaan}}{\text{produktivitas mingguan}} \right] \times \text{jumlah tenaga kerja tiap produktivitas}$$

$$= \left[\frac{236(v)}{12 \times 6(v / \text{minggu})} \right] \times 3(\text{orang}) = 9,8333 \text{ minggu-orang}$$

Selanjutnya durasi (D) yang diperlukan selama 3 minggu, sehingga jumlah tenaga kerja tiap minggunya adalah:

$$= 9,8333/3 = 3,2778 \approx 4 \text{ orang.}$$

2.2.5 Menjadual Sumber Daya Manusia

Jaringan kegiatan dan peristiwa (*network*) secara sendiri-sendiri tidak dapat digunakan untuk menunjukkan berapa banyaknya sumber daya yang diperlukan pada setiap saat tertentu selama proyek berjalan. Dan memang pada waktu menyusun gambar jaringan itu biasanya tidak mempersoalkan berapa sumber daya yang dapat dikerahkan. Awal suatu kegiatan biasanya dianggap bergantung pada penyelesaian tahapan sebelumnya saja, dan bukan ada atau tidaknya orang yang tepat untuk mengerjakannya pada waktu diperlukan. Adanya kegiatan lain yang berlangsung pada waktu yang bersamaan yang memerlukan tukang dengan keahlian yang sama dari departemen yang itu juga belum dipertimbangkan dalam perencanaan. Jadi walaupun jaringan yang dibuat itu mungkin sudah baik dari segi logika urutan, mungkin saja jaringan itu masih tidak dapat diterapkan. Hal itu bukan berarti bahwa usaha membuat jaringan kerja dengan jalur kritis itu tidak ada gunanya, meskipun oleh karena terbatasnya sumber daya, waktu mulai yang secepatnya untuk beberapa kegiatan tertentu mungkin tampak seakan-akan tidak masuk akal.

Penjadualan sumber daya merupakan tindak lanjut yang penting dari perencanaan jaringan kerja. Hasil analisis waktu diperlukan untuk menentukan prioritas bila terdapat beberapa kegiatan yang saling berebut menggunakan sumber

daya yang terbatas. Keputusan mengenai penjadualan dapat dibuat berdasarkan data tersebut, misalnya dengan merencanakan penggunaan tenaga kerja subkontraktor tambahan untuk waktu selama periode kritis. Atau dengan menunda kegiatan yang tidak kritis dan mendahulukan pekerjaan yang tidak mempunyai banyak waktu tenggang (float).

2.2.6 Meratakan Penggunaan Sumber Daya Manusia

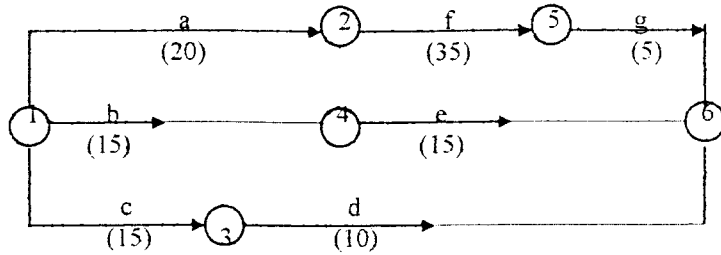
Aspek yang perlu diperhatikan dalam menyusun jadual sumber daya manusia adalah usaha memakainya secara efisien. Tenaga kerja merupakan sumber daya manusia yang penting, yang seringkali penyediaannya terbatas, baik karena faktor kualitas ataupun hal-hal lain. Merekrut, menyeleksi, dan melatih tenaga kerja memerlukan biaya mahal dan membutuhkan waktu lama sebelum mereka siap pakai. Setelah tenaga kerja bergabung dengan proyek, tidak mudah untuk melepas dan memanggil kembali untuk bekerja sesuai dengan naik turunnya pekerjaan yang tersedia. Sedangkan menahan mereka untuk *stand-by* akan menelan biaya yang dipandang tidak efisien. Karena itu, diusahakan jangan terjadi keperluan yang bersifat naik turun secara tajam (*fluctuation*). Metode CPM dapat membantu mengatasi masalah tersebut, yang dikenal sebagai pemerataan sumber daya atau *resource leveling*.

Pemerataan sumber daya manusia dilakukan dengan mengatur komponen-komponen kegiatan proyek yang berupa tenaga kerja dan waktu, dari suatu jaringan kerja yang sudah diketahui jalur kritis dan floatnya. Komponen kegiatan

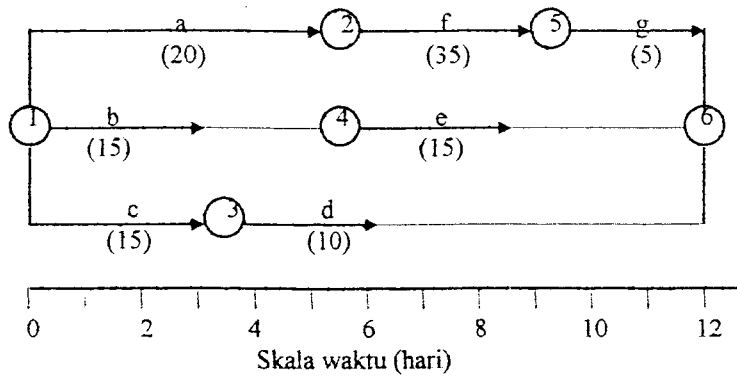
diatur dengan cara menggeser-geser komponen pada kegiatan nonkritis sebatas float yang tersedia dan mengusahakan agar tidak terjadi *fluctuation* yang tajam. Penjelasan dari keterangan di atas adalah sebagai berikut.

Suatu proyek terdiri dari tujuh pekerjaan yang tersusun menjadi jaringan kerja seperti pada gambar 2-3a. Setiap komponen pekerjaan memerlukan sumber daya yang berbentuk tenaga kerja berikut; kegiatan a sebanyak 20 orang selama 6 hari, kegiatan b sebanyak 15 orang selama 3 hari, kegiatan c sebanyak 15 orang selama 3 hari, kegiatan d sebanyak 10 orang selama 3 hari, kegiatan e sebanyak 15 orang selama 3 hari, kegiatan f sebanyak 35 orang selama 3 hari dan kegiatan g sebanyak 5 orang selama 3 hari.

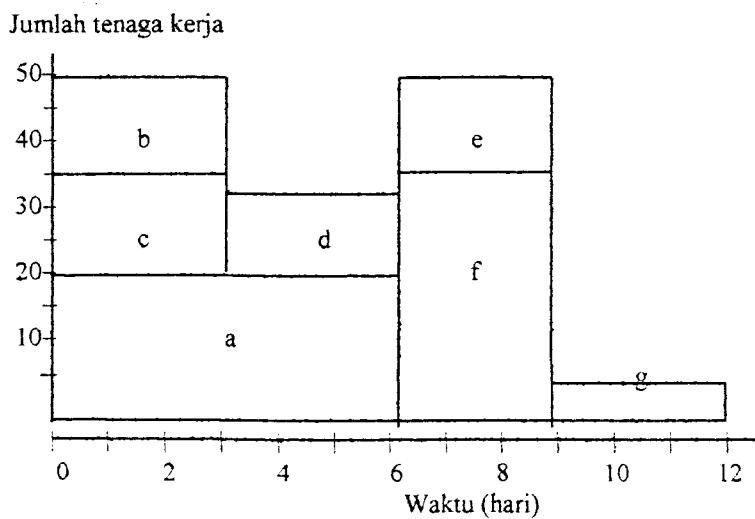
Jaringan kerja digambarkan dengan skala waktu dan memakai ES (Early Start) untuk tiap kegiatan, sehingga akan diperoleh gambar 2-3b Selanjutnya disusun koordinat x,y, dengan y jumlah tenaga kerja dan x waktu. Gambar 2-3c merupakan pemaparan komponen pekerjaan pada koordinat, dengan terlebih dahulu dipaparkan pekerjaan kritisnya (a-f-g). Hasil pemaparan pertama menunjukkan terjadinya keadaan naik turun yang tajam (setelah hari ke-3 terjadi penurunan sejumlah 20 dari total 50 tenaga kerja yang berlangsung 3 hari, kemudian naik lagi). Hal ini diperbaiki dengan menggeser kegiatan b,d, dan e yang dimungkinkan karena memiliki float-float tersebut. Dengan demikian keperluan tenaga kerja lebih merata tidak terjadi naik turun secara tajam seperti tampak pada gambar 2-3d.



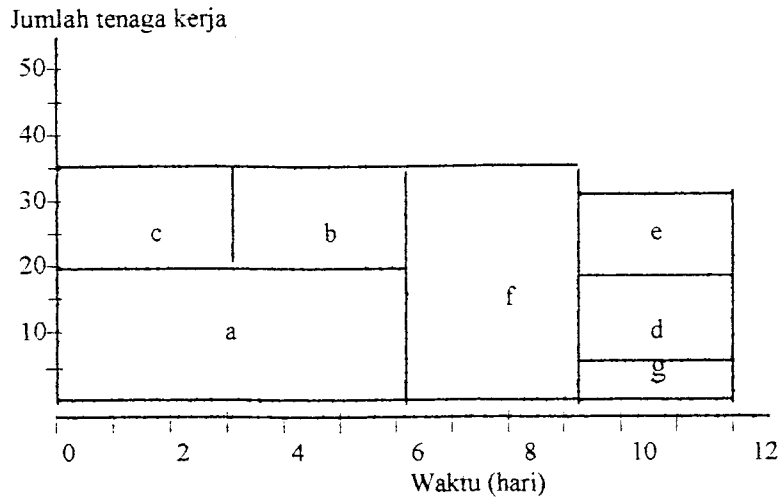
Gambar 2-3a Jaringan Kerja Proyek dengan 7 Pekerjaan.



Gambar 2-3b Jaringan Kerja Proyek Berskala Waktu.



Gambar 2-3c Pekerjaan Disusun Dengan Muatan Tenaga Kerja.



Gambar 2-3d Susunan Pekerjaan Setelah Diadakan Pemerataan.

Ilustrasi tersebut adalah contoh sederhana, yang pada kenyataan sesungguhnya cukup sulit untuk melakukan pemerataan kegiatan proyek dengan banyak kegiatan dan tenaga kerja yang heterogen. Namun dengan penggunaan perangkat lunak atau komputer kesulitan tersebut dapat diatasi.

1. Prosedur Perataan

Tujuan dari setiap prosedur perataan adalah untuk merencanakan atau mengatur semua pekerjaan nonkritis sehingga komponen tenaga kerja tersusun selangkah demi selangkah menuju puncak, dan kemudian dibiarkan menurun sampai selesai, tanpa ada kenaikan lagi. Dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Mengatur semua pekerjaan kritis terlebih dahulu.
2. Memulai pekerjaan nonkritis bilamana ada kenaikan ke titik dimana periode puncak tercapai.
3. Memulai pekerjaan nonkritis bilamana terjadi penurunan sehingga tidak terjadi naik turun yang tajam (*fluctuation*) dalam profil tenaga kerja.

Faktor penting dalam perataan adalah bahwa hanya waktu mulai pekerjaan nonkritis saja yang dirubah untuk menghasilkan jadual yang rata, sedangkan lamanya proyek tidak pernah diperpanjang.

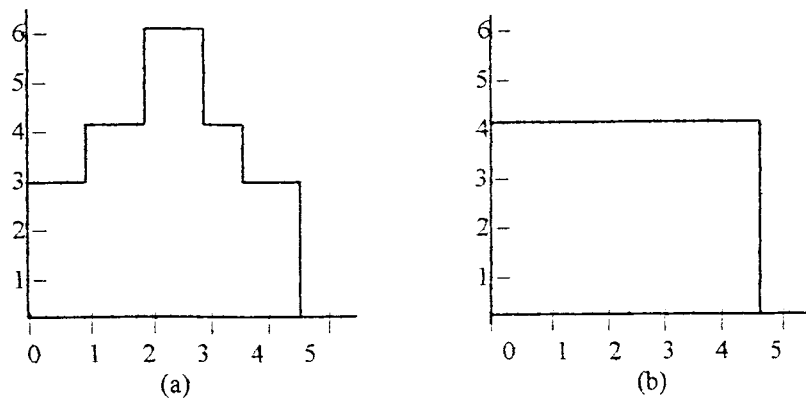
2. Dasar Konseptual Untuk Memperkecil Perubahan Sumber Daya

Dalam proses perataan akan dapat menghasilkan beberapa alternatif pemecahan. Adapun pemecahan yang dapat diterima adalah jika satu puncak dipertahankan dan kemudian bertambah, untuk selanjutnya merosot sedikit demi sedikit.

Jika diminta untuk menentukan rancangan alternatif yang menyajikan tingkat penyelesaian terbesar, maka sebuah perbandingan dapat dibuat dari jumlah kuadrat sumber tenaga kerja yang diperlukan dalam setiap satuan waktu, selama jumlah kuadrat menjadi lebih kecil karena variasi penggunaan sumber tenaga kerja dari satuan waktu ke satuan waktu berkurang. Jumlah kuadrat terendah menunjukkan tingkat pemecahan terbesar.

Perbandingan jumlah kuadrat dari sumber tenaga kerja yang diperlukan untuk setiap satuan waktu sangat membantu untuk memilih tingkat penyelesaian yang terbesar. Perbandingan itu membawa ke sebuah distribusi seperti empat persegi panjang sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 2-2b. Jumlah kuadrat dari keperluan akan sumber tenaga kerja untuk setiap satuan waktu dalam profil ditunjukkan pada gambar 2-2a adalah 86 dan pada gambar 2-2b yang berupa empat persegi panjang adalah 80. Oleh karena itu standar ini condong menuju ke arah distribusi sumber

tenaga kerja yang seperti empat persegi panjang. Pada gambar 2.4 digambarkan dua alternatif pemecahan perataan dari profil tenaga kerja.



Gambar 2-4 Profil Alternatif Pemecahan Perataan

Profil distribusi empat persegi panjang ini merupakan suatu distribusi yang paling ideal yang pada kenyataan di lapangan dapat dikatakan hampir tidak mungkin terjadi. Adapun untuk memilih pemecahan yang menghasilkan distribusi yang lebih bertahap, seperti parabolik daripada seperti empat persegi panjang, perlu dipergunakan standar lain. Kebutuhan untuk distribusi yang demikian itu mungkin bertambah ketika dipandang perlu untuk melatih personil sebelum menempatkan mereka pada sebuah proyek. Agar menghasilkan profil sumber tenaga kerja yang parabolik, perlu untuk memperkecil perubahan sumber tenaga kerja dari hari ke hari, dengan cara memperkecil jumlah kuadrat perubahan sumber tenaga kerja dalam setiap satuan waktu.

Dalam hal ini, perbedaan merupakan ukuran dari tahapan profil sumber tenaga kerja. Gabungan sumber tenaga kerja sepanjang lamanya proyek merupakan kebutuhan akan sumber tenaga kerja yang ditetapkan. Kurva dari fungsi ini sebaiknya

dibuat sebertahap mungkin. Karena itu berubah-ubahnya rata-rata dari perbedaan fungsi kebutuhan akan tenaga kerja merupakan fungsi perubahan sumber tenaga kerja. Perubahan adalah ukuran ketidaktetapan, oleh karena itu perbedaan perubahan tenaga kerja adalah ukuran dari tahapan profil sumber tenaga kerja dan digunakan sebagai fungsi obyektif dalam menemukan profil sumber tenaga kerja yang optimum.

Pada model berikut, penggunaan tenaga kerja secara keseluruhan dan lamanya proyek telah ditetapkan. Sumber tenaga kerja tidak dihubungkan dengan aktifitas. Nanti hasil-hasilnya akan diperluas ke jaringan dasar masalah penyamataan sumber tenaga kerja.

