

**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 elektrikal 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

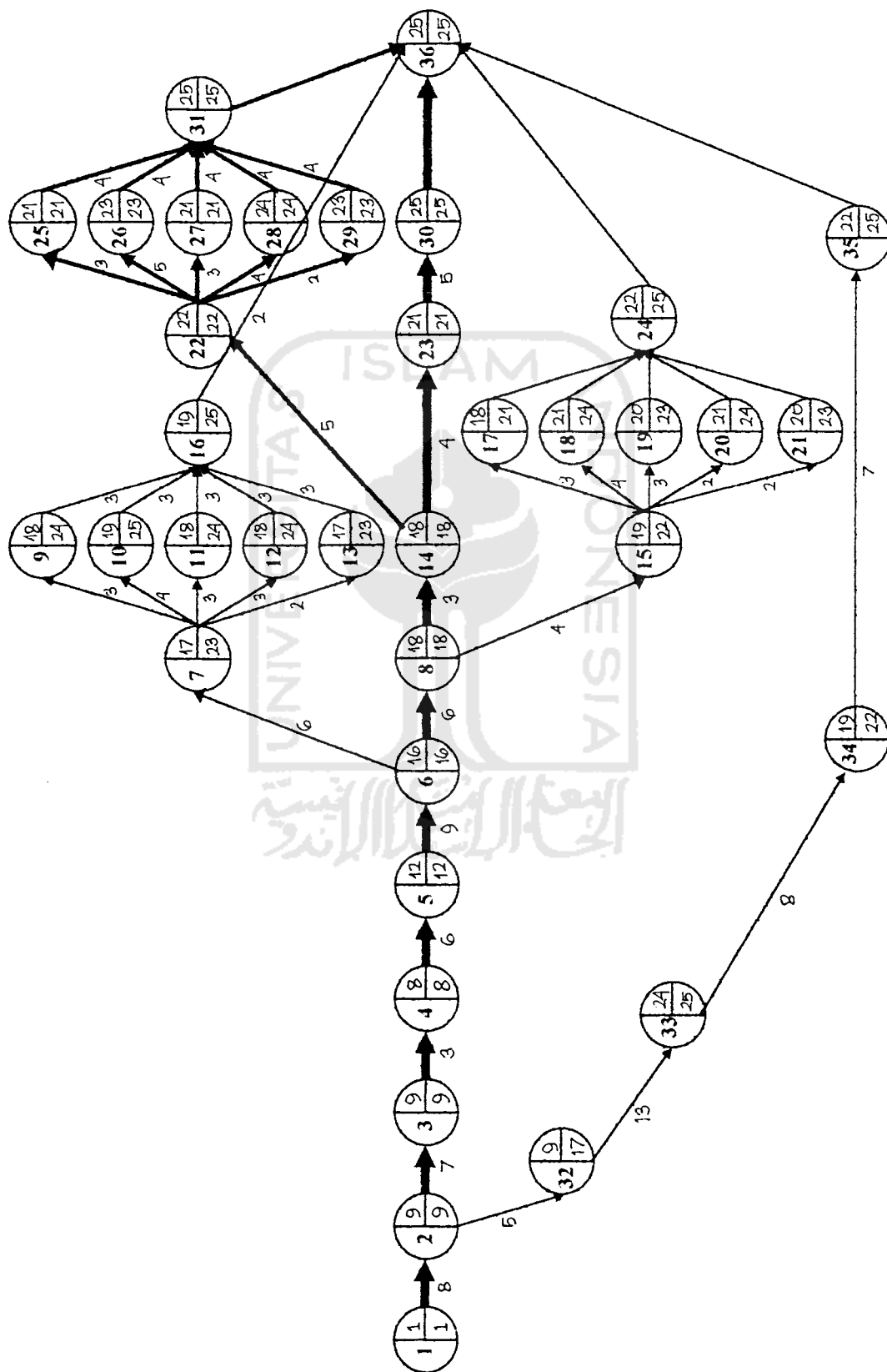
Pada proses identifikasi jalur kritis dan float digunakan perhitungan dengan cara hitungan maju dan hitungan mundur. Dengan hitungan maju akan didapatkan nilai ES dan LS, dan dengan hitungan mundur akan didapatkan nilai EF dan LF. Adapun rumus perhitungan yang dipakai adalah:

1.  $ES(j) = EF(i) + FS(i-j)$ , atau  $ES(i) + SS(i-j)$
2.  $EF(j) = ES(j) + D(j)$
3.  $LF(i) = LS(j) - FS(i-j)$ , 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 tumpang (*overlap*) antar kegiatan.

Sedang float (total float) didapatkan dari pengurangan antara LF - 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		ES
		DURASI	TENAGA KERJA	
		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.

