

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Perencanaan Waktu**

Perencanaan waktu atau *Scheduling* merupakan bagian yang sangat penting dalam proses penyelesaian suatu proyek. Untuk mendapatkan Rencana kerja atau *Time Schedule* pada suatu proyek konstruksi yaitu dengan membagi waktu secara rinci dari masing-masing kegiatan atau jenis pekerjaan dari pekerjaan mulai sampai pekerjaan *Finishing*.

Beberapa hal yang diperlukan dalam membuat *Time Schedule* antara lain :

- a. Waktu mulai, Waktu selesai dan Durasi dari masing-masing pekerjaan
- b. Nama masing-masing jenis pekerjaan secara rinci
- c. Hubungan antar pekerjaan.

Adapun tujuan dan manfaat dari pembuatan *Time Schedule* yaitu :

- a. Dapat mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek secara keseluruhan
- b. Dapat mengetahui hubungan antar pekerjaan
- c. Sebagai penyedia dana atau keuangan
- d. Sebagai alat untuk mengukur, menilai dan mengevaluasi keseluruhan pekerjaan
- e. Sebagai alat pengontrol dalam penyediaan tenaga kerja, alat dan material.

### **3.2 Data-data yang diperlukan dalam pembuatan *Time Schedule***

Secara garis besar data yang diperlukan guna menunjang pembuatan *Time Schedule* adalah sebagai berikut :

#### **1. Data tenaga kerja (*Labor*)**

Diperlukan untuk mengetahui prestasi kerja berkaitan dengan kuantitas dan kualitas dalam menyelesaikan suatu pekerjaan serta juga digunakan untuk mengetahui harga satuan pekerjaan

#### **2. Data peralatan**

Berkaitan dengan penggunaan alat yang menghasilkan besaran suatu volume dari prestasi kerja

#### **3. Data material**

Berkaitan dengan jumlah persediaan bahan dan kelancaran (transportasi) dimana mempengaruhi harga satuan

#### **4. Gambar rencana (Bestek)**

Digunakan dalam menghitung besaran suatu volume, harga satuan dan waktu penyelesaian pekerjaan

#### **5. Hubungan antar pekerjaan**

Diperlukan dalam menyelesaikan ketergantungan antar pekerjaan yang diperoleh dari lapangan maupun pengalaman.

### **3.3 Langkah-langkah dalam pembuatan *Time Schedule* yaitu :**

#### **1. Menyediakan maupun mempelajari data yang berpengaruh pada *Time Schedule***

2. Menentukan durasi pekerjaan dimana berpengaruh terhadap kebutuhan jumlah tenaga kerja, peralatan, bahan material dan metode kerja
3. Menghitung besar volume pekerjaan dimana berpengaruh terhadap harga satuan pekerjaan
4. Menentukan hubungan ketergantungan antar pekerjaan.

Penyebab dasar sifat ketergantungan antar pekerjaan antara lain yaitu :

a. Ketergantungan atas dasar logika

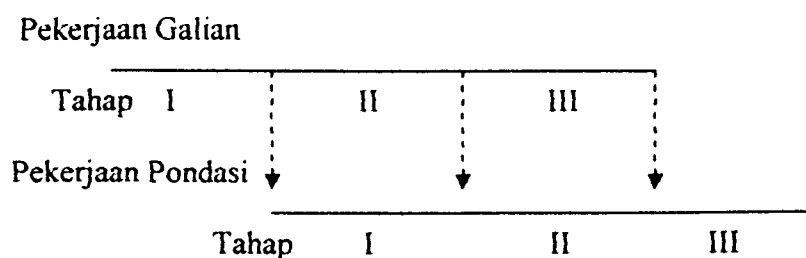
Hubungan antar pekerjaan yang memang harus terjadi. Misal, pondasi batu kali dapat dipasang jika galian telah selesai dilaksanakan. Jadi secara logika mulainya pemasangan pondasi tergantung pada pekerjaan galian.

b. Ketergantungan atas pertimbangan penggunaan peralatan

Pada proyek yang berskala besar dalam menggunakan peralatan yang sejenis pada beberapa pekerjaan, dikerjakan secara berurutan

c. Ketergantungan atas dasar metode pelaksanaan

Suatu pekerjaan dapat dilaksanakan berdasarkan metode pelaksanaan yang ada dengan membagi pekerjaan menjadi beberapa tahap. Sehingga dalam melaksanakan pekerjaan selanjutnya tidak harus menunggu pekerjaan sebelumnya selesai secara keseluruhan. Misal, pekerjaan Pondasi batu kali dengan pekerjaan Galian.



5. Pembuatan diagram dalam bentuk tabel antara lain jenis pekerjaan, durasi dan bobot prestasi yang diikuti dengan hubungan antar pekerjaan (Faisol AM, 1997).

### 3.4 Jenis-jenis *Time Schedule* :

Ada beberapa jenis dari perencanaan waktu yang dikenal, diantaranya :

#### 3.4.1 Bagan balok (Bar Chart)

Merupakan metode yang disusun untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan yang terdiri dari waktu mulai, waktu penyelesaian dan pada saat pelaporan (Iman Soeharto, 1995).

Bentuk metode ini secara umum, pada arah vertikal menunjukkan jenis pekerjaan dan arah horisontal menunjukkan jangka waktu yang dibutuhkan oleh tiap pekerjaan dari waktu mulai sampai waktu selesai.

##### 3.4.1.1 Menghitung Durasi atau Waktu

Untuk dapat membuat penjadwalan kerja, durasi dapat dicari dari besar atau kecil suatu volume dan produktivitas kerja yang dihasilkan pada tiap-tiap pekerjaan. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$D = \frac{V}{P} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

D = Waktu (hari)

V = Volume = Luas penampang pekerjaan x panjang penampang (m<sup>3</sup>)

P = Produktivitas kerja = Produktivitas harian x jumlah tenaga kerja (m<sup>3</sup>/hari)

**3.4.1.2 Menghitung Bobot Prestasi pekerjaan**

Dalam menghitung ukuran bobot prestasi pekerjaan, sebelumnya dihitung dengan menggunakan satuan uang atau rupiah. Lalu diubah ke bentuk persen (%).

Cara menghitung bobot pekerjaan yaitu :

$$\frac{\text{Harga Pekerjaan}}{\sum \text{ Harga Pekerjaan}} \times 100 \% = \text{Persentase Bobot Pekerjaan} \dots\dots\dots (3.2)$$

**3.4.1.3 Bentuk Diagram Bar Chart**

Bentuk dari bagan balok dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini,

No.	Jenis Pekerjaan	Bobot Prestasi (%)	Minggu ke																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
A.	Pengukuran	2,00	■																	
B.	Galian dan Urugan	4,20	■	■																
C.	Pondasi	6,50	■	■	■															
D.	Kolom Lantai 1	9,80	■	■	■	■														
E.	Balok, Pelat lantai, Luifel dan Tangga	8,70		■	■	■	■													
F.	Kolom Lantai 2	9,80			■	■	■	■												
G.	Balok, Pelat lantai, Luifel dan Tangga	8,70				■	■	■	■											
H.	Kolom Lantai 3	9,80					■	■	■	■										
I.	Balok, Pelat lantai, Luifel dan Tangga	8,70						■	■	■	■									
J.	Kolom Lantai 4	9,80								■	■	■								
K.	Balok dan Luifel	7,90										■	■	■						
L.	Atap	14,10													■	■	■	■	■	■
		100,00 %																		

**Gambar 3.1 Diagram Bar Chart**

Kelebihan dari metode Bar Chart, antara lain :

- a. Mudah dibuat dan dipahami
- b. Dapat digabung dengan metode lain salah satunya adalah metode LSM

- c. Dengan pengaplikasian bentuk grafik Kurva-S, dapat digunakan untuk aspek yang lebih luas.

Sedangkan Kekurangan dari metode Bar Chart, antara lain :

- a. Tidak menunjukkan secara spesifik hubungan ketergantungan antar pekerjaan, sehingga sulit dalam mengetahui keterlambatan pekerjaan dari penjadwalan proyek
- b. Sulit untuk diperbaiki dan diperbaharui (*updating*), sehingga penggunaannya kurang maksimal
- c. Untuk proyek berskala besar yang bersifat kompleks dalam pengaplikasian menjadi sulit karena jumlah kegiatan mencapai puluhan ribu, sehingga mengurangi kemampuan penyajian secara sistematis (Iman Soeharto, 1995).

#### 3.4.2 Kurva-S

Merupakan grafik yang menggambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang siklus proyek (Iman Soeharto, 1995). Juga merupakan pengembangan maupun penggabungan dari Diagram balok dan Hannum Curve (Faisol AM, 1995).