Definisi ini dibuat untuk perumusan model itu:

N = lamanya proyek

W = penggunaan sumber tenaga kerja keseluruhan

$x(k)$ = perubahan sumber tenaga kerja pada tanggal k

$r(k)$ = kebutuhan akan sumber tenaga kerja pada tanggal k

Penggunaan sumber tenaga kerja keseluruhan W dapat ditunjukkan sebagai:

$$W = \sum_{k=1}^{N+1} \sum_{j=1}^k x(j) \quad (2-1)$$

Sumber tenaga kerja tidak boleh ditinggalkan pada akhir proyek; oleh karena itu

$$\sum_{k=1}^{N+1} x(k) = 0 \quad (2-2)$$

Fungsi obyektif merupakan perbedaan sumber tenaga kerja

$$Z = \frac{\sum_{k=1}^{N+1} [x(k) - x]^2}{N} \quad (2-3)$$

dimana x adalah rata-rata perubahan sumber tenaga kerja selama proyek berlangsung dan ditunjukkan sebagai

$$x = \frac{\sum_{k=1}^{N+1} x(k)}{N+1} \quad (2-4)$$

Dari persamaan (2-2), (2-4) = nol. Dalam (2-3), $N = \text{konstan}$ dan $x = 0$; karena itu fungsi obyektif menjadi

$$Z = \sum x(k)^2 \quad (2-5)$$

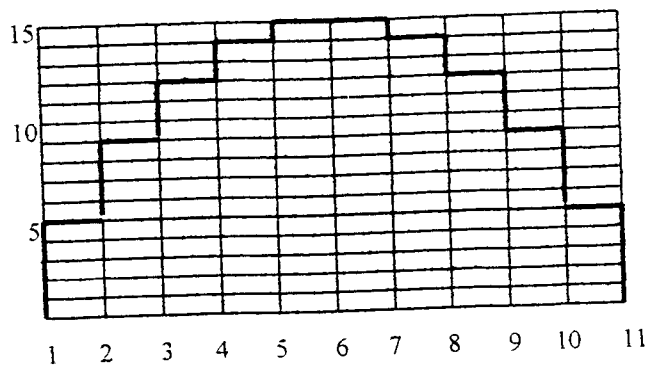
Ketika fungsi ini diperkecil dengan menggunakan angka-angka pengali Lagrangian, penyelesaiannya menghasilkan fungsi berikut ini untuk penggunaan sumber tenaga kerja tertinggi pada masing-masing hari:

$$r(k) = \sum_{j=1}^k x(j) = \frac{6W[(N+1)k - k]}{N(N+1)(N+2)} \quad (2-6)$$

Tabel 2-1 menunjukkan perencanaan sumber tenaga kerja optimal ketika $W = 110$ dan $N = 10$. Gambar 2-3 adalah profil dengan sumber kerja yang optimum.

Tabel 2-1 Perencanaan Sumber Tenaga Kerja Optimal

k	Date	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x(k)	Resource change	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5
r(k)	Resource requirement	5	9	12	14	15	15	14	12	9	5	0
W	Total Resource											110



Gambar 2-5 Profil Perataan Sumber Tenaga Kerja Optimum

3. Perataan Sumber Tenaga Kerja Optimum Untuk Jaringan Dasar Proyek

Pada setiap proyek, pertimbangan akan batasan kegiatan proyek adalah sangat penting, karena optimasi jaringan dasar proyek adalah dibawah batasan-batasan teknologi dari rangkaian kegiatan. Jaringan terdiri dari kumpulan kegiatan yang terbatas; setiap kegiatan mempunyai lamanya *fixed-interger*, memerlukan jumlah tenaga kerja yang tetap dan merupakan hal pokok untuk mendahulukan sekumpulan hubungan khusus yang sebelumnya telah diijinkan. Kegiatan tidak dapat ditunda sekali dimulai. Faktor penting adalah bahwa waktu mulai untuk kegiatan nonkritis saja yang dapat diubah-ubah untuk menghasilkan jadwal yang rata.

Cara penulisan berikut ini digunakan:

$A(j)$ = kegiatan nonkritis ($j = 1...K$)

$D(j)$ = lamanya dari $A(j)$

$R(j)$ = sumber tenaga kerja yang dibutuhkan $A(j)$ pada masing-masing tanggal

$ES(j)$ = tanggal memulai paling awal dari $A(j)$

$EF(j)$ = tanggal selesai paling awal dari $A(j)$

$LS(j)$ = tanggal memulai paling akhir dari $A(j)$

$S(j)$ = tanggal memulai yang direncanakan untuk $A(j)$

$X(j)$ = korelatif tanggal memulai yang direncanakan untuk $A(j)$
antara $ES(j)$ dan $LS(j)$

$FL(j)$ = jumlah hari antara $ES(j)$ dan $LS(j)$

$L(i)$ = perubahan sumber tenaga kerja yang ditetapkan pada
tanggal i karena kegiatan kritis

$Y(i)$ = perubahan sumber tenaga kerja pada tanggal i

$a(i,j)$ = perubahan sumber tenaga kerja $A(j)$ pada tanggal i

K = jumlah kegiatan nonkritis

H = kumpulan semua perubahan sumber tenaga kerja dalam
proyek

N = lamanya proyek

dan

$$1 \leq j \leq K$$

$$1 \leq i \leq N+1$$

Tabel 2-2 menunjukkan tanda yang disamaratakan untuk perubahan sumber tenaga kerja selama kegiatan nonkritis $A(j)$ untuk hari-hari $i = 1 \dots i = N+1$. Tanda untuk kebutuhan akan sumber tenaga kerja telah disusun jadi tabel.

Tabel 2-2 Perubahan Sumber Tenaga Kerja

i	A _j				
	A(1)	A(2)	...	A(K)	L(i)
1	a(1,1)	a(1,2)	...	a(1,K)	L(1)
2	a(2,1)	a(2,2)	...	a(2,K)	L(2)
3	a(3,1)	a(3,2)	...	a(3,K)	L(3)
...
N	a(N,1)	a(N,2)	...	a(N,K)	L(N)
N+1	a(N+1,1)	a(N+1,2)	...	a(N+1,K)	L(N+1)
R(j)	R(1)	R(2)	...	R(K)	-
D(j)	D(1)	D(2)	...	D(K)	-

Sumber: Construction Management and Engineering, Construction Performance Control by Network.

Sekarang permasalahannya dirumuskan setahap demi setahap sebagai berikut:

$X(j)$ adalah diantara 1 dan $FL(j)$; karena itu

$$1 \leq X(j) \leq FL(j) \quad (3-1)$$

dimana

$$FL(j) = LS(j) - ES(j) + 1 \quad (3-2)$$

dan

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

Biarkan $A(i)$ dan $A(j)$ menjadi kegiatan yang serangkai dimana $A(i)$ mendahului $A(j)$ Hubungan yang harus didahulukan berikutnya dirumuskan

$$S(i) + D(i) \leq S(j) \quad (3-4)$$

$$ES(i) + D(i) \leq ES(j) \quad (3-5)$$

Dari persamaan (3), (4) dan (5)

$$X(i) \leq X(j) \quad (3-6)$$

$Y(i)$ dituliskan seperti

$$Y(i) = \sum_{j=1}^K a(i, j) + L(i) \quad (3-7)$$

dimana

$$a[S(j), j] = R(j) \quad (3-8)$$

$$a[S(j) + D(j), j] = -R(j) \quad (3-9)$$

dan

$$H \cap \{a[S(j), j], a[S(j) + D(j), j]\} = 0 \quad (3-10)$$

Karena diminta untuk memperkecil perbedaan perubahan sumber tenaga kerja, fungsi obyektif adalah untuk memperkecil jumlah kuadrat perubahan sumber tenaga kerja tiap-tiap hari. Karena itu dari persamaan (3-7) diperoleh hubungan berikut ini.

Memperkecil

$$\begin{aligned} Z &= \sum_{i=1}^{N+1} Y(i)^2 \\ &= \sum_{i=1}^{N+1} \left\{ \left[\sum_{j=1}^K a(i, j) \right] + L(i) \right\}^2 \end{aligned} \quad (3-11)$$

Permasalahan dalam bentuk matematisnya dapat diringkas:

Memperkecil

$$= \sum_{i=1}^{N+1} \left\{ \left[\sum_{j=1}^K a(i, j) \right] + L(i) \right\}^2 \quad (3-11)$$

sasarannya ke

$$1 \leq X(j) \leq FL(j) \quad (3-1)$$

dan

$$X(i) \leq X(j) \quad (3-6)$$

dibawah rumus dari persamaan (3-2), (3-3), (3-5), (3-7), (3-8), (3-9), dan (3-10).

Langkah-langkah berikut di bawah ini akan dapat mencapai sebuah penyelesaian tertinggi:

- Langkah 1. Tentukan float $FL(j)$ untuk setiap kegiatan menggunakan persamaan (3-2).
- Langkah 2. Hitung jumlah kuadrat perubahan sumber tenaga kerja (persamaan 3-11). Merubah float dari setiap kegiatan pokok ke batasan (3-1) dan (3-6).
- Langkah 3. Pilih rancangan dengan harga terendah untuk persamaan (3-11) dari semua kombinasi yang mungkin dari awal kegiatan.

BAB III

STUDI KASUS PERENCANAAN SUMBER DAYA MANUSIA

PADA PROYEK KONSTRUKSI

3.1 Umum

Dalam pelaksanaan perencanaan sumber daya manusia (tenaga kerja) proyek, digunakan data-data dari proyek gedung fakultas Kehutanan UGM, yang berupa jenis-jenis pekerjaan, durasi dan waktu pelaksanaan masing-masing pekerjaan dengan menganalisa time schedule dan jadwal kerja, serta RAB (rencana anggaran biaya) proyek. Dalam proses analisa data, dilakukan beberapa penyesuaian yang masih bisa dipertanggungjawabkan secara logis untuk mendapatkan perencanaan yang relevan.

Diawali dengan penyusunan ulang kegiatan-kegiatan proyek pada jaringan kerja, sesuai dengan kaidah dasar yang berlaku dan logika ketergantungan. Mengidentifikasi jalur kritis dan float menggunakan hitungan maju dan hitungan mundur. Kemudian direncanakan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan pada setiap kegiatan, berdasarkan produktifitasnya. Selanjutnya dilakukan usaha-usaha untuk meningkat daya guna dan hasil guna pemakaian sumber tenaga kerja, dengan meminimalkan fluktuasi menggunakan metoda perataan sumber daya (*resource leveling*), dengan metoda optimalisasi (*optimalization methode*).

3.2 Tinjauan Umum Proyek

Berikut ini diberikan data-data proyek yang akan dipergunakan, berupa data umum proyek, daftar pekerjaan proyek dan daftar tenaga kerjanya.

1. Data proyek

- a. Nama Proyek : Pelaksanaan Pembangunan Ruang Kuliah Fakultas Kehutanan
Universitas Gadjah Mada.
- b. Deskripsi Proyek : Gedung ruang kuliah tiga lantai.
- c. Lokasi Proyek : Jalan Gedung Pusat UGM, Bulaksumur, Yogyakarta.
- d. Kontraktor Proyek : PT. Pembangunan Perumahan (Persero)
- e. Konsultan Perencana/Pengawas : PT. Parama Matra Widya Engineering
- f. Tanggal Mulai : 1 Maret 1996
- g. Tanggal Selesai : 12 Agustus 1996
- h. Hari Kerja per minggu : Senin - Sabtu
- i. Jumlah Minggu Kerja : 24 Minggu

2. Daftar Pekerjaan Proyek

Pekerjaan yang ada dalam proyek ini tidak seluruhnya dianalisa, melainkan hanya sebagian saja. Yaitu setelah dikurangi beberapa pekerjaan elektrikal. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam menganalisa produktivitasnya, dikarenakan kebanyakan dari pekerjaan ini biasanya dikerjakan secara borongan atau sub-kontraktor. Adapun pekerjaan-pekerjaan tersebut adalah:

Tabel 3.1 Daftar Pekerjaan Proyek

NO	URAIAN PEKERJAAN	DURASI (MINGGU)
1	PEKERJAAN PERSIAPAN	8
	PEKERJAAN STRUKTUR	
	PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH	
2	PEKERJAAN GALIAN DAN URUGAN	7
3	PEKERJAAN PONDASI	3
	PEKERJAAN STRUKTUR ATAS	
4	LANTAI 1	8
5	LANTAI 2	9
6	LANTAI 3	6
7	PEKERJAAN ATAP	3
	PEKERJAAN ARSITEKTUR	
	PEKERJAAN LANTAI DASAR	
8	PEKERJAAN LANTAI	3
9	PEKERJAAN DINDING	6
10	PEKERJAAN PLAFOND	3
11	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA	4
12	PEKERJAAN SANITAIR	3
13	PEKERJAAN FINISHING	4
14	LAIN-LAIN	2
	PEKERJAAN LANTAI 2 (DUA)	
15	PEKERJAAN LANTAI	3
16	PEKERJAAN DINDING	4
17	PEKERJAAN PLAFOND	3
18	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA	4
19	PEKERJAAN SANITAIR	3
20	PEKERJAAN FINISHING	4
21	LAIN-LAIN	2
	PEKERJAAN LANTAI 3 (TIGA)	
22	PEKERJAAN LANTAI	3
23	PEKERJAAN DINDING	5
24	PEKERJAAN PLAFOND	4
25	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA	4
26	PEKERJAAN SANITAIR	4
27	PEKERJAAN FINISHING	4
28	LAIN-LAIN	2
29	PEKERJAAN ATAP	4
30	PEKERJAAN HALAMAN	5
	PEKERJAAN PLUMBING	
31	PERALATAN UTAMA	5
32	INSTAL. JARINGAN DISTRIBUSI UTAMA	13
33	INSTAL. PLUMBING LANTAI DASAR	8
34	INSTAL. PLUMBING LANTAI 2 DAN 3	7

3. Daftar Tenaga Kerja Proyek

Tabel 3.2 Daftar Tenaga Kerja Proyek

NO	PEKERJAAN
1	Tenaga/pembantu
2	Tukang Gali
3	Tukang Batu
4	Tukang Kayu
5	Tukang Besi
6	Tukang Cat
7	Tukang Pipa

3.3. Penjadualan Kegiatan Pada Jaringan Kerja

Identifikasi lingkup proyek dilakukan dengan menyusun ulang kegiatan-kegiatan pada time schedule proyek semula. Kegiatan-kegiatan pada time schedule proyek mula-mula (lampiran 1), ditentukan ulang dengan beberapa penyesuaian dan dengan mengurangi beberapa kegiatan. Yaitu mengurangi beberapa kegiatan elektrik dan mekanikal. Nilai bobot pekerjaan setiap kegiatannya akan menjadi berubah. Nilai bobot baru ini dihitung dengan membandingkan jumlah harga setiap kegiatan dengan jumlah total harga proyek yang baru. Selanjutnya yang dipergunakan adalah kegiatan-kegiatan pada lampiran 2. Perhitungan nilai bobot ini diberikan pada lampiran 3.

Adapun kurun waktu (dalam minggu) yang diperlukan tiap kegiatan tetap sesuai dengan kurun waktu semula. Kemudian disusun urutan kegiatan sesuai dengan kaidah-kaidah dasar yang berlaku dan logika ketergantungan. Urutan ini dapat

berbentuk seri dan/atau paralel. Dari penyusunan ulang tersebut didapatkan jaringan kerja yang kemudian dicari jalur kritis dan float masing-masing kegiatan.