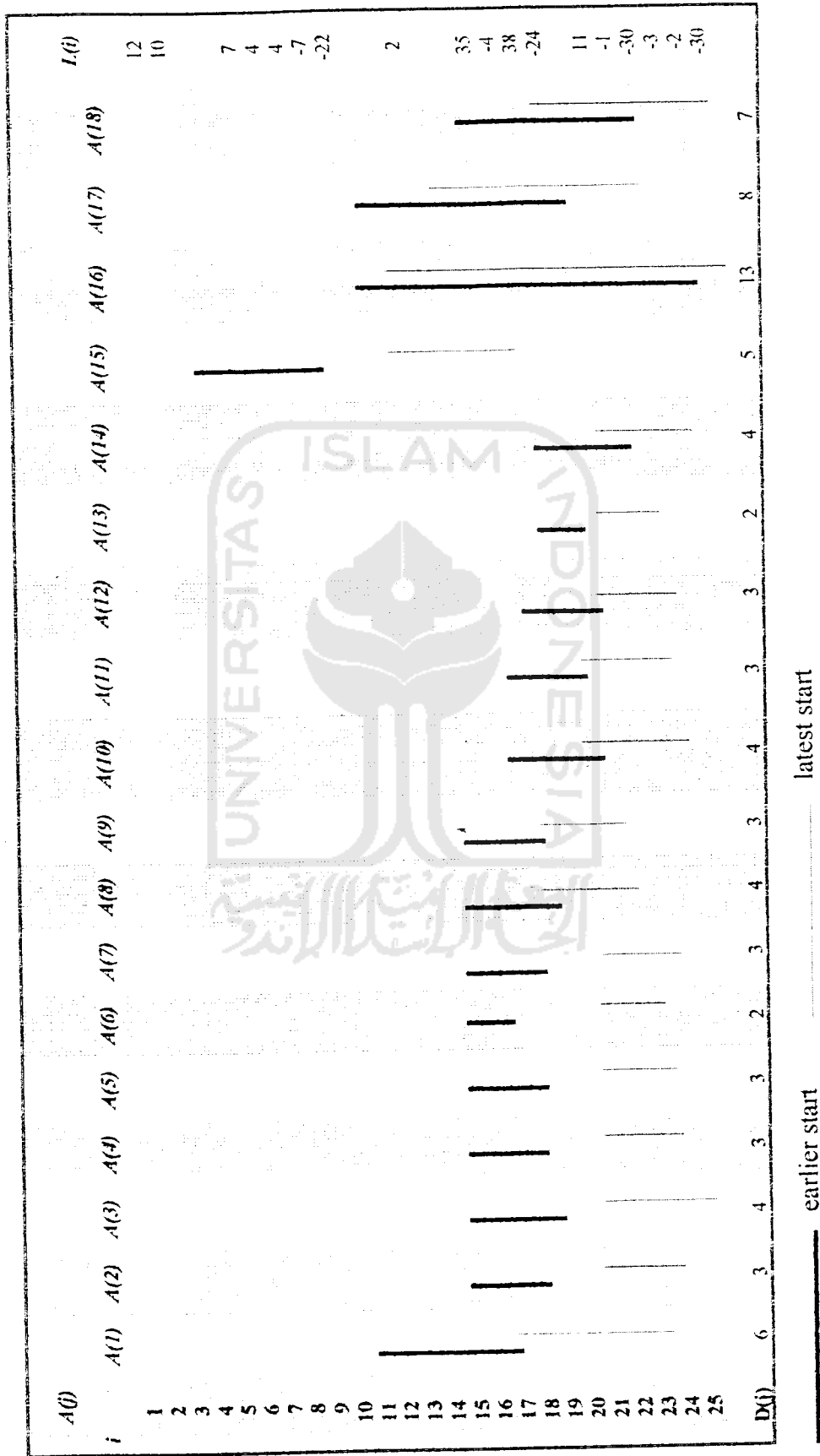
Proses penyusunan perataan kegiatan dapat dijelaskan sebagai berikut:

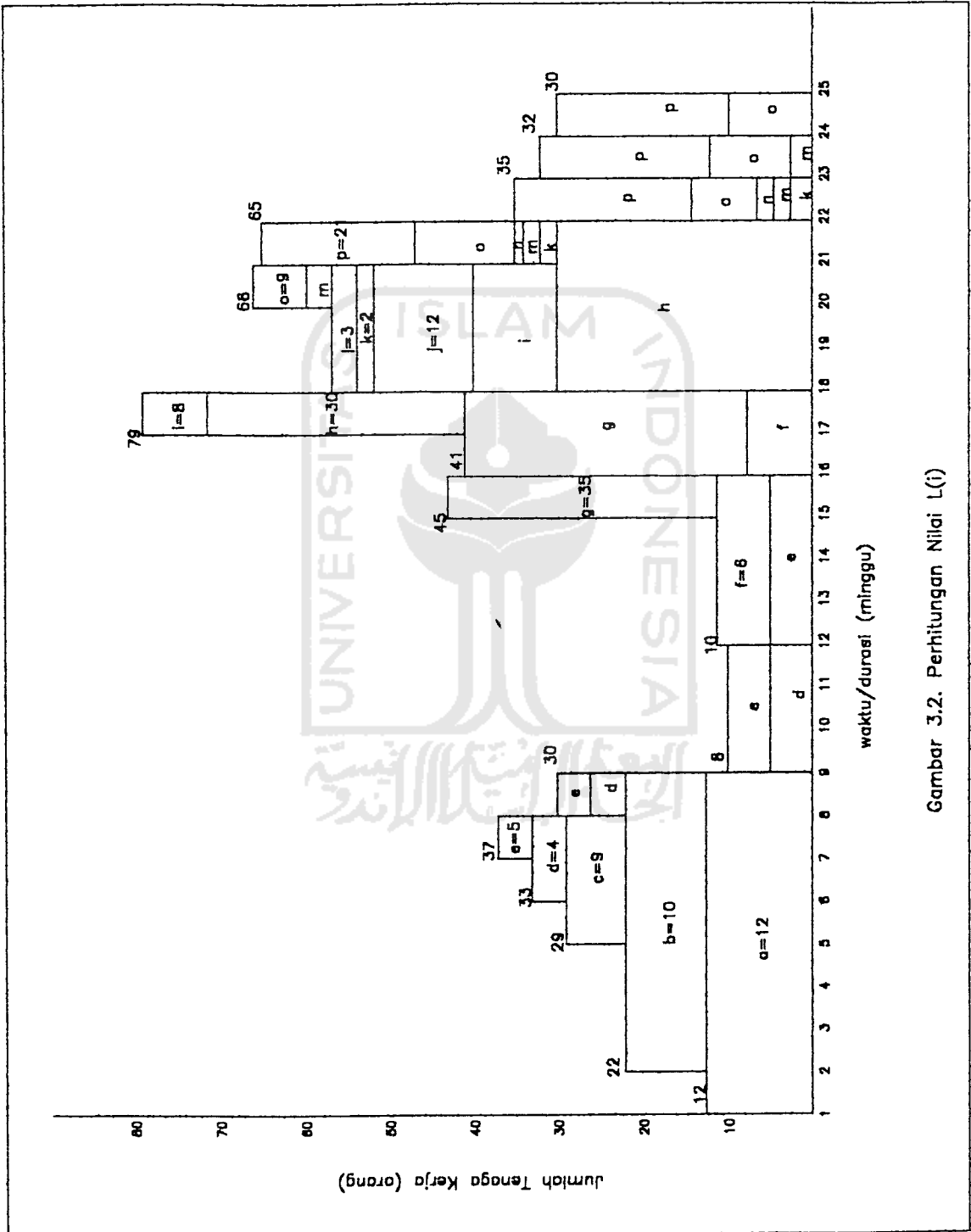
### 1. Bagan Balok Jaringan Kerja Non Kritis.

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).

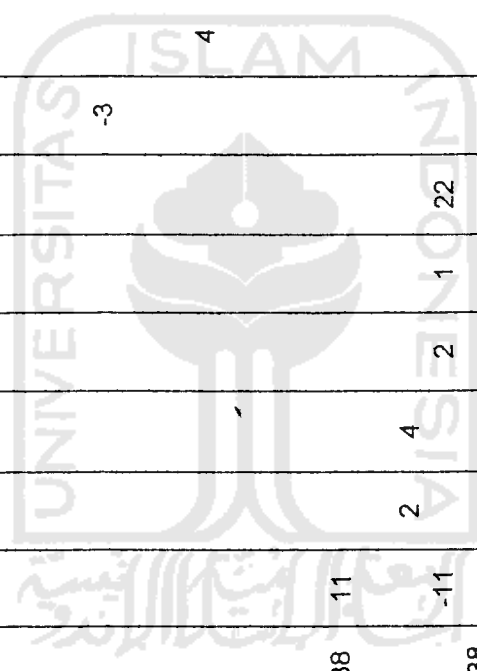
$Y(i)$  adalah perubahan sumber tenaga kerja pada tanggal  $i$  dan  $Y(i)^2$  adalah nilai kuadrat dari perubahan sumber tenaga kerja pada tanggal  $i$ . Sedang  $Z$ , jumlah kuadrat perubahan sumber tenaga kerja dari awal sampai akhir kegiatan. Nilai  $Z$  terendah inilah yang dicari, dan merupakan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



Perata  
ses le  
on krit  
didapa  
ai Z mi

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															4	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												1	22						-2	-41	1681
19			-1																11	6	36
20										-4	-2		-1						-1	-5	25
21																			-30	-54	2916
22														-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



Tabel 3.8 Leveling I (Sebelum Perataan)

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															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															4	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	2							38	20	400
17	-23					-1	-14		-11										-24	-53	2809
18		-20		-7	-2			-38				1	22						-2	-41	1681
19																			11	6	36
20										-2			-1						-1	-5	25
21																			-30	-54	2916
22														-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	2	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.





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.