Bentuk dari Kurva-S digambarkan pada arah vertikal menunjukkan bobot kumulatif dari biaya per pekerjaan terhadap biaya keseluruhan dan pada arah horisontal menunjukkan waktu dari lama proyek.

Pembuatan laporan kemajuan dilakukan dengan cara memasukkan keseluruhan pekerjaan menggunakan durasi dan bobot prestasi. Kemudian prosentase bobot di bagi sesuai kebutuhan jumlah mingguan dalam menyelesaikan

suatu pekerjaan. Dengan menjumlah keseluruhan bobot prestasi masing-masing pekerjaan pada tiap-tiap minggu diketahui bobot prestasi secara kumulatif sehingga hasilnya dapat diplotkan kedalam diagram.

### 3.4.2.1 Bentuk Kurva-S

Bentuk dari Kurva-S pada bagan balok dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini,

No.	Jenis Pekerjaan	Bobot Prestasi (%)	Minggu ke																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
A.	Pengukuran	3,80	3,80																	
B.	Galian tanah	5,30		2,65	2,65															
C.	Pondasi	6,10			3,05	3,05														
D.	Kolom Lantai 1	8,50				4,25	4,25													
E.	Balok, Pelat lantai, Luifel dan Tangga	9,60					4,80	4,80												
F.	Kolom Lantai 2	8,50							8,50											
G.	Balok, Pelat lantai, Luifel dan Tangga	9,60								9,60										
H.	Kolom Lantai 3	8,50									8,50									
I.	Balok, Pelat lantai, Luifel dan Tangga	9,60										9,60								
J.	Kolom Lantai 4	8,50											8,50							
K.	Balok dan Luifel	8,90												8,90						
L.	Atap	13,10													8,90					
	Total	100,00 %																		
	Rencana Bobot Mingguan		3,80	2,65	5,70	7,30	9,05	13,30	18,10	18,10	18,10	18,10	8,90	13,10						
	Rencana Bobot Kumulatif		3,80	6,45	12,15	19,45	28,50	41,80	59,90	78,00	86,90	100								

**Gambar 3.2 Diagram Kurva-S**

Keuntungan dalam penggunaan Kurva-S, antara lain :

- Analisis kemajuan pada tiap-tiap pekerjaan maupun secara keseluruhan proyek

- b. Untuk menyiapkan rancangan produksi gambar, menyusun pengajuan pembelian bahan material, penyiapan alat maupun tenaga kerja
- c. Efektif dalam mengevaluasi dan mengendalikan waktu
- d. Analisis dana proyek (Faisol AM, 1995).

Dalam pengaplikasian metode Bar Chart maupun Kurva-S ke bentuk metode *Linear Scheduling Method* (LSM), hasil Durasi tiap pekerjaan dimasukkan ke diagram dalam bentuk bagan balok per tiap lantai gedung dengan kemiringan yang berbeda-beda sesuai waktu penyelesaian pekerjaan. Sedangkan hasil Bobot prestasi mingguan dibagi per tiap minggu untuk mengetahui besar pekerjaan yang dihasilkan dalam tiap minggu. Kemudian dibentuk grafik Kurva-S untuk mengetahui kemajuan kerja.

Untuk memudahkan dalam membuat penggabungan beberapa metode tersebut, dapat menggunakan langkah-langkah dalam mengaplikasikannya.

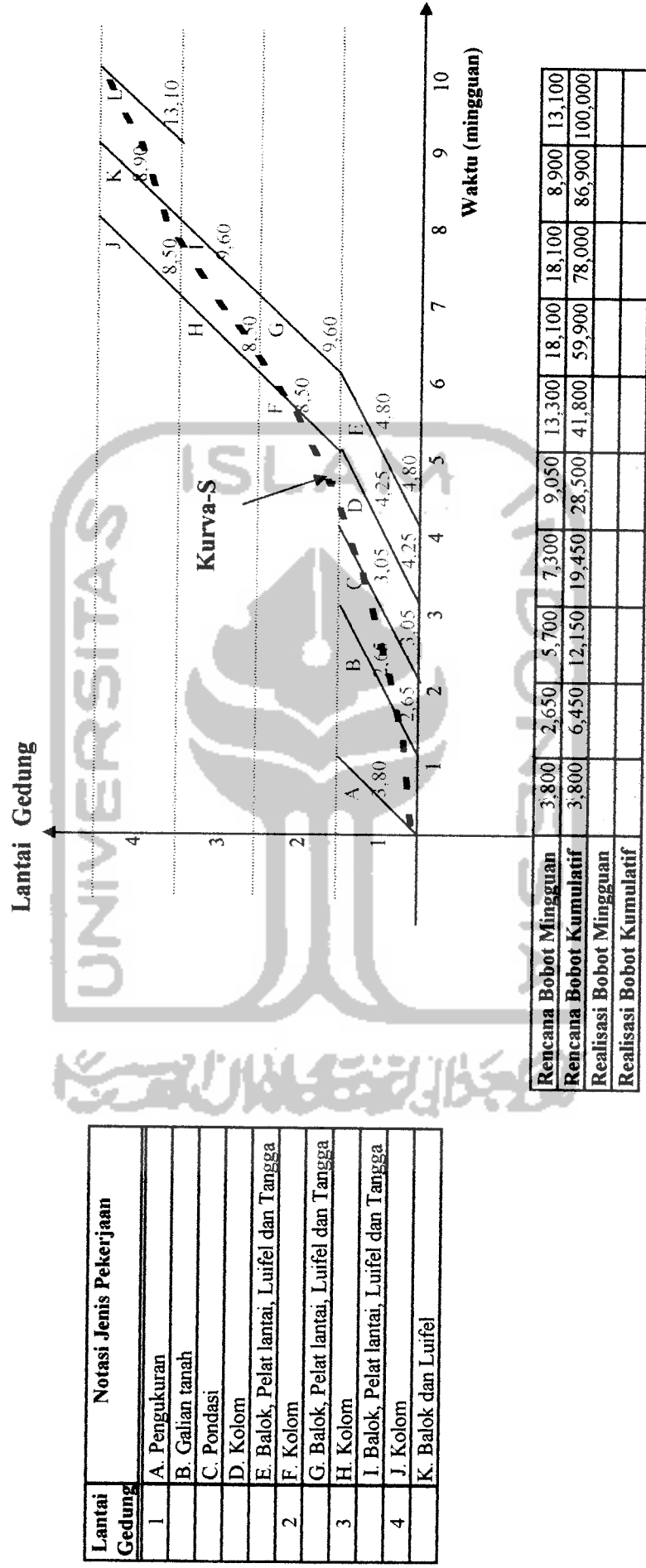
#### **3.4.2.2 Langkah-langkah membuat Bar Chart dan Kurva-S pada Diagram**

**LSM, yaitu :**

1. Menghitung Volume pekerjaan
2. Menghitung Durasi pekerjaan
3. Menghitung Harga satuan setiap pekerjaan
4. Menghitung Harga masing-masing pekerjaan
5. Menghitung Bobot prestasi pekerjaan
6. Membuat Diagram LSM
7. Membuat Kurva-S.



### 3.4.2.3 Contoh Bentuk Bar Chart dan Kurva-S pada Diagram LSM



Gambar 3.3 Bentuk Bar Chart dan Kurva-S pada Diagram LSM

### 3.4.3 PDM

*Precedence Diagramming Method* (PDM) merupakan jaringan kerja yang termasuk klasifikasi AON atau kegiatan yang berada di *node* (*Activity on Node*) berisi mengenai Kurun waktu kegiatan (Durasi), Identitas kegiatan (Nomer dan Nama kegiatan) serta Waktu mulai dan selesai kegiatan (ES, EF, LS, LF dan lain-lain). Sehingga bentuk hubungan ketergantungan antar pekerjaan tersebut dapat diketahui lebih detail dibandingkan dengan bentuk jaringan kerja CPM.

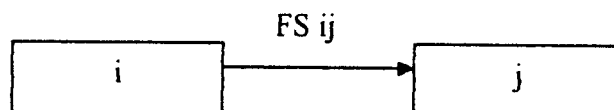
Dalam mendapatkan waktu penyelesaian yang efektif pada metode ini, dibutuhkan kegiatan yang mendahului (*predecessors*) dan kegiatan yang didahului (*successor*) disamping menggunakan bentuk hubungan logika ketergantungan serta tidak memerlukan garis *dummy* atau kegiatan semu antar pekerjaan (Iman Soeharto, 1995).