3.4 Identifikasi Jalur Kritis dan Float

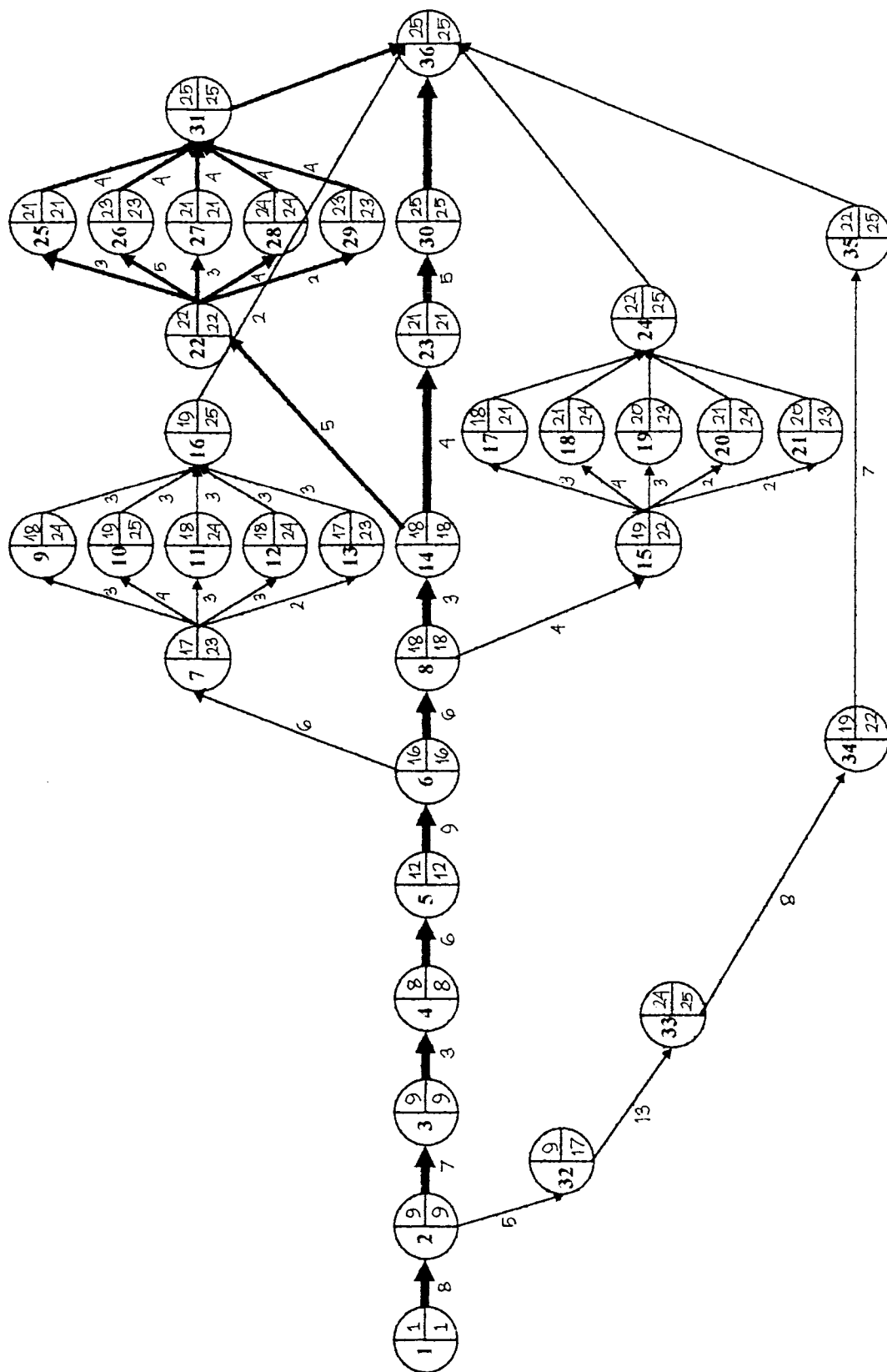
Pada proses identifikasi jalur kritis dan float digunakan perhitungan dengan cara hitungan maju dan hitungan mundur. Dengan hitungan maju akan didapatkan nilai ES dan LS, dan dengan hitungan mundur akan didapatkan nilai EF dan EF. Adapun rumus perhitungan yang dipakai adalah:

1. $ES(j) = EF(i) + FS((i-j), \text{ atau } ES(i) + SS(i-j)$
2. $EF(j) = ES(j) + D(j)$
3. $LF(i) = LS(j) - FS(i-j), \text{ atau } LS(j) - SS(i-j) + D(j)$
4. $LS(i) = LF(i) - D(i)$

Konstrain yang dipergunakan adalah FS (*Finish to Start*) dan SS (*Start to Start*) sesuai dengan hubungan dari masing-masing kegiatan proyek. Nilai FS/SS positif berarti terjadi lag time yaitu adanya waktu senggang antara kegiatan, dan bila negatif berarti terjadi lead time yaitu ada tubrukan (*overlap*) antar kegiatan.

Sedang float (total float) didapatkan dari pengurangan antara EF - ES atau LF - LS. Jika hasil pengurangannya nol, berarti kegiatan-kegiatan itu berada pada jalur kritis dan disebut kegiatan-kegiatan kritis. Hasil perhitungan dari proyek menghasilkan jalur kritis dan float seperti pada gambar jaringan kerja (gambar 3.1) serta dalam bentuk tabel 3.3 berikut ini.





Gambar 3.1 Diagram Jaringan Kerja Proyek

Tabel 3.3 Perhitungan Maju dan Mundur

KEGIATAN		DURASI	KONSTRAN	ES	EF	LS	LF	TF	
i	j	(MINGGU)	(MINGGU)						
NAMA									
1	2	Pek. Persiapan	8		1	9	1	9	0
2	3	Pek. Galian dan Urugan	7	FS - 7	2	9	2	9	0
3	4	Pek. Pondasi	3	FS - 4	5	8	5	8	0
4	5	Lantai 1	6	FS - 2	6	12	6	12	0
5	6	Lantai 2	9	FS - 5	7	16	7	16	0
6	7	Pek. Dinding (lt. dasar)	6	FS - 5	11	17	17	23	6
6	8	Lantai 3	6	FS - 4	12	18	12	18	0
7	9	Pek. Lantai (lt. dasar)	3	FS - 2	15	18	21	24	6
7	10	Pek. Pintu dan Jendela (lt. dasar)	4	FS - 2	15	19	21	25	6
7	11	Pek. Plafond (lt. dasar)	3	FS - 2	15	18	21	24	6
7	12	Pek. Sanitair (lt. dasar)	3	FS - 2	15	18	21	24	6
7	13	Lain-Lain (lt. dasar)	2	FS - 2	15	17	21	23	6
8	14	Pek. Atap	3	FS - 3	15	18	15	18	0
8	15	Pek. Dinding (lt. dua)	4	FS - 3	15	19	18	22	3
9	16	Pek. Finishing-lantai (lt. dasar)	3	FS - 3	15	19	21	25	6
10	16	Pek. Finishing-pintu & jend. (lt. dsr)	3	FS - 4	15	19	21	25	6
11	16	Pek. Finishing-plafond (lt. dasar)	3	FS - 3	15	19	21	25	6
12	16	Pek. Finishing-sanitair (lt. dasar)	3	FS - 3	15	19	21	25	6
13	16	Pek. Finishing-lain-lain (lt. dasar)	3	FS - 2	15	19	21	25	6
14	22	Pek. Dinding (lt. tiga)	5	FS - 1	17	22	17	22	0
14	23	Pek. Atap (arsitek)	4	FS - 1	17	21	17	21	0
15	17	Pek. Lantai (lt. dua)	3	FS - 4	15	18	18	21	3
15	18	Pek. Pintu dan Jendela (lt. dua)	4	FS - 2	17	21	20	24	3
15	19	Pek. Plafond (lt. dua)	3	FS - 2	17	20	20	23	3
15	20	Pek. Sanitair (lt. dua)	3	FS - 1	18	21	21	24	3
15	21	Lain-Lain (lt. dua)	2	FS - 1	18	20	21	23	3
16	32	Selesai			18	18			
17	24	Pek. Finishing-lantai (lt. dua)	4	FS	18	22	21	25	3
18	24	Pek. Finishing-pintu & jend. (lt. dua)	4	FS - 3	18	22	21	25	3
19	24	Pek. Finishing-plafond (lt. dua)	4	FS - 2	18	22	21	25	3
20	24	Pek. Finishing-sanitair (lt. dua)	4	FS - 3	18	22	21	25	3
21	24	Pek. Finishing-lain-lain (lt. dua)	4	FS - 2	18	22	21	25	3
22	25	Pek. Lantai (lt. tiga)	3	FS - 4	18	21	18	21	0
22	26	Pek. Pintu dan Jendela (lt. tiga)	5	FS - 4	18	23	18	23	0
22	27	Pek. Plafond (lt. tiga)	3	FS - 4	18	21	18	21	0
22	28	Pek. Sanitair (lt. tiga)	4	FS - 2	20	24	20	24	0
22	29	Lain-Lain (lt. tiga)	2	FS - 1	21	23	21	23	0
23	30	Pek. Halaman.	5	FS - 1	20	25	20	25	0
24	36	Selesai			22	22			
25	31	Pek. Finishing-lantai (lt. tiga)	4	FS	21	25	21	25	0
26	31	Pek. Finishing-pintu & jend. (lt. tiga)	4	FS - 2	21	25	21	25	0
27	31	Pek. Finishing-plafond (lt. tiga)	4	FS	21	25	21	25	0
28	31	Pek. Finishing-sanitair (lt. tiga)	4	FS - 3	21	25	21	25	0
29	31	Pek. Finishing-lain-lain (lt. tiga)	4	FS - 2	21	25	21	25	0
30	36	Selesai			25	25			
31	36	Selesai			25	25			
2	32	Peralatan Utama	5	FS - 5	4	9	12	17	8
32	33	Instalasi Jaringan Dasar Utama	13	FS + 2	11	24	12	25	1
33	34	Instalasi Plumbing Lantai Dasar	8	SS	11	19	14	22	3
34	35	Instalasi Plumbing Lantai 2 dan 3	7	FS - 4	15	22	18	25	3
35	36	Selesai			22	22			

3.5 Menentukan Jumlah Tenaga Kerja Lapangan

Dalam menentukan jumlah tenaga kerja lapangan diperlukan angka produktivitas tenaga kerja, yang berguna untuk menunjukkan besarnya volume/luas pekerjaan yang dapat diselesaikan sejumlah tenaga kerja terhadap waktu. Produktivitas tenaga kerja yang digunakan disini diperoleh dari pengalaman engineer berdasarkan wawancara. Jumlah tenaga kerja yang didapatkan merupakan jumlah tenaga kerja total setiap pekerjaan per waktu atau durasinya. Jumlah tenaga kerja total setiap pekerjaan yang dibutuhkan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$= \left[\frac{\text{vol. pe ker jaan}}{\text{produktivitas min gguan}} \right] \times \text{jumlah tenaga kerja tiap produktivitas}$$

Selanjutnya durasi yang diperlukan (D) minggu, sehingga jumlah tenaga kerja tiap minggunya adalah:

$$= \frac{\left[\frac{\text{vol. pe ker jaan}}{\text{produktivitas min gguan}} \right]}{D} \times \text{jumlah tenaga kerja tiap produktivitas}$$

Angka produktivitas dan hasil perhitungan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan secara lengkap diberikan pada lampiran 4. Selanjutnya ringkasan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan setiap pekerjaan terdapat pada tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Jumlah Tenaga Kerja Lapangan

NO	URAIAN PEKERJAAN	TENAGA KERJA PERMINGGU	DIBULATKAN
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	11.49	12
B	PEKERJAAN STRUKTUR		
B1	PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH		
I.	PEKERJAAN GALIAN DAN URUGAN	10.00	10
II.	PEKERJAAN PONDASI	6.95	7
B2	PEKERJAAN STRUKTUR ATAS		
I.	LANTAI 1 (SATU)	3.09	4
II.	LANTAI 2 (DUA)	3.66	4
III.	LANTAI 3 (TIGA)	5.4	6
IV.	PEKERJAAN ATAP	34.17	35
C	PEKERJAAN ARSITEKTUR		
C1	PEKERJAAN LANTAI DASAR		
I.	PEKERJAAN LANTAI	19.21	20
II.	PEKERJAAN DINDING	22.66	23
III.	PEKERJAAN PLAFOND	6.32	7
IV.	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA	0.85	1
V.	PEKERJAAN SANITAIR	1.53	2
VI.	PEKERJAAN FINISHING	13.15	14
VII.	PEKERJAAN LAIN-LAIN	0.43	1
C2	PEKERJAAN LANTAI 2 (DUA)		
I.	PEKERJAAN LANTAI	10.21	11
II.	PEKERJAAN DINDING	37.8	38
III.	PEKERJAAN PLAFOND	3.76	4
IV.	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA	1.05	2
V.	PEKERJAAN SANITAIR	1.93	2
VI.	PEKERJAAN FINISHING	21.57	22
VII.	PEKERJAAN LAIN-LAIN	0.35	1
C3	PEKERJAAN LANTAI 3 (TIGA)		
I.	PEKERJAAN LANTAI	11.04	12
II.	PEKERJAAN DINDING	29.62	30
III.	PEKERJAAN PLAFOND	2.81	3
IV.	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA	1.07	2
V.	PEKERJAAN SANITAIR	1.28	2
VI.	PEKERJAAN FINISHING	20.57	21
VII.	PEKERJAAN LAIN-LAIN	0.34	1
C4	PEKERJAAN ATAP	7.24	8
C5	PEKERJAAN HALAMAN	8.83	9
D	PEKERJAAN PLUMBING		
I.	PERALATAN UTAMA	2.13	3
II.	INSTAL. JARINGAN DISTRIBUSI UTAMA	3.06	4
III.	INSTAL. PLUMBING LANTAI DASAR	1.24	2
IV.	INSTAL. PLUMBING LANTAI 2 DAN 3	1.66	2

3.6 Perataan Sumber Daya Manusia

Perataan sumber daya dilakukan dengan mengatur komponen-komponen kegiatan proyek yang berupa tenaga kerja dan waktu, dari suatu jaringan kerja yang sudah diketahui jalur kritis dan floatnya. Komponen kegiatan diatur dengan cara menggeser-geser komponen pada kegiatan non kritis sebatas float yang tersedia dan mengusahakan agar tidak terjadi *fluctuation* yang tajam, dan harus memenuhi persyaratan perataan. Dari perhitungan telah diketahui kegiatan-kegiatan kritis dan non kritis seperti berikut .

Tabel 3.5 Kegiatan-Kegiatan Kritis

NAMA PEKERJAAN	KEGIATAN	KEGIATAN KRITIS		
		DURASI	TENAGA KERJA	ES
		D	R	
Pek. Persiapan	a	8	12	1
Pek. Galian dan Urugan	b	7	10	2
Pek. Pondasi	c	3	7	5
Lantai 1	d	6	4	6
Lantai 2	e	9	4	7
Lantai 3	f	6	6	12
Pek. Atap	g	3	35	15
Pek. Dinding (lt. tiga)	h	5	30	17
Pek. Atap (arsitek)	i	4	8	17
Pek. Lantai (lt. tiga)	j	3	12	18
Pek. Pintu dan Jendela (lt. tiga)	k	5	2	18
Pek. Plafond (lt. tiga)	l	3	3	18
Pek. Sanitair (lt. tiga)	m	4	2	20
Lain-Lain (lt. tiga)	n	2	1	21
Pek. Halaman	o	5	9	20
Pek. Finishing (lt. tiga)	p	4	21	21

Tabel 3.6 Kegiatan-Kegiatan Non Kritis

KEGIATAN NON KRITIS					
NAMA PEKERJAAN	KEGIATAN	DURASI	TENAGA KERJA	ES	FLOAT
	A(j)	D	R		FL
Pek. Dinding (lt. dasar)	1	6	23	11	7
Pek. Lantai (lt. dasar)	2	3	20	15	7
Pek. Pintu dan Jendela (lt. dsr)	3	4	1	15	7
Pek. Plafond (lt. dasar)	4	3	7	15	7
Pek. Sanitair (lt. dasar)	5	3	2	15	7
Lain-Lain (lt. dasar)	6	2	1	15	7
Pek. Finishing (lt. dasar)	7	3	14	15	7
Pek. Dinding (lt. dua)	8	4	38	15	4
Pek. Lantai (lt. dua)	9	3	11	15	4
Pek. Pintu dan Jendela (lt. dua)	10	4	2	17	4
Pek. Plafond (lt. dua)	11	3	4	17	4
Pek. Sanitair (lt. dua)	12	3	2	18	4
Lain-Lain (lt. dua)	13	2	1	18	4
Pek. Finishing (lt. dua)	14	4	22	18	4
Peralatan Utama	15	5	3	4	9
Ins. Jaringan Distribusi Utama	16	13	4	11	2
Inst. Plumbing Lantai Dasar	17	8	2	11	4
Inst. Plumbing Lantai 2 dan 3	18	7	2	15	4

Pada kegiatan non kritis yang akan dipergunakan dalam proses leveling, nilai float

(FL) didapatkan dari rumus $FL(j) = LS(j) - ES(j) + 1$ atau $= TF + 1$

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam proses perataan diberikan dengan menggunakan cara penulisan berikut:

$A(j)$ = kegiatan nonkritis ($j = 1 \dots K$)

$D(j)$ = lamanya dari $A(j)$ (dalam minggu)

$R(j)$ = sumber tenaga kerja yang dibutuhkan $A(j)$ pada masing-masing tanggal (dalam minggu)

$ES(j)$ = tanggal memulai paling awal dari $A(j)$

$EF(j)$ = tanggal selesai paling awal dari $A(j)$

$LS(j)$ = tanggal memulai paling akhir dari $A(j)$

$S(j)$ = tanggal memulai yang direncanakan untuk $A(j)$

$X(j)$ = korelatif tanggal memulai yang direncanakan untuk $A(j)$ antara $ES(j)$ dan $LS(j)$

$FL(j)$ = jumlah minggu antara $ES(j)$ dan $LS(j)$

$L(i)$ = perubahan sumber tenaga kerja yang ditetapkan pada tanggal i karena kegiatan kritis

$Y(i)$ = perubahan sumber tenaga kerja pada tanggal i

$a(i,j)$ = perubahan sumber tenaga kerja $A(j)$ pada tanggal i

K = jumlah kegiatan nonkritis = 18

H = kumpulan semua perubahan sumber tenaga kerja dalam proyek

N = lamanya proyek = 24 minggu

dan $1 \leq j \leq K, 1 \leq i \leq N+1$

Kemudian tanda untuk kebutuhan akan sumber tenaga kerja disusun menjadi tabel, dan dihitung jumlah kuadrat perubahan sumber tenaga kerjanya. Pilih perataan optimum, yaitu rancangan dengan harga terendah untuk persamaan

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

dari semua kombinasi yang

mungkin dari awal kegiatan.

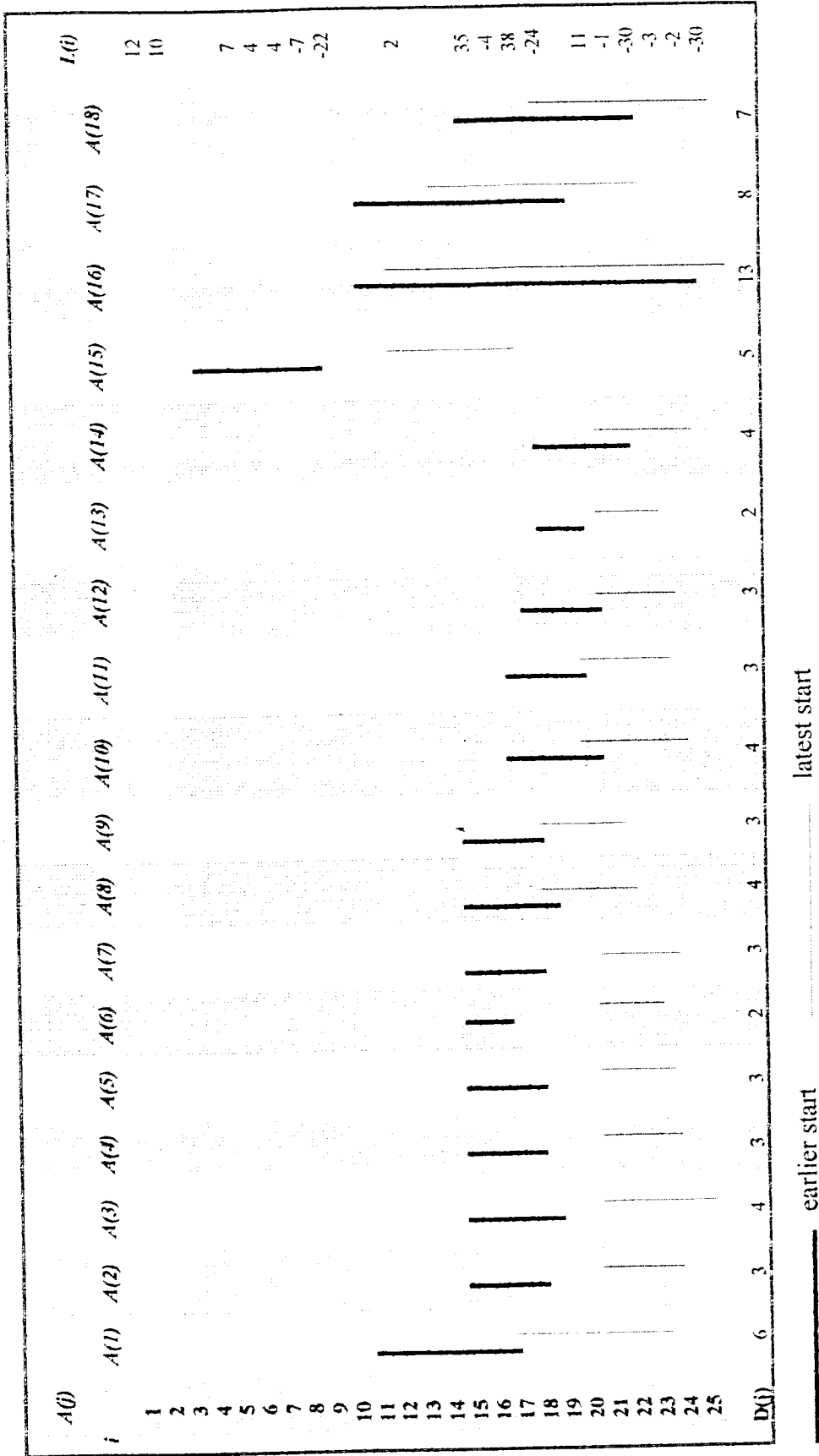
Proses penyusunan perataan kegiatan dapat dijelaskan sebagai berikut:

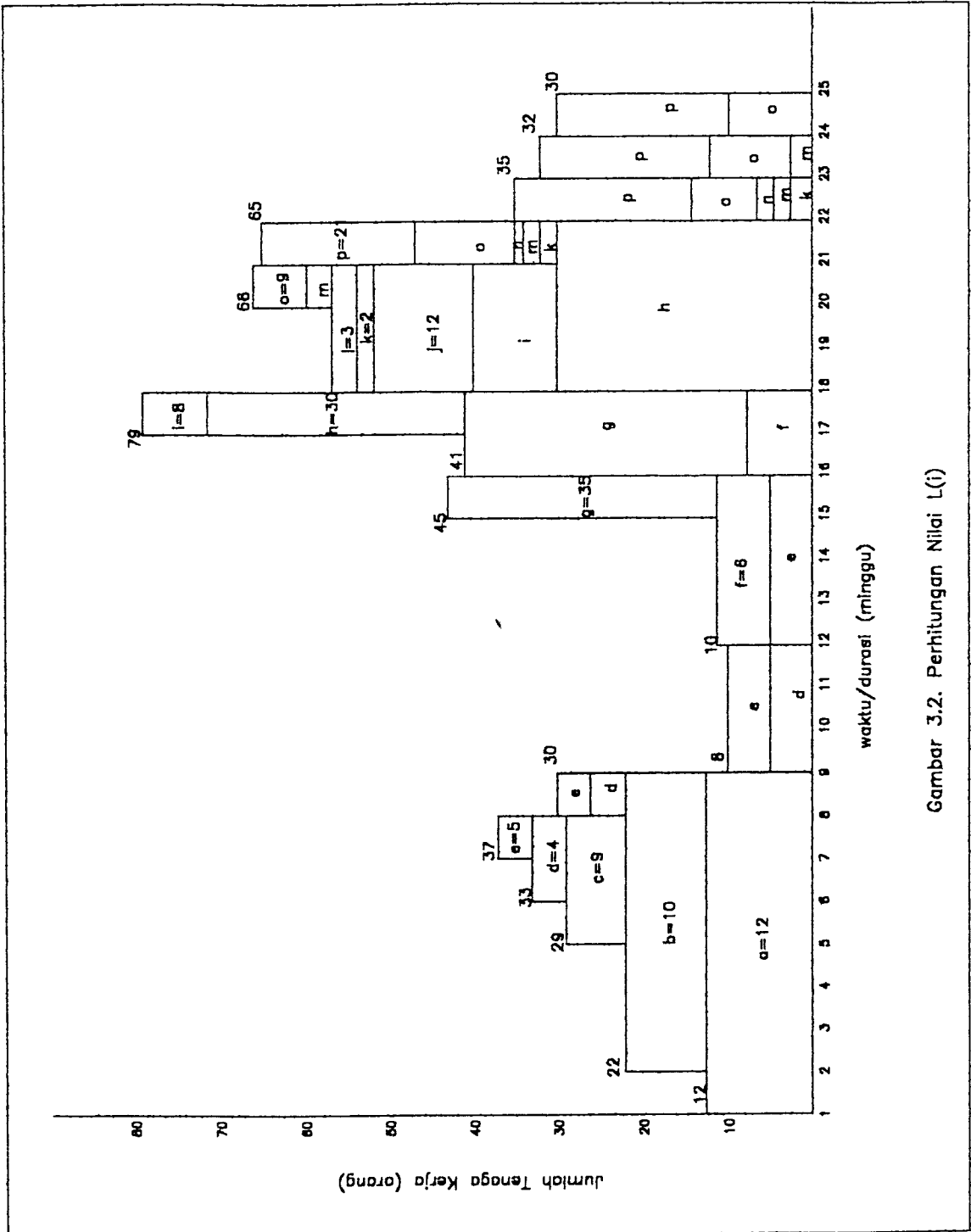
1. Bagan Balok Jaringan Kerja Non Kritis.

Tabel 3.7 adalah bagan balok dari jaringan kerja kegiatan non kritis yang akan dilakukan perataan. $A(j)$ adalah kegiatan non kritis ($j= 1...18$), i adalah tanggal dalam minggu pelaksanaan proyek, sedang $D(j)$ adalah lamanya dari $A(j)$. Garis lurus menunjukkan kegiatan dengan earlier start (ES), dan garis putus-putus menunjukkan latest start (LS) pada kegiatan yang sama. Kegiatan hanya dapat dimulai antara ES dan LS masing-masing. $L(i)$ adalah perubahan sumber tenaga kerja yang ditetapkan pada tanggal i karena kegiatan kritis, diperlihatkan pada gambar 3.2. Nilai $L(i)$ tetap pada tiap leveling karena merupakan kegiatan kritis.

Contoh perhitungan nilai $L(i)$ ini dapat diberikan pada gambar 3.2 sebagai berikut. Pada $i=1$ terjadi kegiatan a dengan jumlah sumber tenaga kerja 12 sehingga perubahannya adalah 12. Pada $i=2$ terdapat kegiatan b dengan jumlah sumber tenaga kerja 10, juga terdapat kegiatan a, sehingga perubahannya adalah sumber tenaga kerja $(a+b)-a = (12+10)-12 = 10$. Pada $i=3$ dan $i=4$ tidak terjadi perubahan sehingga $L(i)$ tidak mempunyai nilai. Artinya nilai perubahan dapat dihitung dari jumlah seluruh sumber tenaga kerja pada tanggal tersebut (i) dikurangi jumlah seluruh sumber tenaga kerja pada tanggal berikutnya ($i+1$). Demikian bila terjadi perubahan kenaikan atau penurunan harus diperhitungkan.

Tabel 3.7 Bagan Balok Kegiatan Non Kritis





Gambar 3.2. Perhitungan Nilai L(i)

2. Penyusunan Sebelum Perataan

Tabel 3.8 merupakan tanda perubahan sumber tenaga kerja yang telah disusun menjadi tabel sebelum dilakukan perataan (*leveling*). $A(j)$, i , $D(j)$, $L(i)$ sama dengan keterangan sebelumnya, sedang $R(j)$ adalah sumber tenaga kerja yang dibutuhkan $A(j)$ pada masing-masing tanggal (minggu).

$R(j)$ mempunyai nilai positif pada awalnya dan negatif pada bagian akhir. Dimaksudkan untuk menunjukkan bahwa bernilai positif karena merupakan perubahan dari sumber tenaga kerja pada setiap tanggal. Dan bernilai negatif karena merupakan pengurang (selisih) dari sumber tenaga kerja pada tanggal berikutnya, sebab yang dicari adalah perubahannya. Contoh penjelasan dari nilai negatif ini misalnya sebagai berikut. Pada tabel 3.8 kegiatan $A(1)$ mempunyai nilai R negatif pada bagian akhir, yaitu pada minggu ke 17 sebesar -23. Terlihat pula bahwa pada minggu 17 terdapat awal dari kegiatan $A(10)$ dan $A(11)$, sehingga perubahannya adalah jumlah sumber tenaga kegiatan $A(10)$ dan $A(11)$ dikurangi 23, juga dikurangi 1. Karena pada tanggal ini juga terdapat nilai -1 yang merupakan bagian akhir kegiatan $A(6)$. Bila R kegiatan-kegiatan tidak terdapat pada bagian awal atau akhir, maka tidak diperhitungkan, karena berarti tidak ada perubahan (nilainya tetap).

$Y(i)$ adalah perubahan sumber tenaga kerja pada tanggal i dan $Y(i)^2$ adalah nilai kuadrat dari perubahan sumber tenaga kerja pada tanggal i . Sedang Z , jumlah kuadrat perubahan sumber tenaga kerja dari awal sampai akhir kegiatan. Nilai Z terendah inilah yang dicari, dan merupakan penyelesaian yang paling optimum.

Tabel 3.8 Leveling 1 (Sebelum Perataan)

A(i) i	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(i)	Y(i)	Y(i)2
1																			12	12	144
2																			10	10	100
3																				0	0
4															3				7	7	49
5																			4	4	16
6																			4	4	16
7																			-7	-10	100
8															-3				-22	-22	484
9																			0	0	0
10																			29	29	841
11	23																2		2	2	4
12																			0	0	0
13																			0	0	0
14																			35	131	17161
15		20	1	7	2	1	14	38	11									2	-4	-4	16
16										2	4								38	20	400
17	-23	-20		-7	-2	-1	-14	-38	-11										-24	-53	2809
18												2	1	22					-2	-41	1681
19																			11	6	36
20																			-1	-5	25
21																			-30	-54	2916
22																			-3	-3	9
23																			-2	-6	36
24																			-30	-30	900
25																					
R(i)	23	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	3	4	2	2			Z=
D(j)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	4	5	13	8	7			27752

3. Setelah Perataan (leveling).

Proses leveling dilakukan dengan jalan menggeser-geser waktu mulai kegiatan non kritis sebatas ES dan LS masing-masing. Dari proses leveling yang dilakukan, didapatkan nilai optimum jadual tenaga kerja proyek pada leveling ke 46, dimana nilai Z minimum. Hal ini diperlihatkan pada tabel 3.9.

Dari tabel 3.9 didapatkan nilai Z minimal, tetapi belum memenuhi persyaratan karena masih terlihat adanya lembah (keluar masuknya tenaga kerja). Hal ini tampak dari adanya nilai $Y(i)$ negatif pada saat distribusi naik, yaitu nilai negatif pada $Y(8)$ dan $Y(9)$. Selanjutnya karena pada leveling ke 46 ini belum memenuhi persyaratan perataan, dilakukan leveling kembali sehingga didapatkan nilai optimum yang memenuhi syarat pada leveling ke 63 seperti diperlihatkan pada tabel 3.10.