#### 3.4.3.1 Hubungan Logika pada PDM

Pada metode PDM dikenal 4 macam hubungan logika ketergantungan, yaitu :

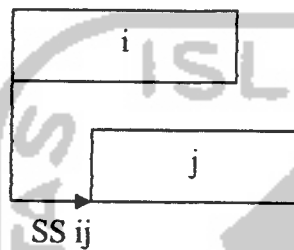
##### 1. *Finish to Start* (FS)

Yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya pekerjaan berikutnya tergantung pada selesainya pekerjaan sebelumnya. Digunakan *Lag time* sebagai selang waktu tunggu untuk dapat melanjutkan pekerjaan berikutnya.



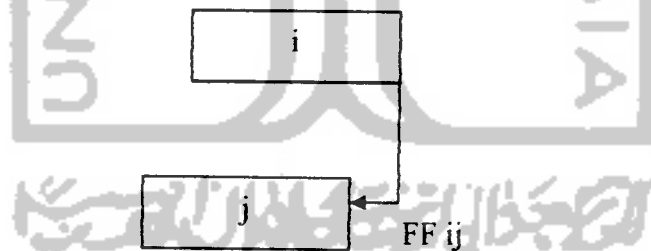
## 2. *Start to Start (SS)*

Yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya pekerjaan sesudahnya tergantung pada mulainya pekerjaan sebelumnya. Digunakan *Lead time* sebagai selang waktu antara dimulainya kedua pekerjaan tersebut.



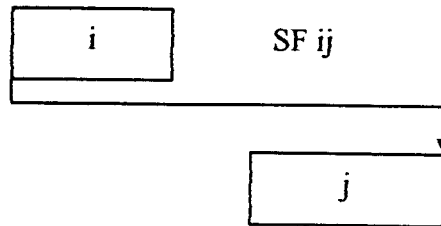
## 3. *Finish to Finish (FF)*

Yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya pekerjaan berikutnya tergantung pada selesainya pekerjaan sebelumnya. Digunakan *Lag time* sebagai selang waktu antara selesainya kedua pekerjaan tersebut.



## 4. *Start to Finish (SF)*

Yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya pekerjaan berikutnya tergantung pada mulainya pekerjaan sebelumnya. Digunakan *Lead time* sebagai selang waktu selesainya pekerjaan dari mulainya pekerjaan sebelumnya.



### 3.4.3.2 Perhitungan Jaringan PDM

#### 1. Perhitungan Maju (*The Forward Pass*)

Digunakan untuk menghitung waktu mulai tercepat (*earliest start time*) dan waktu selesai tercepat (*earliest finish time*).

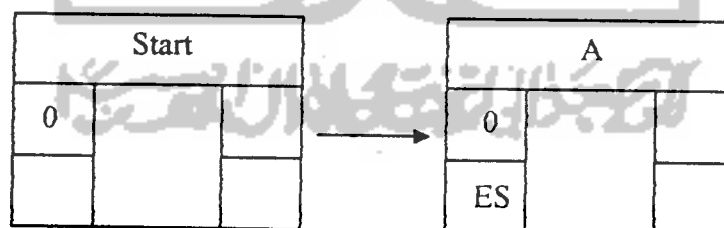
Beberapa hal yang digunakan dalam Perhitungan Maju, adalah sebagai berikut :

##### a. Menggunakan Notasi, yaitu :

$i$  = Notasi untuk pekerjaan yang terdahulu (*predecessor*)

$j$  = Notasi untuk pekerjaan yang sedang ditinjau

##### b. Untuk pekerjaan awal dianggap nol

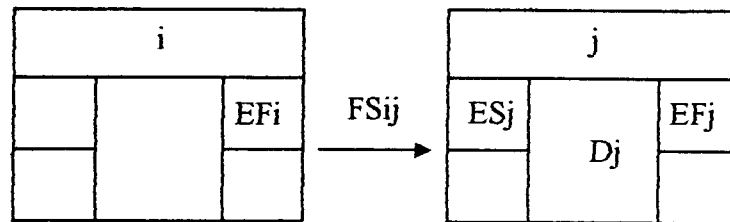


$$ESA = 0$$

##### c. Menghasilkan ES, EF dan kurun waktu penyelesaian proyek

Misal :

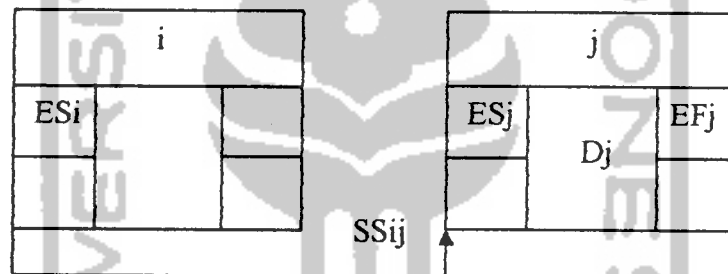
- Untuk pekerjaan yang menggunakan hubungan *Finish to Start* (FS)



$$ESj = EFi + FSij$$

$$EFj = ESj + Dj$$

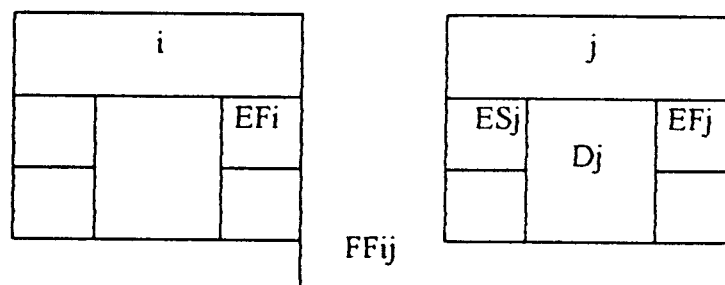
- Untuk pekerjaan yang menggunakan hubungan *Start to Start* (SS)



$$ESj = ESi + SSij$$

$$EFj = ESj + Dj$$

- Untuk pekerjaan yang menggunakan hubungan *Finish to Finish* (FF)



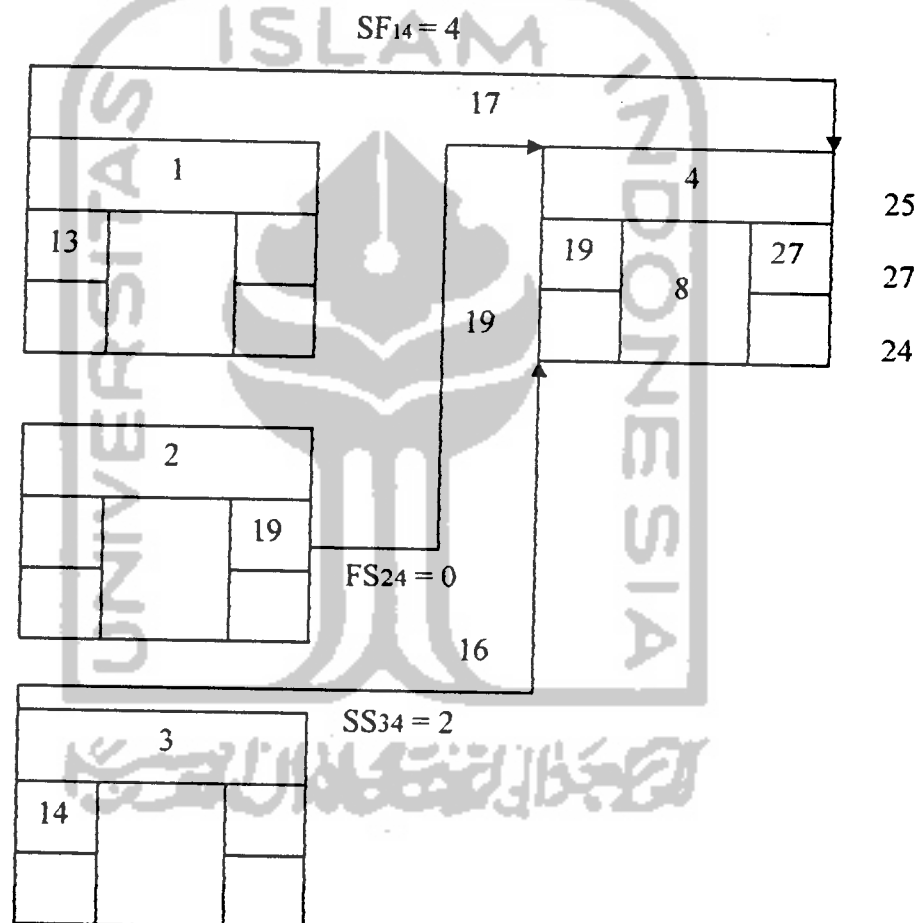
$$ESj = EFi + FFij - Dj$$

- d. Diambil angka ES terbesar dari beberapa pekerjaan yang berlangsung secara bersamaan.