Tabel 3.8 Leveling I (Sebelum Perataan)

A(i) i	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(i)	Y(i)	Y(i)2
1																			12	12	144
2																			10	10	100
3																				0	0
4															3				7	7	49
5																			4	4	16
6																			4	4	16
7																			-7	-10	100
8															-3				-22	-22	484
9																			0	0	0
10																			29	29	841
11	23																		2	2	4
12																			0	0	0
13																			0	0	0
14																			35	131	17161
15		20	1	7	2	1	14	38	11									2	-4	-4	16
16										2	4								38	20	400
17	-23																		-24	-53	2809
18		-20		-7	-2	-1	-14	-38	-11			2	1	22					-2	-41	1681
19																			11	6	36
20																			-1	-5	25
21																			-30	-54	2916
22																			-3	-3	9
23																			-2	-6	36
24																			-30	-30	900
25																					
R(i)	23	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	3	4	2	2			Z=
D(j)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	4	5	13	8	7			27752

3. Setelah Perataan (leveling).

Proses leveling dilakukan dengan jalan menggeser-geser waktu mulai kegiatan non kritis sebatas ES dan LS masing-masing. Dari proses leveling yang dilakukan, didapatkan nilai optimum jadual tenaga kerja proyek pada leveling ke 46, dimana nilai Z minimum. Hal ini diperlihatkan pada tabel 3.9.

Dari tabel 3.9 didapatkan nilai Z minimal, tetapi belum memenuhi persyaratan karena masih terlihat adanya lembah (keluar masuknya tenaga kerja). Hal ini tampak dari adanya nilai $Y(i)$ negatif pada saat distribusi naik, yaitu nilai negatif pada $Y(8)$ dan $Y(9)$. Selanjutnya karena pada leveling ke 46 ini belum memenuhi persyaratan perataan, dilakukan leveling kembali sehingga didapatkan nilai optimum yang memenuhi syarat pada leveling ke 63 seperti diperlihatkan pada tabel 3.10.

Tabel 3.10 Leveling 63

A(i)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(i)	Y(i)	Y(i)2
1																			12	12	144
2																			10	10	100
3																				0	0
4																				0	0
5																			7	7	49
6																			4	4	16
7																			4	4	16
8															3	4			-7	0	0
9	23																		-22	1	1
10																				0	0
11																				0	0
12																			2	1	1
13															-3					0	0
14																				0	0
15	-23			7		1		38											35	20	400
16																			-4	34	1156
17						-1													38	37	1369
18				-7					11										-24	2	4
19										2										2	4
20											4								11	1	1
21												2							-1	-20	400
22													1						-30	-30	900
23																			-3	-14	196
24																			-2	-38	1444
25																			-30	-33	1089
R(i)	23	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	3	4	2	2			Z=
D(j)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	4	5	13	8	7			7290

Pada tabel 3.10 perataan dapat dikatakan sudah optimum karena didapatkan nilai Z yang minimal dan sudah memenuhi syarat, yaitu distribusi tenaga kerjanya berangsur-angsur naik sampai puncak dan kemudian berangsur-angsur turun sampai habis. Juga tidak terlihat adanya lembah. Tampak pada tabel 3.10 $Y(i)$ awalnya bernilai positif yang berarti distribusi tenaga kerjanya mengalami kenaikan, sampai pada suatu puncak, dan kemudian baru bernilai negatif yang berarti distribusinya tenaga kerjanya menurun.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Umum

Dalam rangka untuk meningkatkan efisiensi pemakaian sumber tenaga kerja, diperlukan suatu metode yang mampu mengoptimalkan pemakaiannya pada jadwal tenaga kerja proyek. Metode CPM dapat membantu mengatasi masalah tersebut, yang dikenal sebagai perataan sumber daya atau *resource leveling*.

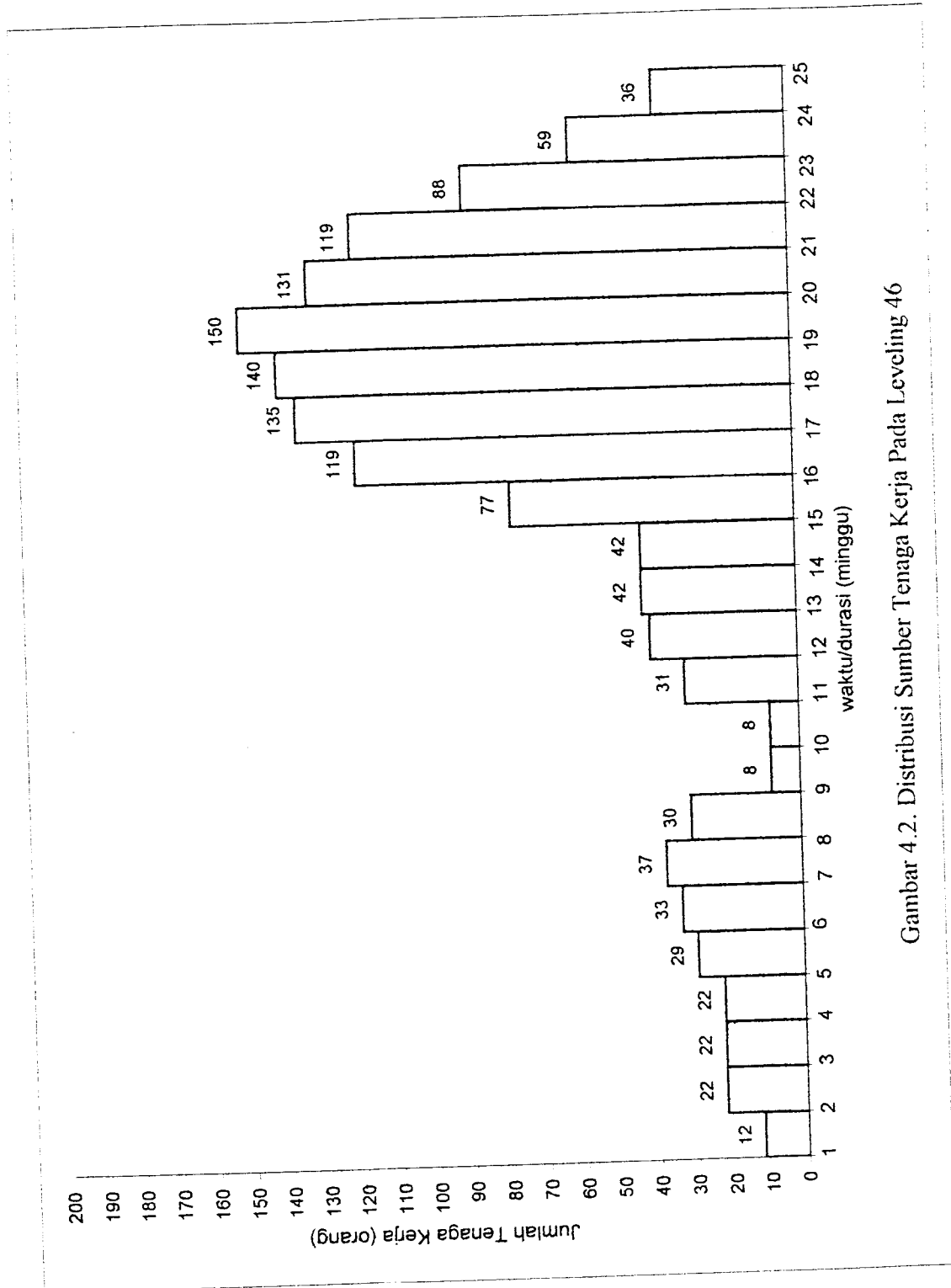
Perataan sumber tenaga kerja dilakukan dengan mengatur komponen-komponen kegiatan proyek yang berupa tenaga kerja (jumlah total per durasi tiap kegiatan) dan waktu (ES), dari suatu jaringan kerja yang sudah diketahui jalur kritis dan floatnya. Dengan cara menggeser-geser komponen pada kegiatan non kritis sebatas float (FL) yang tersedia dan mengusahakan agar tidak terjadi *fluctuation* yang tajam. *Fluctuation* yang tajam menunjukkan bahwa pendayagunaan tenaga kerja yang tidak efektif dan efisien.

Perencanaan yang dicari adalah perataan tenaga kerja yang optimal, yaitu proses leveling menghasilkan nilai minimal, dan memenuhi persyaratan perataan. Artinya perbedaan perubahan sumber tenaga kerja relatif sudah tidak dapat diperkecil lagi, sedangkan distribusi tenaga kerjanya menunjukkan perubahan yang berangsur-angsur naik sampai pada suatu puncak, kemudian berangsur-angsur pula turun sampai habis. Dilakukan dengan cara memperkecil jumlah kuadrat perubahan sumber tenaga

kerja pada tiap-tiap minggunya. Proses leveling ini dilakukan berulang-ulang sampai didapatkan nilai yang optimum yang memenuhi syarat perataan.

4.2 Perataan Sumber Tenaga Kerja

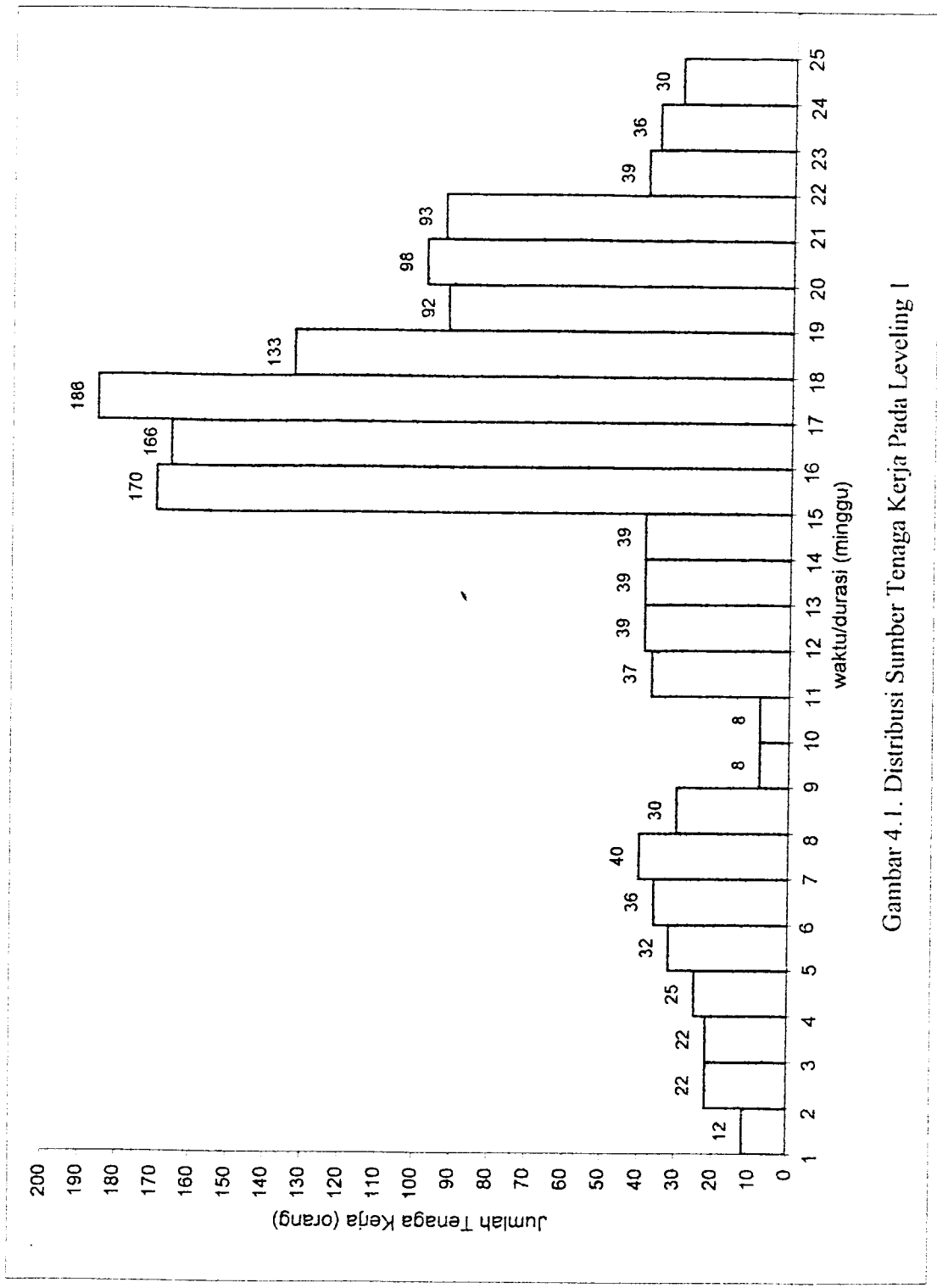
Pada proses leveling yang telah dilakukan didapatkan hasil terendah pada leveling 46 dimana menghasilkan nilai $Z = 8974$. Nilai ini sudah minimal, yaitu apabila dilakukan perubahan dengan menggeser-geser ES sebatas floatnya, sudah tidak dapat menghasilkan nilai Z yang lebih kecil lagi. Selanjutnya diberikan gambar distribusi sumber tenaga kerja proyek, pada kegiatan-kegiatan sebelum dilakukan leveling (gambar 4.1) dan setelah leveling (gambar 4.2).



Gambar 4.2. Distribusi Sumber Tenaga Kerja Pada Leveling 46



130
120



Gambar 4.1.1. Distribusi Sumber Tenaga Kerja Pada Leveling I

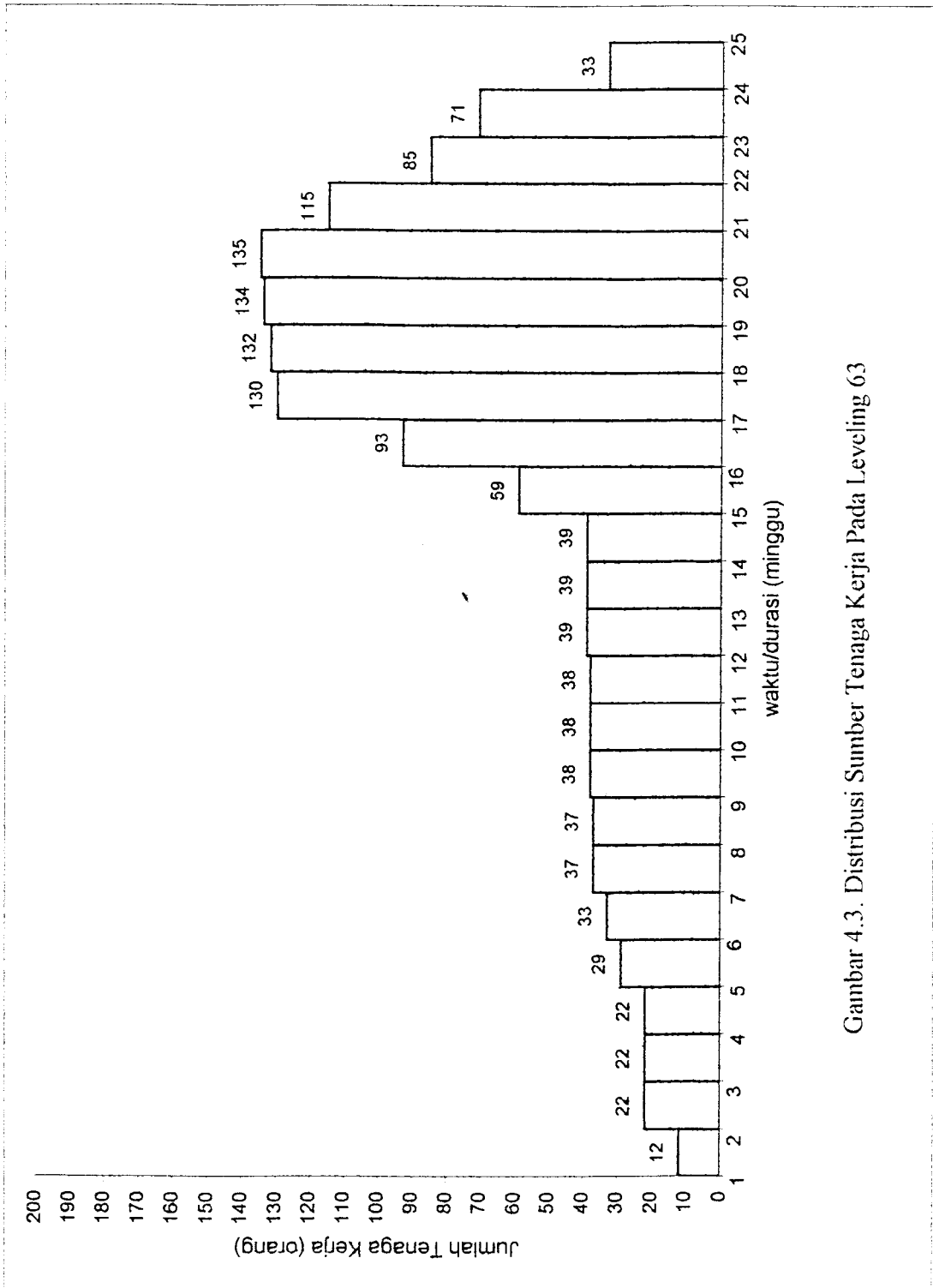
Pada distribusi sumber tenaga kerja sebelum leveling, tampak *fluctuation* tenaga kerja yang tajam. Setelah dilakukan proses leveling, pada leveling ke 46 *fluctuation* berkurang dengan distribusi yang relatif lebih rata dibanding sebelum leveling. Namun masih terlihat adanya lembah pada saat terjadinya kenaikan distribusi, yaitu pada minggu ke 9 sampai minggu ke 11. Disebabkan oleh keterbatasan dari kegiatan-kegiatan proyek itu sendiri. Hal itu menyebabkan proses leveling tidak dapat dikatakan berhasil, karena masih belum memenuhi persyaratan bagi suatu perataan yang optimum.