$$ES_j = \max(ES_i)$$

$$EF_j = \max(ES_i) + D_j$$

Misal, untuk  $i =$  pekerjaan 1, 2, 3 dan  $j =$  pekerjaan 4



- Tinjauan pada hubungan pekerjaan 4 dengan pekerjaan 1

$$ES_4 = ES_1 + SF_{14} = 13 + 4 = 17$$

$$EF_4 = ES_4 + D_4 = 17 + 8 = 25$$

- Tinjauan pada hubungan pekerjaan 4 dengan pekerjaan 2

$$ES_4 = EF_2 + FS_{24} = 19 + 0 = 19$$

$$EF_4 = ES_4 + D_4 = 19 + 8 = 27$$

- Tinjauan pada hubungan pekerjaan 4 dengan pekerjaan 3

$$ES_4 = ES_3 + SS_{34} = 14 + 2 = 16$$

$$EF_4 = ES_4 + D_4 = 16 + 8 = 24$$

Dari hitungan diatas, maka diambil hasil dari  $ES_4$  dan  $EF_4$  yang terbesar, yaitu :

$$ES_4 = \max (ES_4) = 19$$

$$EF_4 = \max (EF_4) = 27$$

## 2. Perhitungan Mundur (*The Backward Pass*)

Digunakan untuk menghitung waktu mulai paling lambat (*latest start time*) dan waktu selesai paling lambat (*latest finish time*).

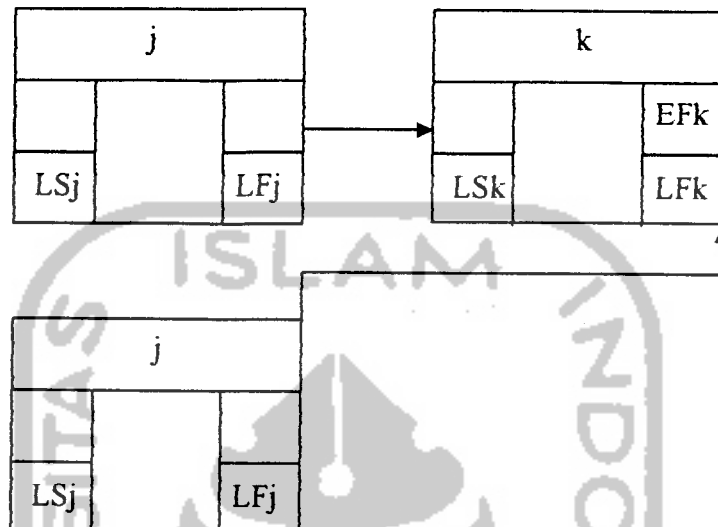
Beberapa hal yang digunakan dalam Perhitungan Mundur, adalah sebagai berikut :

- a. Menggunakan Notasi, yaitu :

$j$  = Notasi untuk pekerjaan yang sedang ditinjau

$k$  = Notasi untuk pekerjaan yang berikutnya

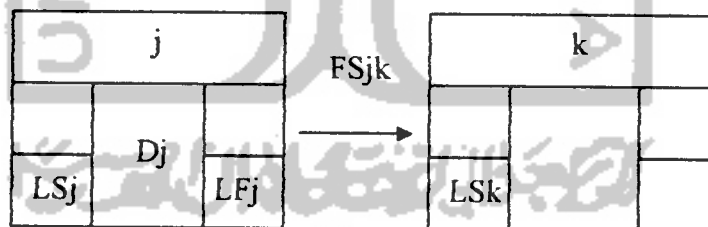
b. Untuk memulai pekerjaan akhir  $LF = EF$



c. Menentukan LS, LF dan kurun waktu *float*

Misal :

- Untuk pekerjaan yang menggunakan hubungan *Finish to Start* (FS)

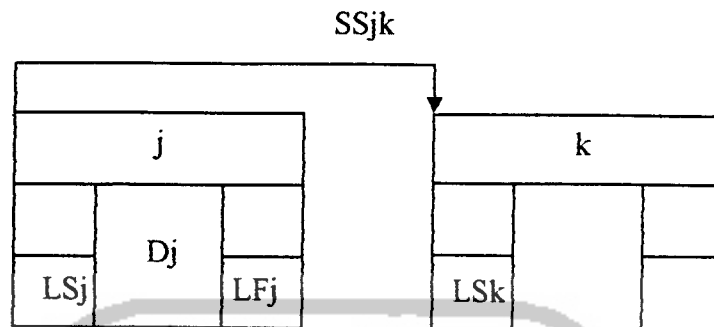


$$LFj = LSk - FSjk$$

$$LSj = LFj - Dj$$



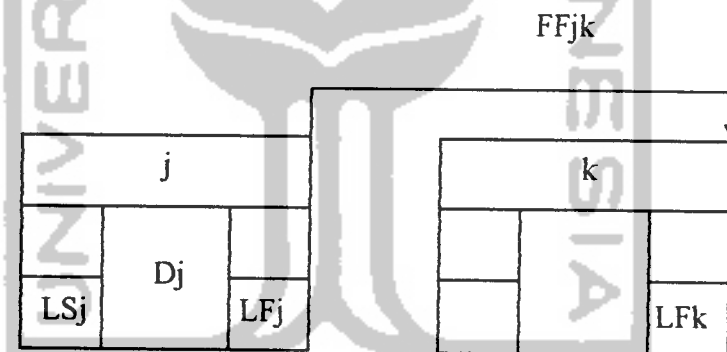
- Untuk pekerjaan yang menggunakan hubungan *Start to Start* (SS)



$$LFj = LSk - SSjk + Dj$$

$$LSj = LFj - Dj$$

- Untuk pekerjaan yang menggunakan hubungan *Finish to Finish* (FF)



$$LFj = LFk - FFjk$$

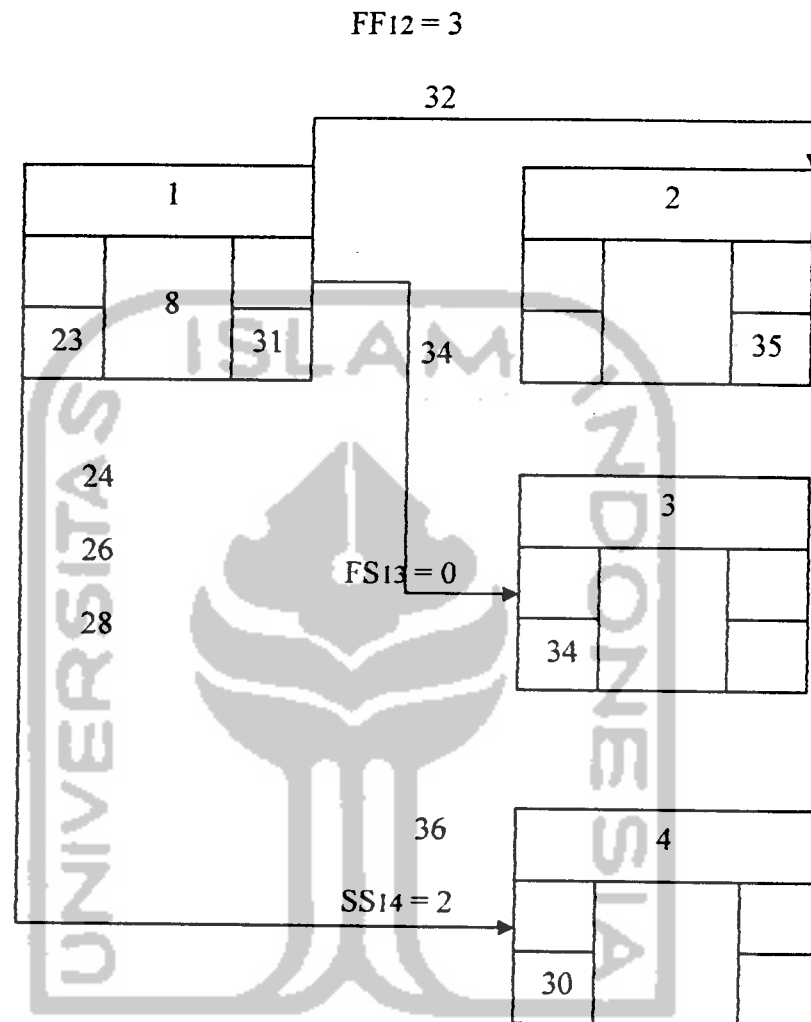
$$LSj = LFj - Dj$$

- d. Diambil angka LS terkecil dari beberapa pekerjaan yang berlangsung secara bersamaan.