Oleh karena itu dilakukan leveling kembali, dengan terlebih dahulu merubah ES beberapa kegiatan dari time schedule rencana. Perencanaan ulang ES ini harus dilakukan, dimaksudkan untuk membantu mengurangi keterbatasan kegiatan-kegiatan. ES dari kegiatan-kegiatan A(1), A(15) dan A(16) dirubah. Direncanakan seperti ditunjukkan pada leveling ke 47 yaitu, ES kegiatan A(1) pada minggu ke 9, serta ES kegiatan A(15) dan A(16) pada minggu ke 8. Dan kemudian dilakukan kembali proses leveling.

Pada leveling 61 didapatkan nilai Z yang cukup kecil, namun terlihat pula masih adanya lembah. Sehingga pada leveling selanjutnya diusahakan untuk menghilangkan lembah tersebut, dengan melakukan leveling secara lebih acak.

Pada leveling 63 didapatkan nilai Z yang terendah, yaitu $Z = 7290$. Nilai Z ini sudah tidak dapat diperkecil lagi, dalam arti bila ES masing-masing kegiatan tetap sesuai pada perencanaan terakhir. Distribusi perataannya pun relatif lebih rata dan sudah memenuhi persyaratan, yaitu berangsur-angsur naik sampai pada suatu puncak,

kemudian berangsur-angsur turun sampai akhir tanpa adanya lembah-lembah. Dapat dikatakan bahwa pada leveling 63 ini merupakan perataan yang optimum. Selanjutnya diberikan gambar distribusi perataannya (gambar 4.3) beserta jadual perataan optimum yang berupa tabel (tabel 4.1).



Gambar 4.3. Distribusi Sumber Tenaga Kerja Pada Leveling 63

Tabel 4.1 Perencanaan Jadwal Optimum Tenaga Kerja

Kegiatan A(j)	Durasi (minggu)	Tenaga Kerja (R)	Semula (ES)	Float (FL)	Tanggal Rencana S(j)
A(1)	6	23	11	7	9
A(2)	3	20	15	7	18
A(3)	4	1	15	7	21
A(4)	3	7	15	7	15
A(5)	3	2	15	7	20
A(6)	2	1	15	7	15
A(7)	3	14	15	7	21
A(8)	4	38	15	4	16
A(9)	3	11	15	4	18
A(10)	4	2	17	4	19
A(11)	3	4	17	4	20
A(12)	3	2	18	4	20
A(13)	2	1	18	4	21
A(14)	4	22	18	4	20
A(15)	5	3	4	9	8
A(16)	13	4	11	2	8
A(17)	8	2	11	4	12
A(18)	7	2	5	4	18

Tabel 4.1 merupakan hasil akhir dari proses leveling tenaga kerja proyek, yang merupakan rencana jadwal tenaga kerja proyek yang optimum. Dari proses leveling yang telah dilakukan diperoleh waktu mulai (ES) semula kegiatan-kegiatan non kritis berubah menjadi sesuai tanggal rencana S(j) seperti pada tabel di atas. Tampak pada tabel tersebut, kegiatan A(1) mempunyai durasi = 6 minggu, jumlah tenaga kerja (R) = 23 orang, float = 7 dan ES awal sebelum dilakukan leveling pada minggu ke 11. Sedang pada perencanaan jadwal yang optimum, ES kegiatan menjadi berubah sesuai tanggal rencana S(1) yaitu pada minggu ke 9. Demikian pula dengan

kegiatan kritis lainnya seperti pada tabel 4.1, ES kegiatan-kegiatan kritis berubah sesuai dengan $S(j)$ yang didapatkan pada proses leveling optimum.

Proses leveling ini diberikan dalam bentuk tabel pada lampiran 5, yang diperlihatkan tidak keseluruhan melainkan diambil beberapa yang cukup dapat mewakili. Yaitu pada leveling 1-5, 46-50 dan 59-63.

Selanjutnya dari perencanaan jadual tenaga kerja optimum ini, dibuat dalam bentuk time schedule (lampiran 6), yang membedakan kegiatan-kegiatan kritis dan non kritis dengan menggunakan balok yang berbeda pada bagan baloknya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisis yang telah dilakukan terhadap perencanaan tenaga kerja proyek dengan menerapkan metode leveling maka dapat diambil beberapa kesimpulan.

1. Perencanaan jadwal tenaga kerja memerlukan data dari RAB dan time schedule proyek untuk mengetahui jalur kritis dan floatnya, serta nilai produktivitas tenaga kerja untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan.
2. Proses perataan (*leveling*) dilakukan dengan menggeser-geser ES (earlier start) kegiatan-kegiatan non kritis sebatas floatnya, sehingga didapatkan jumlah nilai perubahan tenaga kerja proyek yang minimal.
3. Pada proses leveling dimungkinkan adanya perubahan ES dengan memajukannya dari tanggal semula asalkan urutan dan waktu kegiatannya masih dapat diterima, juga dimungkinkan adanya leveling yang dilakukan secara lebih acak.
4. Perencanaan jadwal tenaga kerja proyek yang optimum, harus tidak ada *fluctuation* yang tajam pada distribusi tenaga kerjanya.
5. Persyaratan bagi suatu perataan optimum adalah distribusi tenaga kerja relatif minimal perubahannya dan sedikit demi sedikit naik sampai pada suatu puncak, kemudian sedikit demi sedikit turun sampai akhir.

6. Pada studi kasus proyek yang dianalisa, sebelum dilakukan leveling distribusi tenaga kerjanya ber *fluctuation* tajam. Pada leveling ke 46 nilai perubahan tenaga kerjanya minimal, namun belum memenuhi syarat karena masih adanya lembah. Selanjutnya dilakukan leveling dengan cara memajukan letak ES beberapa kegiatan dan dengan melakukan leveling secara lebih acak. Pada leveling ke 63 didapatkan perubahan tenaga kerja yang minimal dan memenuhi syarat, sehingga diperoleh perencanaan tenaga kerja yang optimum.

5.2 Saran

Berikut ini diberikan saran-saran yang dianggap perlu oleh penulis.

1. Perlu penentuan yang baku/standar nilai produktifitas tenaga kerja setiap kegiatan/item pekerjaan proyek di setiap daerah/nasional.
2. Proses leveling dapat diterapkan pada proyek yang lebih besar atau multi proyek, juga dapat dilakukan pada sumber daya yang lain dengan merubah satuan kuantitasnya.
3. Leveling dapat dilakukan menggunakan metode lain seperti *heuristic algorithm methode*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hira. N Ahuja, 1976, **CONSTRUCTION MANAGEMENT AND ENGINEERING, CONSTRUCTION PERFORMANCE CONTROL BY NETWORKS**, John Willey & Sons, Canada.
2. Hira. N Ahuja, 1984, **PROJECT MANAGEMENT, TECHNIQUES IN PLANNING AND CONTROLLING CONSTRUCTION PROJECT**, John Willey & Sons, Canada.
3. Meredith. Jack R - Mantel JR. Samuel J, 1989. **PROJECT MANAGEMENT, A MANAJERIAL APPROACH**, Second edition, John Willey & Sons, Canada.
4. Imam Soeharto, 1995, **MANAJEMEN PROYEK DARI KONSEPTUAL SAMPAI OPERASIONAL**, Erlangga, Jakarta.
5. Lock. Dennis - Jasjfi. E, 1984, **MANAJEMEN PROYEK**, Erlangga, Jakarta.
6. Barrie. Donald S, Paulson. Boyd C, dan Sudinarto, 1987, **MANAJEMEN KONSTRUKSI PROFESIONAL**, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
7. Tim Penyusun, Modul Kuliah: **MANAJEMEN KONSTRUKSI** Strata 1, Jurusan Teknik Sipil UII, Yogyakarta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

LAMPIRAN 3

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (Rp.)	BOBOT AWAL	BOBOT BARU
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	12,270,000.00	1.686	1.999
B	PEKERJAAN STRUKTUR			
B1	PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH			
I.	PEKERJAAN GALIAN DAN URUGAN	8,303,455.96	1.141	1.353
II	PEKERJAAN PONDASI	23,330,403.86	3.206	3.802
B2	PEKERJAAN STRUKTUR ATAS			
I.	LANTAI 1 (SATU)	58,316,165.83	8.012	9.503
II.	LANTAI 2 (DUA)	84,952,450.64	11.672	13.843
III.	LANTAI 3 (TIGA)	69,829,914.71	9.954	11.379
IV.	PEKERJAAN ATAP	39,683,170.70	5.452	6.467
C	PEKERJAAN ARSITEKTUR			
C1.	PEKERJAAN LANTAI DASAR			
I.	PEKERJAAN LANTAI	19,920,996.34	2.737	3.246
II.	PEKERJAAN DINDING	11,548,641.84	1.587	1.882
III.	PEKERJAAN PLAFOND	17,377,003.90	2.367	2.832
IV.	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA	20,866,635.00	2.866	3.400
V.	PEKERJAAN SANITAIR	4,537,200.00	0.623	0.739
VI.	PEKERJAAN FINISHING	4,456,000.00	0.612	0.726
VII.	LAIN-LAIN	510,000.00	0.070	0.083
C2.	PEKERJAAN LANTAI 2 (DUA)			
I.	PEKERJAAN LANTAI	18,925,588.60	2.325	2.758
II.	PEKERJAAN DINDING	18,874,418.02	2.593	3.076
III.	PEKERJAAN PLAFOND	12,512,445.00	1.719	2.039
IV.	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA	19,585,605.00	2.691	3.192
V.	PEKERJAAN SANITAIR	4,400,500.00	0.605	0.717
			0.605	0.717
VI.	PEKERJAAN FINISHING	8,891,068.79	1.222	1.449
VII.	LAIN-LAIN	385,000.00	0.053	0.063
C3.	PEKERJAAN LANTAI 3 (TIGA)		0.053	0.063
I.	PEKERJAAN LANTAI	15,340,834.25	2.108	2.500
II.	PEKERJAAN DINDING	18,908,222.80	2.598	3.081
III.	PEKERJAAN PLAFOND	12,481,413.70	1.715	2.034
IV.	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA	20,582,045.00	2.827	3.354
V.	PEKERJAAN SANITAIR	4,400,500.00	0.605	0.717
VI.	PEKERJAAN FINISHING	8,595,068.79	1.181	1.401
VII.	LAIN-LAIN	220,000.00	0.030	0.036
C4.	PEKERJAAN ATAP	27,516,946.28	3.781	4.484
C5.	PEKERJAAN HALAMAN	10,273,094.08	1.412	1.674
D	PEKERJAAN PLUMBING			
I.	PERALATAN UTAMA	12,708,000.00	1.746	2.071
II.	INSTAL. JARINGAN DISTRIBUSI UTAMA	17,974,525.00	2.469	2.929
III.	INSTAL. PLUMBING LANTAI DASAR	3,187,525.00	0.438	0.519
IV.	INSTAL. PLUMBING LANTAI 2 DAN 3	3,998,400.00	0.548	0.652
	JUMLAH TOTAL HARGA BARU =	613,683,438.89		
	JUMLAH TOTAL HARGA AWAL =	678,287,838.89		

LAMPIRAN 4

NO	URAIAN PEKERJAAN	SATUAN	PRODUKTIVITAS		KUALIFIKASI TENAGA KERJA	JUMLAH TNG KERJA	VOLUME PEKERJAAN	TNG KERJA TOTAL
			HARIAN	MINGGUAN				
A PEKERJAAN PERSIAPAN								
1	Pembongkaran bangunan senat	ls				60	1	60.00
2	Gudang material 4 x 12	m2	6	36	1	2	48	4.00
3	Direksi keet	m2	5	30	1	2	36	3.60
4	Air kerja (jet pump 250 W)	ls			1	2	1	1.00
5	Penerangan kerja	ls			1		1	1.00
6	Pagar pengaman seng rangka kayu	m'	12	72	1	1	140	3.89
7	Mobilisasi dan demobilisasi peralatan	ls				20	1	20.00
							JUMLAH TOTAL	93.49
B PEKERJAAN STRUKTUR								
B1 PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH								
I. PEKERJAAN GALIAN DAN URUGAN								
1	Pengukuran site	m2	200	1200	2	1	3	1.17
2	Pemasangan bouwplank	m'	20	120	1	1	2	2.10
3	Galian tanah pondasi dan beam	m3	3	18		1	594.3	33.02
4	Urugan pasir bawah pondasi dan beam	m3	4	24		1	65.58	2.73
5	Urugan tanah kembali dan pematatan	m3	7	42		2	514.81	24.51
6	Urugan tanah penyesuaian peil (padat)	m3	9	54		2	169.64	6.28
7	Treatment anti rayap	m2	400	2400		1	448	0.19
							JUMLAH TOTAL	70.00
II PEKERJAAN PONDASI								
1	Lantai kerja tebal 5 cm	m2	18	108	1	2	3	6.56
2	Pondasi beton plat jalur type P1	m3	3	18	1	3	40.26	8.95
3	Pondasi beton plat jalur type P2	m3	3	18	1	3	7.52	1.67
4	Pondasi beton plat setempat type P3	m3	3	18	1	3	7.5	1.67
5	Aanstamping batu kali	m3	4	24	1	2	4.7	0.59
6	Pasangan pondasi batu kali 1:4	m3	3.5	21	1	2	10	1.43
							JUMLAH TOTAL	20.86
B2 PEKERJAAN STRUKTUR ATAS								
I. LANTAI 1 (SATU)								

1	Urugan pasir bawah lantai	m3	3	18					1	1	20.67	1.15
2	Lantai kerja tebal 5 cm di bawah sloof	m2	16	96	1				3	4	31.50	1.31
3	Beton sloof type SL 1 (30x60)	m3	3	18	1				3	4	7.74	1.72
4	Beton sloof type SL 2 (20x40)	m3	3	18	1				3	4	6.42	1.43
5	Beton sloof praktis (15x20)	m3	3	18	1				3	4	1.17	0.26
6	Beton kolom type K1	m3	3	18	1				3	4	15.62	3.47
7	Beton kolom type K2	m3	3	18	1				3	4	3.91	0.87
8	Beton kolom type K3	m3	3	18	1				3	4	5.50	1.22
9	Beton plat lantai tebal 12 cm	m3	3	18	1				3	4	56.35	12.52
10	Beton pondasi tangga	m3	3	18	1				3	4	0.84	0.19
11	Beton tangga	m3	3	18	1				3	4	2.52	0.56
											JUMLAH TOTAL	24.70
II. LANTAI 2 (DUA)												
1	Beton balok type A (35x90)	m3	3	18	1				3	4	28.98	6.44
2	Beton balok type B (35x60)	m3	3	18	1				3	4	4.28	0.95
3	Beton balok type C (25x40)	m3	3	18	1				3	4	16.2	3.60
4	Beton balok type D (20x30)	m3	3	18	1				3	4	1.06	0.24
5	Beton kolom type K1	m3	3	18	1				3	4	10.64	2.36
6	Beton kolom type K2	m3	3	18	1				3	4	2.66	0.59
7	Beton kolom type K3	m3	3	18	1				3	4	3.72	0.83
8	Beton plat lantai tebal 12 cm	m3	3	18	1				3	4	52.38	11.64
9	Beton tangga	m3	3	18	1				3	4	3	0.67
10	Beton listplank	m3	3	18	1				3	4	17.4	3.87
11	Beton balok listplak dan cantilever	m3	3	18	1				3	4	7.78	1.73
											JUMLAH TOTAL	32.91
III. LANTAI 3 (TIGA)												
1	Beton balok type A (35x90)	m3	2.5	15	1				3	4	29.61	7.90
2	Beton balok type B (35x60)	m3	2.5	15	1				3	4	3.57	0.95
3	Beton balok type C (25x40)	m3	2.5	15	1				3	4	16.28	4.34
4	Beton balok type D (20x30)	m3	2.5	15	1				3	4	1.06	0.28
5	Beton kolom type K2	m3	2.5	15	1				3	4	2.66	0.71
6	Beton kolom type K3	m3	2.5	15	1				3	4	1.86	0.50