$$LFj = \min(LFjk)$$

$$LSj = \min(LFjk) - Dj$$

Misal, untuk j = pekerjaan 1 dan k = pekerjaan 2, 3, 4



- Tinjauan pada hubungan pekerjaan 1 dengan pekerjaan 2

$$LF_1 = LF_2 - FF_{12} = 35 - 3 = 32$$

$$LS_1 = LF_1 - D_1 = 32 - 8 = 24$$

- Tinjauan pada hubungan pekerjaan 1 dengan pekerjaan 3

$$LF_1 = LS_3 - FS_{13} = 34 - 0 = 34$$

$$LS_1 = LF_1 - D_1 = 34 - 8 = 26$$

- Tinjauan pada hubungan pekerjaan 1 dengan pekerjaan 4

$$LF_1 = LS_4 - SS_{14} + D_1 = 30 - 2 + 8 = 36$$

$$LS_1 = LF_1 - D_1 = 36 - 8 = 28$$

Dari hitungan diatas, maka diambil hasil dari  $LF_1$  dan  $LS_1$  yang terkecil, yaitu :

$$LF_1 = \min(LF_1) = 32$$

$$LS_1 = \min(LS_1) = 24$$

### 3.4.3.3 Total Float

Merupakan waktu tenggang total atau keterlambatan suatu pekerjaan yang diperkenankan tanpa mempengaruhi penjadwalan proyek.

Beberapa hal yang digunakan dalam mendapatkan Jalur kritis, yaitu :

a. Notasi yang digunakan adalah TF

i		
ES <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	EF <sub>i</sub>
LS <sub>i</sub>		LF <sub>i</sub>

$$TF_i = LS_i - ES_i \text{ atau}$$

$$TF_i = LF_i - LS_i$$

- b. Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama,  $ES=LS$
- c. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama,  $EF=LF$
- d. Kurun waktu keseluruhan pekerjaan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal,  $LF-ES=D$
- e. Jika hanya sebagian dari beberapa pekerjaan bersifat kritis, maka pekerjaan tersebut secara utuh dianggap kritis (Iman Soeharto, 1995).

Kelebihan dari PDM, antara lain :

- a. Kelengkapan bentuk hubungan logika memudahkan untuk digunakan

- b. Metode ini sangat baik digunakan untuk pekerjaan konstruksi yang setipe dan mengalami pengulangan (*repetitive construction activities*)
- c. Metode ini juga menggunakan sistem *overlapping* (M.T Callahan dkk, 1992).

Dalam pengaplikasian metode PDM ke bentuk metode *Linear Scheduling Method* (LSM), hasil Durasi tiap pekerjaan dengan hubungan ketergantungan antar pekerjaan yang berbeda-beda kemudian dimasukkan ke dalam pendiagraman LSM menggunakan *vector* sebagai penghubung antar bagan balok atau garis *linear* pada tiap jenis pekerjaan.

Untuk memudahkan dalam membuat penggabungan pada metode tersebut, dapat menggunakan langkah-langkah dalam mengaplikasikannya.

#### 3.4.3.4 Langkah-langkah membuat PDM pada Diagram LSM, yaitu :

1. Menghitung Volume pekerjaan

Disesuaikan dengan gambar kerja. Satuan yang dipakai m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>.

2. Menghitung Durasi atau Waktu

Menggunakan rumus metode Bar Chart yaitu Volume pekerjaan :  
Produktivitas kerja. Satuan yang disering dipakai hari dan minggu.

3. Membuat Diagram LSM

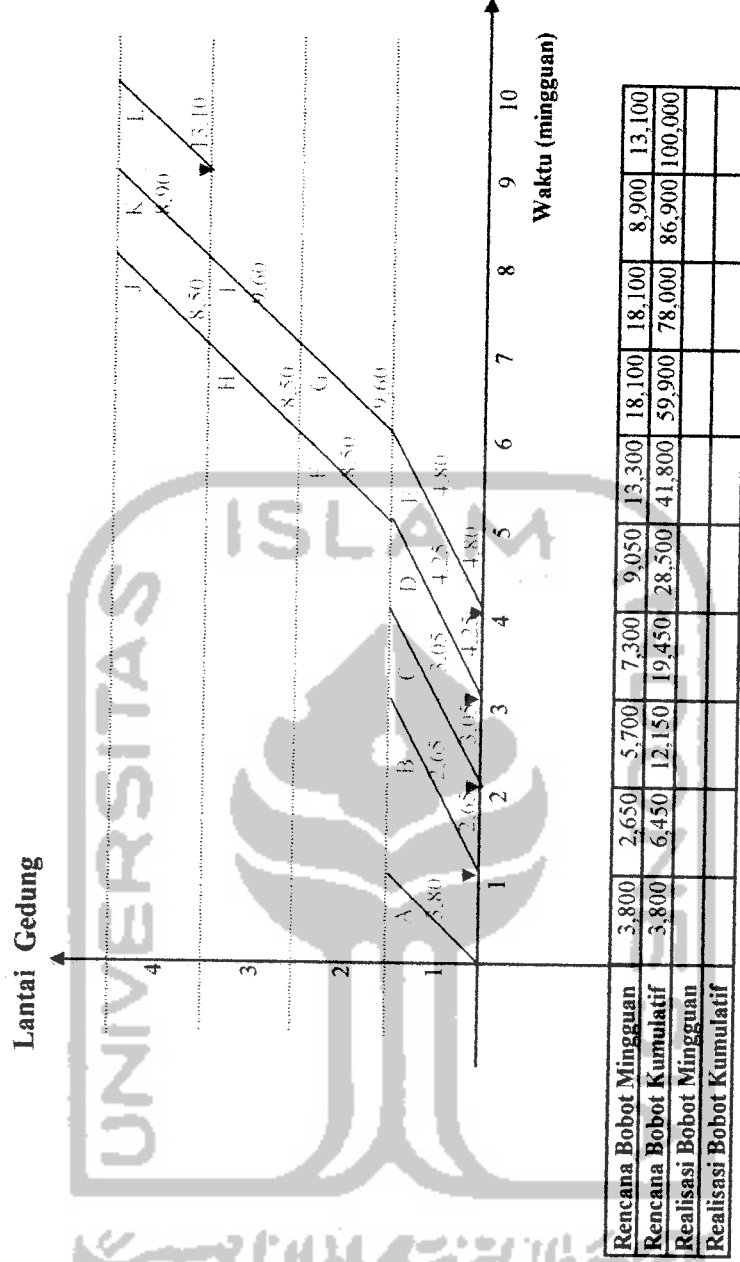
Hasil waktu yang didapat kemudian diplotkan secara individu per tiap jenis pekerjaan ke dalam diagram LSM.

4. Membuat Hubungan antar pekerjaan yang saling mengikuti (PDM)

Bentuk hubungan PDM pada diagram LSM menggunakan *vector* sebagai penghubung antar bagan balok atau garis *linear* pada tiap jenis pekerjaan.

### 3.4.3.5 Contoh Bentuk PDM pada Diagram LSM

Lantai Gedung	Notasi Jenis Pekerjaan
1	A. Pengukuran
	B. Galian tanah
	C. Pondasi
	D. Kolom
2	E. Balok, Pelat lantai, Luifel dan Tangga
	F. Kolom
3	G. Balok, Pelat lantai, Luifel dan Tangga
	H. Kolom
4	I. Balok, Pelat lantai, Luifel dan Tangga
	J. Kolom
	K. Balok dan Luifel



Gambar 3.4 Bentuk PDM pada Diagram LSM

#### 3.4.4 *Linear Scheduling Method*

Merupakan suatu teknik perencanaan produksi yang hanya berlaku untuk suatu konstruksi yang berulang-ulang secara *typical* atau *multi-unit scheduling* (RA. Burgess, 1979). Nama lain dari *Linear Scheduling Method* (LSM) yaitu *The Line of Balance* (LOB) atau *Vertical Production Method* (VPM) (Robert dkk, 1998).

Dasar dari bentuk penjadwalan LSM adalah pendiagraman yang digunakan untuk merencana dan mencatat kemajuan dari waktu keseluruhan pekerjaan dalam proyek secara berkesinambungan.