7	Beton kolom type K4	m3	2.5	15	1	3	4	9.31	2.48
8	Beton plat lantai tebal 12 cm	m3	2.5	15	1	3	4	40.86	10.90
9	Beton listplank	m3	2.5	15	1	3	4	13.28	3.54
10	Beton balok listplak dan cantilever	m3	2.5	15	1	3	4	3.1	0.83
								JUMLAH TOTAL	32.42
IV. PEKERJAAN ATAP									
a. Beton									
1	Beton ringbalok (20x30)	m3	10	60	2	3	5	4.68	0.39
2	Beton balok atap (25x40)	m3	10	60	2	3	5	4.37	0.36
3	Beton plat atap	m3	10	60	2	3	5	7.12	0.59
4	Beton listplank	m3	10	60	2	3	5	1.89	0.16
b. Konstruksi Baja									
1	Kuda-kuda siku 50.50.5	kg	85	510	2	3	5	2420.9	23.73
2	Kuda-kuda siku 60.60.6	kg	85	510	2	3	5	3212.8	31.50
3	Kuda-kuda siku 70.70.7	kg	85	510	2	3	5	945.4	9.27
4	Plat simpul tebal 10 mm	kg	85	510	2	3	5	2940	28.82
5	Gording C 150.65.3.2	kg	85	510	2	3	5	100	0.98
6	Angkur/baut d. 19 mm	bh	50	300	2	1	3	96	0.96
7	Baut overstek d. 12 mm	bh	50	300	2	1	3	48	0.48
8	Baut sekrup d. 12 mm	kg	50	300	2	3	5	30	0.50
9	Trekstang d. 12 mm	kg	50	300	1		1	335.8	1.12
10	Ikatan angin d. 16 mm panjang 9 mm	bh	30	180	2	3	5	8	0.22
11	Rangka listplank siku 50.50.5	kg	400	2400	2	3	5	1640	3.42
								JUMLAH TOTAL	102.51
C. PEKERJAAN ARSITEKTUR									
C1. PEKERJAAN LANTAI DASAR									
1. PEKERJAAN LANTAI									
1	Rollag bt utk trap lantai dan selasar luar	m'	50	300	2	3	5	114	1.90
2	Rollag bt utk trap tangga selasar	m'	50	300	2	3	5	24	0.40
3	Lantai keramik 30x30 cm	m2	15	90	2	3	5	32.8	1.82
4	Lantai keramik 20x20 cm	m2	15	90	2	3	5	116	6.44
5	Keramik tangga + amb sipp	m2	10	60	1	1	2	16.17	0.54

6	Cor rabat lantai tebal 8 cm	m ²	25	150	3	2	5	484,64	16,15
7	Plester dan aci lantai	m ²	12	72	2	3	5	329	22,85
8	Plin kayu	m'	30	180	2	2	4	93,6	2,08
9	Pasang karpet + underlayer (lokal)	m ²	20	120		2	2	326	5,43
								JUMLAH TOTAL	57,62
II. PEKERJAAN DINDING									
1	Dinding batu bata tsaram 1:2	m ²	14	84	2	3	5	44,2	2,63
2	Dinding batu bata 1:4	m ²	14	84	2	3	5	274,65	16,35
3	Kolom praktis dan ningbalk	m ³	3	18	2	3	5	6,4	1,78
4	Plester dinding 1:2	m ²	14	84	2	3	5	88,4	5,26
5	Plester dinding 1:4	m ²	14	84	2	3	5	759,3	45,20
6	Plester beton (kolom dan lisplank)	m ²	10	60	2	3	5	723,5	60,29
7	Lapis dinding keramik 20/20 dng border	m ²	10	60	2	2	4	66,7	4,45
								JUMLAH TOTAL	135,95
III. PEKERJAAN PLAFOND									
1	Gypsum board + rangka besi dng variasi	m ²	14	84	2	1	3	316	11,29
2	Asbes 4 mm + rangka kayu 60x120 cm	m ²	28	168	2	1	3	54	0,96
3	Asbes 4 mm + rangka kayu 100x100 cm	m ²	28	168	2	1	3	139	2,48
4	List kayu 5/5 cm profil	m'	12	72	1		1	228	3,17
								JUMLAH TOTAL	17,90
IV. PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA									
1	Kusen pintu dan jendela softfront 4" warna termasuk jalsi, kaca dan access								
	Type P2	bh	10	60	1	2	3	1	0,05
	Type P3	bh	10	60	1	2	3	3	0,15
	Type P5	bh	10	60	1	2	3	3	0,15
	Type P.J.1	bh	10	60	1	2	3	2	0,10
	Type P.J.3	bh	10	60	1	2	3	1	0,05
	Type J.1	bh	10	60	1	2	3	10	0,50
	Type J.4	bh	10	60	1	2	3	1	0,05
	Type J.5	bh	10	60	1	2	3	2	0,10
	Type B.V.1	bh	10	60	1	2	3	2	0,10

6	Politur daun pintu	m2	28	168	3	1	4	24	0.57
									JUMLAH TOTAL
									52.58

Type BV 2	bh	10	60	1	2	3	1	0.05
Type PS (shaft) + kunci	bh	10	60	1	2	3	1	0.05
Type J 3	bh	10	60	1	2	3	1	0.05
2 Alat Penggantungan dan Pengunci								
Kunci untuk pintu aluminium ex CISSA	bh	7	42	2	2	2	3	0.14
Kunci untuk pintu single ex CISSA	bh	7	42	2	2	2	1	0.05
Kunci untuk pintu toilet dalam ex ALPHA	bh	7	42	2	2	2	3	0.14
Kunci untuk pintu toilet luar ex CISSA	bh	7	42	2	2	2	3	0.14
Engsel 4" ex ARCH	bh	7	42	2	2	2	23	1.10
Grendel tanam pintu	bh	7	42	2	2	2	3	0.14
Door closer utk pintu double ex CISSA	bh	7	42	2	2	2	3	0.14
Flooringe ex CISSA	bh	7	42	2	2	2	3	0.14
JUMLAH TOTAL								
V. PEKERJAAN SANITAIR								
1 Closet duduk ex TOTO type C 704/S704VI	bh	1	6	1	1	2	3	1.00
2 Urinoir ex TOTO type U57M	bh	1	6	1	1	2	2	0.67
3 Kran air ex TOTO T 23 B137	bh	10	60	1	1	2	3	0.10
4 Floor drain ex TOTO type TX 1A	bh	2	12	1	1	2	3	0.50
5 Wastafel meja ex TOTO type L521VIA								
TGL521VIAM	bh	1	6	1	1	2	2	0.67
6 Tempat tissue ex TOTO type TS116R	bh	3	18	1	1	2	3	0.33
7 Tempat sabun ex TOTO type S11N	bh	3	18	1	1	2	3	0.33
8 Meja wastafel beton lapis keramik	m'	1	6	1	1	2	2	0.67
9 Penyekat urinoir A. 100	bh	2	12	1	1	2	1	0.17
10 Clean out H 58	bh	2	12	1	1	2	1	0.17
JUMLAH TOTAL								
VI. PEKERJAAN FINISHING								
1 Cat dinding exterior	m2	17	102	3	1	4	347	13.61
2 Cat dinding interior	m2	17	102	3	1	4	518	20.31
3 Cat plafond texture	m2	21	126	3	1	4	318	10.10
4 Cat plafond	m2	21	126	3	1	4	192	6.10
5 Cat list kayu	m'	20	120	1	1	1	228	1.90

2	Asbes 4 mm + rangka kayu 100x100 cm	m2	28	168	2	1	3	80	1.43
3	List kayu 5/5 cm profil	m'	12	72	1		1	232	3.22
								JUMLAH TOTAL	44.74

1	Cat dinding exterior	m2	17	102	3	1	4	1138	44.63
2	Cat dinding interior	m2	17	102	3	1	4	510	20.00
3	Cat plafond	m2	21	126	3	1	4	458	14.54
4	Cat list kayu	m'	20	120	1	1	1	233	1.94
5	Politur daun pintu	m2	28	168	3	1	4	21	0.50
6	Wall paper ex Durani/setara	m2	14	84		2	2	75.6	1.80
7	Waterproofing toilet + selasar	m2	12	72	1	1	2	103	2.86
								JUMLAH TOTAL	86.27
VII. LAIN-LAIN									
	Railing tangga besi pipa dicat	m'	10	60	2	1	3	14	0.70
								JUMLAH TOTAL	0.70
C3 PEKERJAAN LANTAI 3 (TIGA)									
I. PEKERJAAN LANTAI									
1	Lantai keramik 30/30 cm	m2	15	90	2	3	5	339	18.83
2	Lantai keramik 20/20 cm	m2	15	90	2	3	5	114.6	6.37
3	Bak janitor	m'	1	6	1	1	2	1	0.33
4	Plint keramik 10/30	m'	35	210	1	1	2	114.6	1.09
5	Plint keramik 10/20	m'	50	300	2	2	4	72.6	0.97
								JUMLAH TOTAL	27.59
II. PEKERJAAN DINDING									
1	Dinding batu bata tasram 1:2	m2	14	84	2	3	5	42	2.50
2	Dinding batu bata 1:4	m2	14	84	2	3	5	386	22.98
3	Kolom praktis dan ringbaik	m3	3	18	2	3	5	6.2	1.72
4	Plester dinding 1:2	m2	14	84	2	3	5	84	5.00
5	Plester dinding 1:4	m2	14	84	2	3	5	773	46.01
6	Plester beton	m2	10	60	2	3	5	721	60.08
7	Dinding glass block	m2	2	12		3	3	1.32	0.33
8	Lapis dinding keramik 20/20 dgn border	m2	10	60	2	2	4	104	6.93
9	Partisi multipleks rangka kayu + anti rayap termasuk kaca, grill, dan access	m2	10	60	3	1	4	37.8	2.52
								JUMLAH TOTAL	148.08
III. PEKERJAAN PLAFOND									

di diameter 3/4"	m	15	50	2	2	4	20	0.55
di diameter 1 1/4"	m	15	90	2	2	4	36	1.60
di diameter 1 1/2"	m	15	90	2	2	4	4.5	0.20
				?	?	4	6	0.27

6 Tempat sabun ex TOTO type S11N	bh	3	18	1	1	2	4	0.44
7 Wastafel meja ex TOTO type L521VIA								
TGL 521VIAM	bh	1	6	1	1	2	3	1.00
8 Meja wastafel beton lapis keramik	m'	1	6	1	1	2	2	0.67
							JUMLAH TOTAL	5.11
VI. PEKERJAAN FINISHING								
1 Cat dinding exterior	m2	17	102	3	1	4	1042	40.86
2 Cat dinding interior	m2	17	102	3	1	4	504	19.76
3 Cat plafond	m2	21	126	3	1	4	458	14.54
4 Cat list kayu	m'	20	120	1		1	233	1.94
5 Politur daun pintu	m2	28	168	3	1	4	21	0.50
6 Wal paper ex Durani/setara	m2	14	84		2	2	75.6	1.80
7 Waterproofing toilet + selasar	m2	12	72	1	1	2	103	2.86
							JUMLAH TOTAL	82.27
VII. LAIN-LAIN								
1 Tangga monyet pipa r. janitor	unit	1	6	1	1	2	1	0.33
2 Tutup lubang tangga dari plat baja	unit	1	6	1	1	2	1	0.33
							JUMLAH TOTAL	0.67
C4. PEKERJAAN ATAP								
1 Waterproofing atap + screed pelindung	m2	50	300	3	2	5	60	1.00
2 Rangka atap (rang + kaso)	m2	30	180	3	2	5	563	15.64
3 Atap genteng beton	m2	50	300	3	2	5	563	9.36
4 Nok datar dan jurai	m'	40	240	3	2	5	51	1.06
5 Lisplank kayu 3/25 cm kayu kamper	m'	40	240	3	2	5	94	1.96
6 Talang datar termasuk rangka penunjang	m'	28	168	3	2	5	94	2.80
7 Bubungan genteng beton	m'	70	420	3	2	5	51	0.61
							JUMLAH TOTAL	32.45
C5. PEKERJAAN HALAMAN								
1 Paving block dari selasar ke jalan	m2	12	72	3	2	5	94	6.53
2 Paving block trotoir	m2	7	42	3	2	5	70	8.33
3 Perbaikan jalan yang di lokasi pekerjaan	m2	14	84	3	2	5	210	12.50
4 Perbaikan kansteen beton	m'	14	84	3	2	5	70	4.17

3	Fiting-fitting	ls	1	6	2	2	4	4	0.33
4	Material Bantu	ls	1	6	2	2	2	1	0.33

9	Material Bantu	ls	1	6	2	2	2	1	0.33
IIb. Instalasi Jaringan Air Kotor dan Buangan									
1	Pipa PVC Class AW 10 kg/cm2	m	15	90	2	2	4	13	0.58
	diameter 3"	m	15	90	2	2	4	19	0.84
2	Septic tank + Rembesan Cap : 18 m3	unit	0.25	1.5	2	2	4	1	2.67
3	Material Bantu dan Fitting	ls	1	6	4	4	4	1	0.67
IIc. Instalasi Air Hujan									
1	Pipa PVC Class AW 10 kg/cm2	m	12	72	2	2	4	394	21.89
	diameter 3"	m	12	72	2	2	4	26	1.44
2	Roof drain d. 3"	bh	10	60	2	2	4	17	1.13
3	Material Bantu dan Fitting	ls	1	6	4	4	4	1	0.67
									JUMLAH TOTAL
									39.74
III. INSTAL. PLUMBING LANTAI DASAR									
IIla. Instalasi Jaringan Air Bersih									
1	Pipa GIP Med. class	m	15	90	2	2	4	17	0.76
	diameter 1/2"	m	15	90	2	2	4	64	2.84
	diameter 3/4"	m	15	90	2	2	4	7.5	0.33
	diameter 1"	m	15	90	2	2	4	6	0.27
2	Gate Valve	bh	12	72	2	2	4	1	0.06
	diameter 1 1/4"	ls	1	6	2	2	2	1	0.33
3	Fiting-fitting	ls	1	6	2	2	2	1	0.33
4	Material Bantu	ls	1	6	2	2	2	1	0.33
IIlb. Instalasi Jaringan Air Kotor dan Buangan									
1	Pipa PVC Class AW 10 kg/cm2	m	15	90	2	2	4	20	0.89
	diameter 1"	m	15	90	2	2	4	25	1.11
	diameter 2"	m	15	90	2	2	4	26	1.16
	diameter 3"	m	15	90	2	2	4	20	0.89
	diameter 4"	bh	2	12	2	1	3	1	0.25