Pada beberapa pekerjaan, misal proyek pembangunan konstruksi gedung dalam membagi pekerjaan disesuaikan dengan pengelompokan kerja pada satu pengoperasian yang menghasilkan bentuk *linear nature* secara *sequence*. Pekerjaan tersebut meliputi pengukuran, galian tanah, pondasi, kolom, balok, pelat lantai dan atap. Sedangkan pada metode penjadwalan jaringan kerja atau *network schedules* pada pekerjaan yang mengalami pengulangan secara *sequence*, dalam membagi tiap jenis pekerjaan menggunakan pembagian yang terlalu kecil di tiap sub-sub bagian per tiap lokasi dimana hasil durasi menjadi sangat kecil dan sering terjadi pengulangan pekerjaan yang berlebihan (*boringly repetitious*). sehingga, perlu dibuat pembagian pekerjaan berdasarkan pengelompokan per tiap jenis pekerjaan dengan tidak membagi berdasarkan per sub-sub bagian.

Beberapa proyek konstruksi yang sering menggunakan metode ini antara lain bangunan konstruksi bertingkat (*high-rise*), perumahan, proyek transportasi

yaitu jalan raya dan jembatan, lapangan terbang, sistem pemipaan, *mass transit*, pencetakan atau fabrikasi dan penggalian terowongan (Robert dkk, 1998).

#### 3.4.4.1 Unsur-unsur dasar pada Diagram LSM

##### 1. Durasi atau Waktu

Merupakan lama waktu yang dibutuhkan untuk dapat menyelesaikan pekerjaan dari lokasi satu ke lokasi berikutnya secara berkesinambungan. Satuan waktu biasa menggunakan hari selain jam, minggu maupun bulanan.

Untuk pekerjaan pembangunan gedung bertingkat, minggu merupakan satuan waktu yang paling umum dan efektif dalam penjadwalan waktu. Dengan ukuran waktu tersebut juga diperlukan dalam membuat kalender kerja pada pendigraman LSM atau *Time Schedule* proyek.

##### 2. Lokasi atau Lantai Gedung

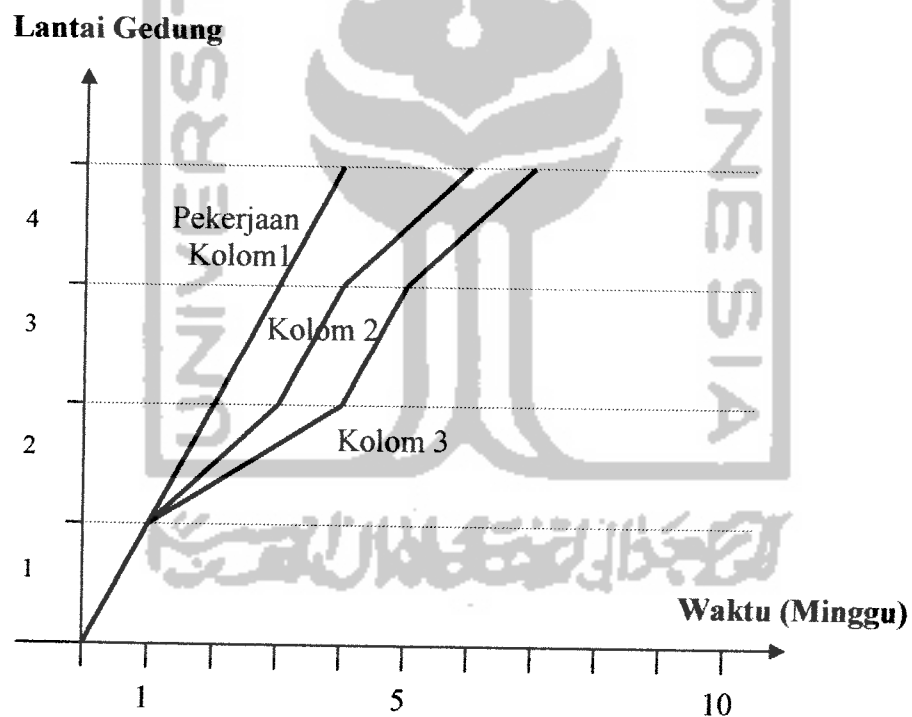
Salah satu cara untuk mengetahui kemajuan kerja pada pendigraman dengan arah vertikal. Dalam mengukur lokasi proyek menggunakan berbagai macam cara antara lain pada bangunan konstruksi (*high-rise*) diukur per tiap lantai gedung, pembangunan perumahan diukur per tiap rumah, proyek transportasi seperti jalan dan jembatan diukur per tiap *station*, per kilometer atau per mil.

##### 3. *Slope* atau kemiringan

Bentuk kemajuan dasar suatu proyek dinyatakan dengan *slope* per tiap pekerjaan dengan tingkat produktivitas yang berbeda-beda terhadap waktu. Perbedaan kemiringan tersebut dipengaruhi oleh penggunaan jumlah tenaga kerja yang telah dikelompokkan dengan komposisi yang berbeda-beda disesuaikan dengan besar volume per tiap pekerjaan (RA. Burgess dkk, 1979).

Semakin kecil derajat kemiringan menunjukkan penggunaan jumlah tenaga kerja sedikit sehingga waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan menjadi lama, sebaliknya semakin besar derajat kemiringan menunjukkan penggunaan jumlah tenaga kerja banyak sehingga waktu yang dibutuhkan menjadi cepat. Misal, pada pekerjaan Kolom dengan menggunakan jumlah tenaga kerja yang berbeda-beda per tiap lantai gedung.

Untuk mengetahui lebih jelas *slope* atau kemiringan dengan tingkat produktivitas yang berbeda-beda dapat dilihat pada gambar berikut,



**Gambar 3.5 Perbandingan tingkat produktivitas**



#### 4. *Overlapping*

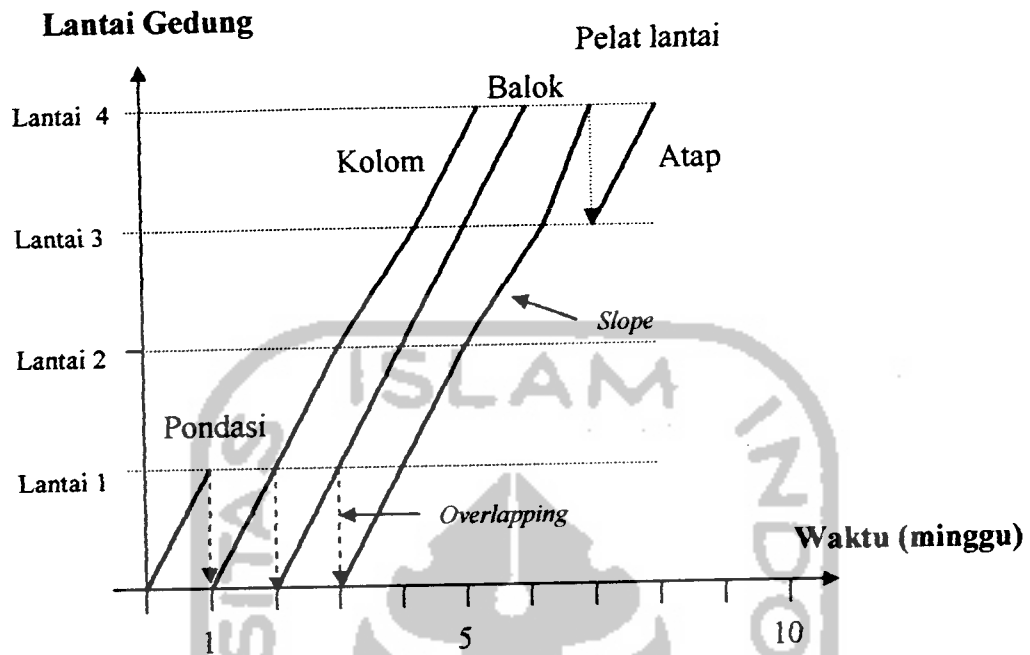
Merupakan suatu rangkaian penyelesaian yang saling mendahului secara terus menerus dan berkesinambungan tanpa perlu berhenti dan menunggu. Sehingga hasil dari waktu menjadi lebih sedikit dan efektif (Robert dkk, 1998).

Bentuk dari sistem ini sangat efektif digunakan terutama pada proyek yang berskala besar dan kompleks sehingga waktu yang didapat menjadi lebih pendek dari waktu rencana.

#### 5. Kegiatan atau Pekerjaan

Berbagai bentuk pekerjaan dibuat pengelompokan yang disesuaikan dengan jenis pekerjaan guna memudahkan dalam penyelesaian suatu pekerjaan. Pada pendigraman LSM, tiap-tiap pekerjaan dibuat menggunakan garis *linear* secara individual per tiap interval sehingga menghasilkan rangkaian garis diagonal.

Untuk mengetahui lebih jelas bentuk tiap-tiap interval per tiap pekerjaan dapat dilihat pada gambar berikut,



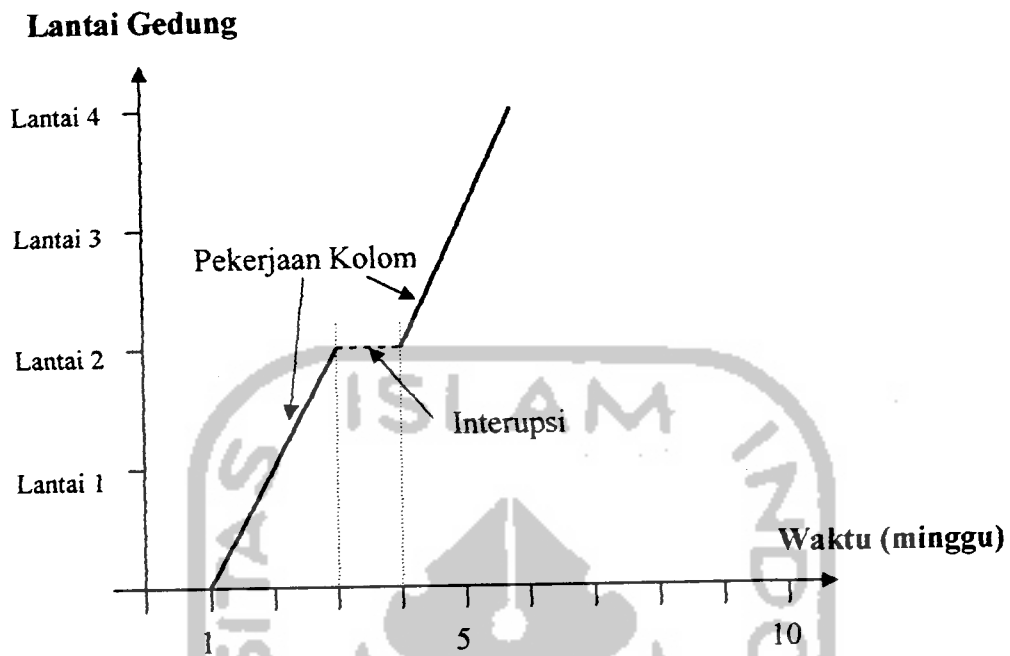
**Gambar 3.6 Interval per tiap pekerjaan pada Diagram LSM**

#### 3.4.4.2 Beberapa hal yang terjadi pada Diagram LSM, yaitu :

##### a. Interupsi

Merupakan suatu peristiwa yang terjadi pada pekerjaan tanpa menghasilkan prestasi kerja yang disebabkan oleh sesuatu hal sehingga pekerjaan tersebut tidak dapat dikerjakan. Misal, pekerjaan Kolom di lantai gedung bagian atas pada saat peristiwa pengangkatan bahan material besi yang menggunakan alat dimana peralatan tersebut terjadi kerusakan sehingga harus menunggu.

Untuk mengetahui lebih jelas bentuk dari terjadinya Interupsi pada pekerjaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut,

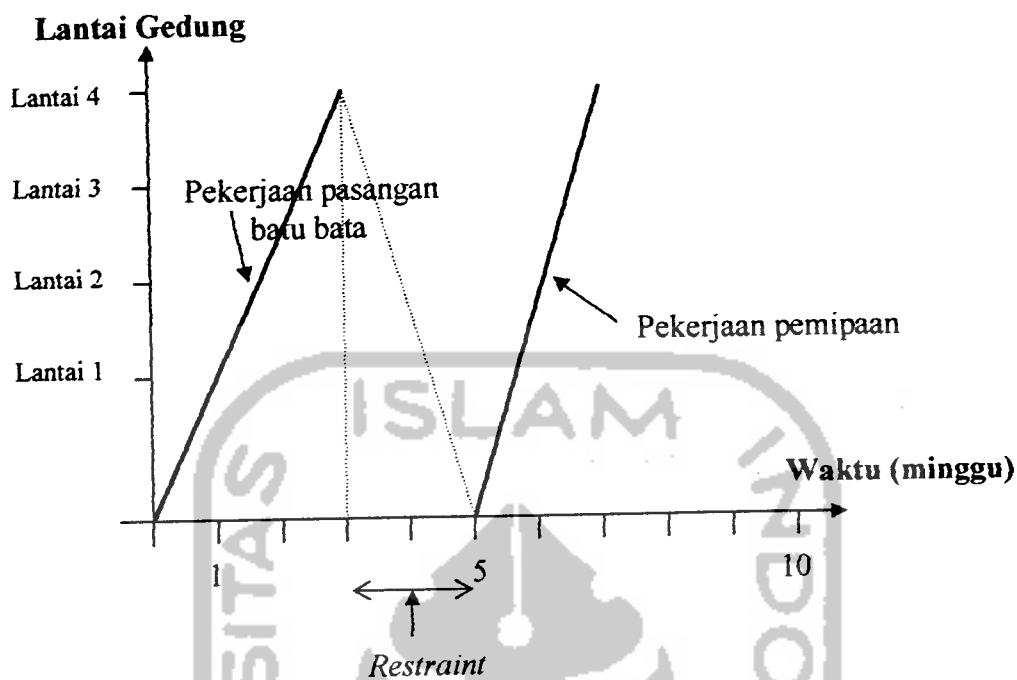


**Gambar 3.7 Diagram terjadinya Interupsi**

**b. Restraint**

Merupakan penundaan waktu mulai yang terjadi pada beberapa pekerjaan disebabkan karena keterbatasan sumber daya baik alat maupun tenaga. Misal, pekerjaan Pemipaan dilaksanakan setelah pekerjaan Pasangan batu bata selesai dilaksanakan. Karena terjadi keterbatasan sumber daya alat pada pipa, maka *Restraint* perlu dilakukan untuk mobilisasi peralatan yang ada.

Untuk mengetahui lebih jelas bentuk dari terjadinya *Restraint* pada pekerjaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut,

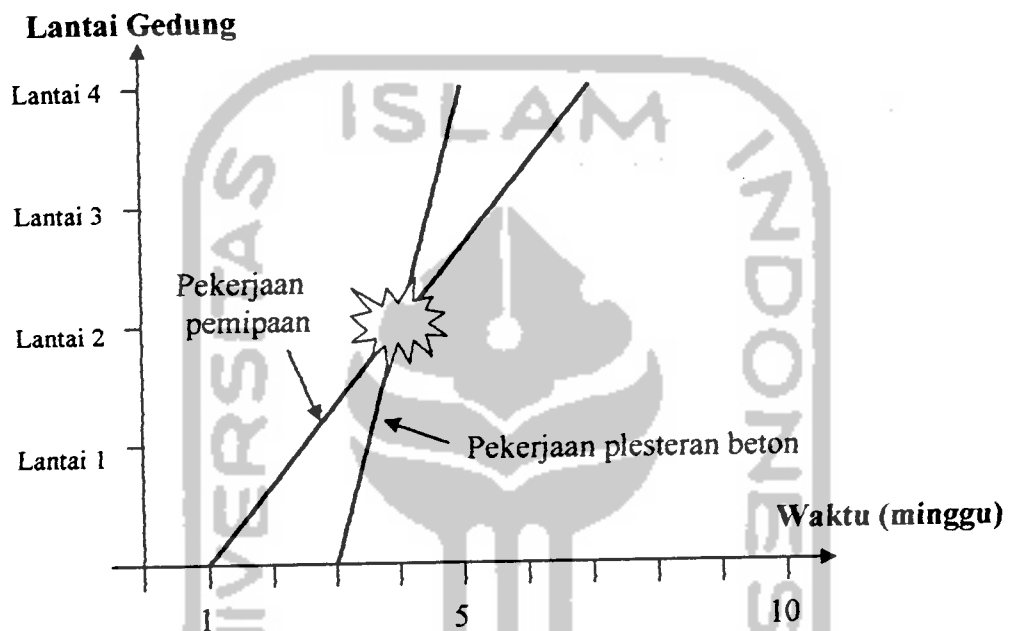


Gambar 3.8 Diagram terjadinya *Restraint*

### c. Buffer

Merupakan selang waktu atau lokasi yang diperlukan dalam penyelesaian keseluruhan pekerjaan. Digunakan untuk mencegah terjadinya pertentangan (*Interference*) antar pekerjaan yang diakibatkan adanya perbedaan tingkat produktivitas atau penggunaan jumlah tenaga kerja. Misal, pada pekerjaan Pemipaan dipasang dengan waktu lebih lama dibandingkan pekerjaan Plesteran beton. Saat pekerjaan Pemipaan dengan berbagai ukuran dan bentuk tipe yang dipasang sesuai penempatan per tiap lokasi, maka pelaksanaan pekerjaan Plesteran beton ditunda sampai pekerjaan Pemipaan mencapai waktu yang cukup. Setelah itu pekerjaan Plesteran beton dapat dilaksanakan kembali.