NO	URAIAN PEKERJAAN	DURASI (MINGGU)	TENAGA KERJA	TENAGA KERJA	DIBULATKAN
			TOTAL	PERMINGGU	
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	8	93.49	11.69	12
B	PEKERJAAN STRUKTUR				
B1	PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH				
I.	PEKERJAAN GALIAN DAN URUGAN	7	70.00	10.00	10
II	PEKERJAAN PONDASI	3	20.86	6.95	7
B2	PEKERJAAN STRUKTUR ATAS				
I.	LANTAI 1 (SATU)	8	24.70	3.09	4
II.	LANTAI 2 (DUA)	9	32.91	3.66	4
III.	LANTAI 3 (TIGA)	6	32.42	5.40	6
IV.	PEKERJAAN ATAP	3	102.51	34.17	35
C	PEKERJAAN ARSITEKTUR				
C1.	PEKERJAAN LANTAI DASAR				
I.	PEKERJAAN LANTAI	3	57.62	19.21	20
II.	PEKERJAAN DINDING	8	135.95	22.66	23
III.	PEKERJAAN PLAFOND	3	17.90	6.32	7
IV.	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA	4	3.40	0.65	1
V.	PEKERJAAN SANITAIR	3	4.60	1.53	2
VI.	PEKERJAAN FINISHING	4	52.58	13.15	14
VII.	LAIN-LAIN	2	0.65	0.43	1
C2.	PEKERJAAN LANTAI 2 (DUA)				
I.	PEKERJAAN LANTAI	3	30.64	10.21	11
II.	PEKERJAAN DINDING	4	151.18	37.80	38
III.	PEKERJAAN PLAFOND	3	11.27	3.76	4
IV.	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA	4	4.21	1.05	2
V.	PEKERJAAN SANITAIR	3	5.78	1.93	2
VI.	PEKERJAAN FINISHING	4	86.27	21.57	22
VII.	LAIN-LAIN	2	0.70	0.35	1
C3.	PEKERJAAN LANTAI 3 (TIGA)				
I.	PEKERJAAN LANTAI	3	27.59	11.04	12
II.	PEKERJAAN DINDING	5	148.08	29.62	30
III.	PEKERJAAN PLAFOND	4	11.24	2.81	3
IV.	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA	4	4.26	1.07	2
V.	PEKERJAAN SANITAIR	4	5.11	1.28	2
VI.	PEKERJAAN FINISHING	4	62.27	20.57	21
VII.	LAIN-LAIN	2	0.67	0.34	1
C4.	PEKERJAAN ATAP	4	32.45	7.24	8
C5.	PEKERJAAN HALAMAN	5	44.15	8.83	9
D	PEKERJAAN PLUMBING				
I.	PERALATAN UTAMA	5	10.67	2.13	3
II.	INSTAL. JARINGAN DISTRIBUSI UTAMA	13	39.74	3.06	4
III.	INSTAL. PLUMBING LANTAI DASAR	8	9.88	1.24	2
IV.	INSTAL. PLUMBING LANTAI 2 DAN 3	7	11.64	1.66	2

lev1

A(I)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(I)	Y(I)	Y(I)2		
1																		12	12	144		
2																		10	10	100		
3																			0	0	0	
4														3					3	9	9	
5																		7	7	49	49	
6																		4	4	16	16	
7																		4	4	16	16	
8														-3				-7	-10	100	100	
9																		-22	-22	484	484	
10																			0	0	0	0
11	23														4	2			29	841	841	
12																		2	2	4	4	
13																			0	0	0	0
14																			0	0	0	0
15		20	1	7	2	1	14	38	11									35	131	17161	17161	
16																		-4	-4	16	16	
17	-23									2	4							38	20	400	400	
18		-20									2	1	22					-24	-53	2809	2809	
19																			-41	1681	1681	
20																			11	6	36	36
21																			-1	-5	25	25
22																			-30	-54	2916	2916
23																			-3	-3	9	9
24																			-2	-6	36	36
25																			-30	-30	900	900
R(I)	16	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	2	1	1					
D(J)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	2	4	5	13	8	7					

lev2

A(0)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(0)	Y(0)	Y(02)
1																			12	12	144
2																			10	10	100
3																				0	0
4													3							3	9
5																			7	7	49
6																			4	4	16
7																			4	4	16
8													-3						-7	-10	100
9																			-22	-22	484
10																				0	0
11	23															4	2			29	841
12																			2	2	4
13																				0	0
14																				0	0
15			1	7	2	1	14	38	11										35	111	12321
16		20								2	4								-4	16	256
17	-23					-1						2	1	22					38	20	400
18				-7	-2		-14	-38	-11										-24	-33	1089
19		-20	-1																	-61	3721
20										-4			-1						11	6	36
21												-2							-1	-5	25
22														-22					-30	-54	2916
23																			-3	-3	9
24																-4			-2	-6	36
25																			-30	-30	900
R(I)	16	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	2	2	1	1			23472
D(J)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	4	5	13	8	7			

lev3

A(0)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(0)	Y(0)	Y(02)	
1																			12	12	144	
2																			10	10	100	
3																				0	0	0
4															3					3	9	9
5																			7	7	49	49
6																			4	4	16	16
7																			4	4	16	16
8															-3				-7	-10	100	100
9																			-22	-22	484	484
10																				0	0	0
11	23															4	2			29	841	841
12																			2	2	4	4
13																				0	0	0
14																				0	0	0
15			1	7	2	1	14	38	11										2	35	111	12321
16						-1				2	4								-4	-4	16	16
17	-23	20																	38	40	1600	1600
18												2	1	22					-24	-33	1089	1089
19																					-41	1681
20																				11	-14	196
21																				-1	-5	25
22																				-30	-54	2916
23																				-3	-3	9
24																				-2	-6	36
25																				-30	-30	900
R(0)	16	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	2	2	1	1				22552
D(J)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	4	5	13	8	7				

lev46

A(0)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(0)	Y(0)	Y(02)
1																			12	12	144
2																			10	10	100
3																				0	0
4																				0	0
5																			7	7	49
6																			4	4	16
7																			4	4	16
8																			-7	-7	49
9																			-22	-22	484
10																			0	0	0
11	23																			23	529
12															3	4			2	9	81
13																				2	4
14																				0	0
15																				0	0
16								38	11										35	35	1225
17	-23					1													-4	42	1764
18		20		7															38	16	256
19																			-24	5	25
20														22						10	100
21			1							2	4	1							11	-19	361
22		-20		-7	2		14				2								-1	-12	144
23																			-30	-31	961
24																			-3	-29	841
25																			-2	-23	529
R(0)	16	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	2	-4			-30	-36	1296
D(J)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	4	5	13	8	7			8974

lev47

A(0)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(0)	Y(0)	Y(02)	
1																			12	12	144	
2																			10	10	100	
3																				0	0	
4																				0	0	
5																			7	7	49	
6																			4	4	16	
7																			4	4	16	
8															3	4			-7	0	0	
9	23																		-22	1	1	
10																				0	0	
11																				0	0	
12															-3				2	-1	1	
13																				2	4	
14																				0	0	
15	-23																			35	12	144
16								38	11										-4	45	2025	
17						1													38	39	1521	
18		20		7															-24	5	25	
19						-1			-11					22						10	100	
20			1					-38		2	4	1							11	-19	361	
21		-20		-7	2		14					2				-4	-2		-1	-16	256	
22													-1						-30	-31	961	
23											-4			-22					-3	-29	841	
24						-2	-14			-2		-2							-2	-23	529	
25																			-2	-30	1024	
R(I)	16	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	2	2	1				8118	
D(J)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	4	5	13	8	7				

lev48

A(0)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(0)	Y(0)	Y(02)	
1																			12	12	144	
2																			10	10	100	
3																				0	0	0
4																				0	0	0
5																			7	7	49	
6																			4	4	16	
7																			4	4	16	
8															3	4			-7	0	0	
9	23																		-22	1	1	
10																				0	0	0
11																				0	0	0
12																			2	-1	1	1
13																				2	2	4
14																				0	0	0
15	-23																		35	12	144	
16								38	11										-4	45	2025	
17																			38	38	1444	
18		20		7															2	-24	6	36
19									-11					22						11	121	121
20			1							2	4		1						11	-20	400	400
21		-20		-7	2							2							-1	-16	256	256
22																			-30	-31	961	961
23											-4								-3	-29	841	841
24																			-2	-23	529	529
25																			-2	-30	1024	1024
R(I)	16	20	1	7	2	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	2	2	1				8112
D(J)	6	3	4	3	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	4	5	13	8				

lev49

A(I)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(I)	Y(I)	Y(I)2
1																			12	12	144
2																			10	10	100
3																				0	0
4																				0	0
5																		7	7	49	
6																		4	4	16	
7																		4	4	16	
8														3	4			-7	0	0	
9	23																	-22	1	1	
10																			0	0	0
11																			0	0	0
12														-3				2	-1	1	
13																	2		2	4	4
14																			0	0	0
15	-23																		35	12	144
16						38	11											-4	45	2025	
17																		38	38	1444	
18		20		7													2	-24	5	25	25
19									-11					22						11	121
20			1							2	4		1					11	-18	324	
21		-20		-7	2		14					2						-4	-2	-16	256
22																			-30	-32	1024
23																			-3	-29	841
24																			-2	-23	529
25																			-2	-30	1024
R(I)	16	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	2	2	1	-2			8088
D(J)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	4	5	13	8	7			

A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(1)	Y(1)	Y(2)
1																		12	12	144
2																		10	10	100
3																		0	0	0
4																		7	7	49
5																		4	4	16
6																		4	4	16
7																		-7	0	0
8														3	4			-22	1	1
9	23																		0	0
10																			0	0
11																			0	0
12																			2	2
13																			-1	1
14																			0	0
15	-23							1										35	13	169
16																		-4	45	2025
17																		38	37	1369
18		20																-24	5	25
19																		2	11	121
20			1															11	-19	361
21																		-1	-16	256
22																		-30	-31	981
23																		-3	-29	841
24																		-2	-23	529
25																		-30	-32	1024
R(1)	16	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	22	2	2	1	1			8012
D(J)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	3	3	2	4	5	13	8	7			

A(1)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(1)	Y(1)	Y(2)
1																			12	12	144
2																			10	10	100
3																			0	0	0
4																			7	7	49
5																			4	4	16
6																			4	4	16
7																			4	4	16
8															3	4			-7	0	0
9	23																		-22	1	1
10																			0	0	0
11																			0	0	0
12																			2	1	1
13																			0	0	0
14																			0	0	0
15	-23					1			11										35	24	576
16								38											-4	34	1156
17																			38	37	1369
18		20																	-24	-6	36
19			1							2									2	3	9
20					2														11	2	4
21		-20					14				4								-1	-18	324
22																			-30	-31	961
23			-1																-3	-14	196
24																			-2	-38	1444
25																			-30	-32	1024
R(D)	16	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	2	2					7426
D(J)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	4	5	13	8	7			

A(1)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(0)	Y(0)	Y(02)
1																				12	12	144
2																				10	10	100
3																				0	0	0
4																				7	7	49
5																				4	4	16
6																				4	4	16
7																				-7	0	0
8																3	4			-22	1	1
9	23																			0	0	0
10																				0	0	0
11																				0	0	0
12																-3				2	1	1
13																				0	0	0
14																				0	0	0
15	-23							1												35	24	576
16									38											-4	34	1156
17																				38	37	1369
18		20																		-24	-6	36
19			1								2									3	3	9
20						2									22					11	1	1
21		-20										4	2	1						-1	-17	289
22								14												-30	-30	900
23			-1			-2														-3	-15	225
24															-22					-2	-38	1444
25																				-30	-32	1024
R(I)	16	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	2	5	13	1				7356
D(J)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	2	4	2	8	1	7			

A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(1)	Y(1)	Y(2)
1																		12	12	144
2																		10	10	100
3																		0	0	0
4																		7	7	49
5																		4	4	16
6																		4	4	16
7																		-7	0	0
8														3	4			-22	1	1
9	23																	0	0	0
10																		0	0	0
11																		2	1	1
12														-3		2		2	1	1
13																		0	0	0
14																		0	0	0
15	-23																	35	24	576
16																		-4	34	1156
17																		38	37	1369
18		20																-24	-5	25
19			1															2	3	9
20				7														11	0	0
21		-20			2													-1	-18	324
22																		-30	-30	900
23			-1															-3	-14	196
24																		-2	-38	1444
25																		-30	-32	1024
R(J)	16	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	22	2	2	1	1			7350
D(J)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	4	5	13	8	7			

A(1)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(0)	Y(0)	Y(0)2
1																			12	12	144
2																			10	10	100
3																			0	0	0
4																			7	7	49
5																			4	4	16
6																			4	4	16
7																			4	4	16
8																			-7	0	0
9	23																		-22	1	1
10																			0	0	0
11																			0	0	0
12																			2	1	1
13																			0	0	0
14																			0	0	0
15	-23																		35	24	576
16																			-4	34	1156
17																			38	37	1369
18																			-24	-5	25
19		20																	2	2	4
20																			11	0	0
21																			-1	-17	289
22																			-1	-17	289
23																			-30	-30	900
24																			-3	-13	169
25																			-2	-38	1444
R(0)	16	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	2	2	1	-2			7348
D(J)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	4	5	13	8	7			

A(1)	A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	A(5)	A(6)	A(7)	A(8)	A(9)	A(10)	A(11)	A(12)	A(13)	A(14)	A(15)	A(16)	A(17)	A(18)	L(1)	Y(1)	Y(2)	
1																			12	12	144	
2																			10	10	100	
3																			0	0	0	
4																			7	7	49	
5																			4	4	16	
6																			4	4	16	
7																			-7	0	0	
8															3	4			-22	1	1	
9	23																		0	0	0	
10																			0	0	0	
11																			2	1	1	
12																			2	1	1	
13																			0	0	0	
14																			0	0	0	
15	-23			7				38											35	20	400	
16								38											-4	34	1156	
17																			38	37	1369	
18		20		-7									1						-24	3	9	
19										2									11	0	0	
20					2			-38			4	2	-1	22					-1	-21	441	
21		-20	1				14		-11							-4			-30	-30	900	
22																			-3	-13	169	
23						-2													-2	-38	1444	
24							-14													-33	-33	1089
25																						7308
R(D)	16	20	1	7	2	1	14	38	11	2	4	2	1	22	2	2	1	1				
D(J)	6	3	4	3	3	2	3	4	3	4	3	3	2	4	5	13	8	7				

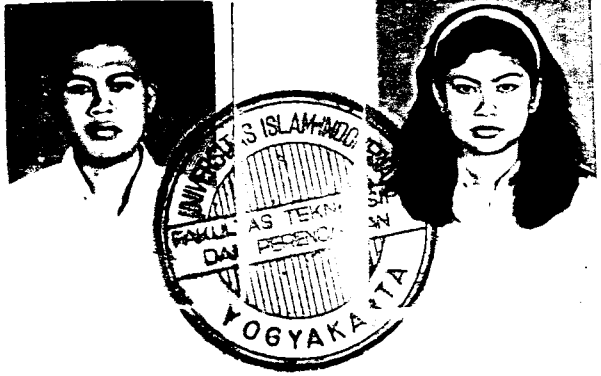


UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

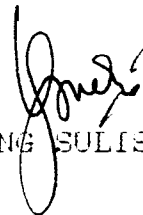
KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	BUDI SUSILA	91310144		STRUKTUR
2.	RATIH DAMAYANTI	90310064		STRUKTUR

Dosen Pembimbing I : : IR.H.SUSASTRAWAN, MS
Dosen Pembimbing II : : IR.FAISOL AM., MS
1 2



Yogyakarta,
Dekan, 14 Juli 1997
An.
Ketua Jurusan Teknik Sipil.


IR.BAMBANG SULISTIONO, MSCE

CATATAN – KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke:	KETERANGAN	Paraf
	12/6 '98	IV.	Perbaikan data levelij	<u>W</u>
	8/7 '98	IX	Perbaikan: - Pabelan - Kiri-pulu - ...	<u>W</u>
	14/7 '98	X.	Perbaikan Pabelan, Kiri-pulu dan dpt ke pembibing I	<u>W</u>
	22/7 '98		Perbaikan	<u>SUS</u>
	24/7 '98		Ace	<u>SUS</u>