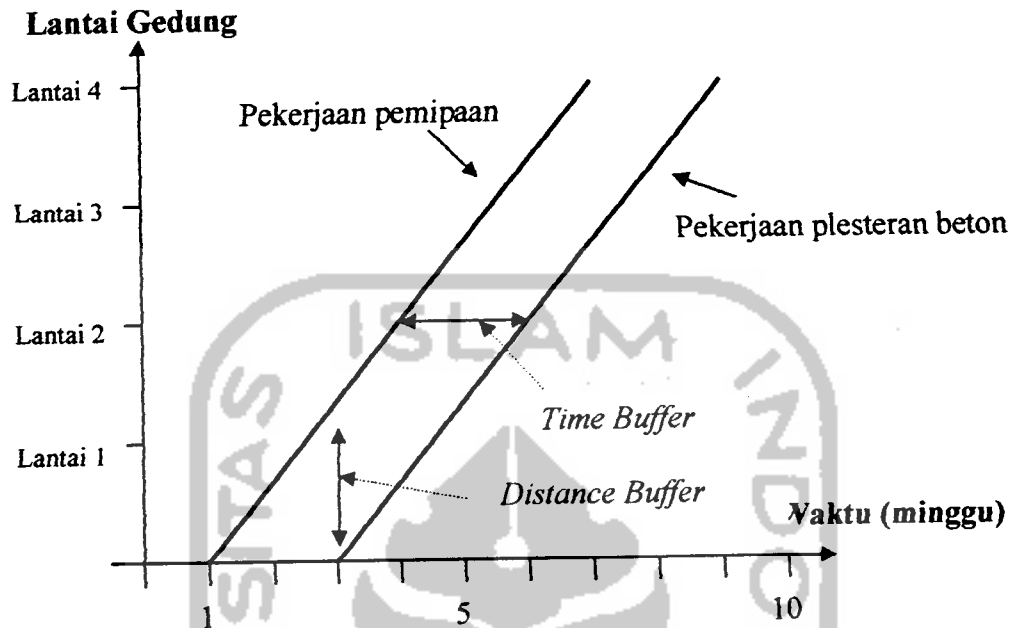
Untuk mengetahui lebih jelas bentuk dari pekerjaan yang tidak menggunakan *Buffer* sehingga terjadi *Interference* dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar 3.9 Pekerjaan tanpa menggunakan *Buffer*

Dalam mendapatkan waktu yang efektif pada pekerjaan di pendiagraman LSM, dapat digunakan cara dengan meminimumkan *buffer* dan menggunakan *slope* yang besar dari waktu mulai per tiap pekerjaan (MT. Callahan, 1992).

Untuk mengetahui lebih jelas bentuk dari pekerjaan yang menggunakan *Buffer* dengan selang waktu (*Time buffer*) dan lokasi (*Distance buffer*) pada pekerjaan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar 4.0 Pekerjaan menggunakan Buffer

#### 3.4.4.3 Beberapa variabel *Input* dari Sumber daya yang mempengaruhi pendiagraman LSM, yaitu :

##### a. Tenaga Kerja

Merupakan faktor utama dalam melaksanakan pekerjaan secara keseluruhan. Penggunaan jumlah tenaga kerja sangat berpengaruh pada kinerja proyek disamping kualitas dan keahlian masing-masing pekerja sesuai jenis pekerjaan.

##### b. Perlengkapan Alat

Peralatan yang lengkap sangat mempengaruhi cepat atau lambat dalam melaksanakan pekerjaan. Karena tanpa menggunakan alat yang modern maupun tradisional pekerjaan proyek akan mengalami suatu hambatan.

c. Bahan-bahan Material

Banyaknya bahan dan kualitas dari material sangat berpengaruh terhadap lama usia bangunan. Bila campuran bahan material dikurangi dengan perbandingan yang lebih sedikit serta berkualitas rendah, maka sangat dimungkinkan bahwa bangunan tersebut tidak akan bertahan dengan waktu yang cukup lama (M.T Callahan dkk, 1992).

Kelebihan dari metode LSM, antara lain :

- a. Bentuk pendiagraman sangat sederhana dan mudah dimengerti baik aspek-aspek detail secara menyeluruh dari perencanaan dan pengontrolan digambarkan pada satu diagram (R.A Burgess, 1979)
- b. Dapat memperlihatkan lama durasi atau waktu per tiap pekerjaan per tiap lantai gedung
- c. Dapat digunakan untuk mempercepat maupun memperlambat waktu beberapa pekerjaan dengan kebutuhan biaya yang dikeluarkan disertai dengan perubahan penjadwalan waktu yang ada

Kekurangan dari metode LSM, antara lain :

- a. Tidak dapat mengetahui volume tiap satuan pekerjaan per tiap lantai gedung dimana tidak diketahui letak produktivitas kerja dan tidak ada prestasi kerja serta hubungan antar pekerjaan

- b. Pekerjaan harus dapat dikelompokkan ke tiap-tiap jenis pekerjaan dan tidak dapat dibagi-bagi terlalu kecil karena kesulitan dalam hal pengontrolan dan pengendalian pada pendiagraman LSM
- c. Bentuk penjadwalan menjadi tidak efektif manakala pekerjaan konstruksi berada di tengah perkotaan dan terjadi pertentangan (*Interference*). Misal, pekerjaan jembatan saat pelayanan lalu lintas jalan raya maupun kereta api berjalan setiap hari sedangkan pekerjaan jembatan harus dapat terselesaikan (M.T Callahan, 1992).

#### 3.4.4.4 Langkah-langkah didalam membuat Diagram LSM, antara lain :

##### 1. Menghitung Volume pekerjaan

Disesuaikan dengan gambar kerja. Satuan yang dipakai m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>.

##### 2. Menghitung Durasi atau Waktu

Menggunakan rumus metode Bar Chart yaitu Volume pekerjaan :  
Produktivitas kerja. Satuan yang disering dipakai hari dan minggu.

##### 3. Membuat Diagram LSM

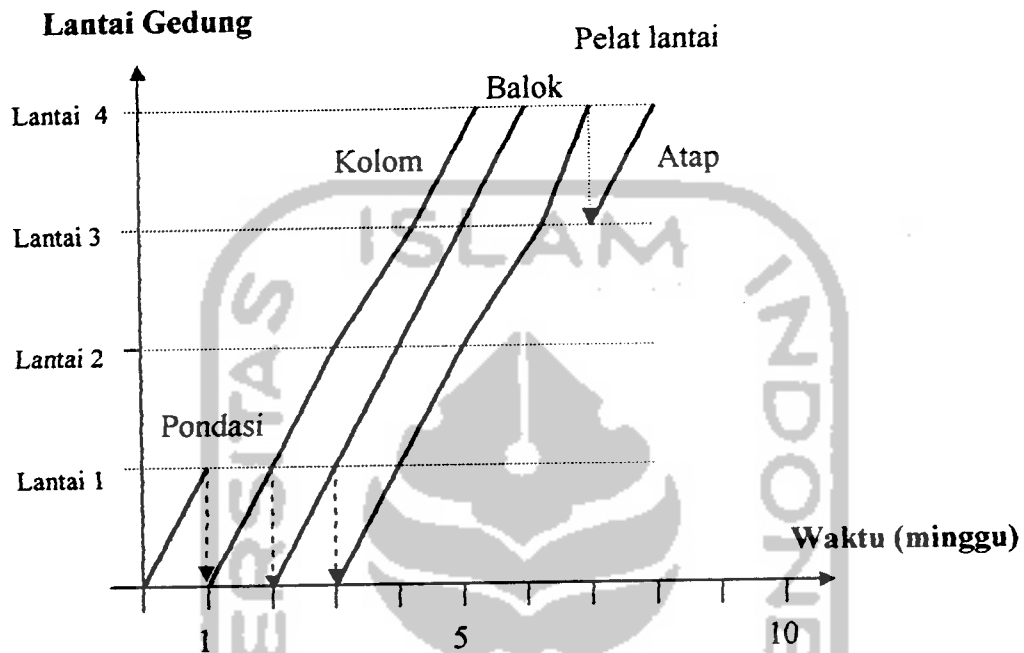
Hasil waktu yang didapat kemudian diplotkan secara individu per tiap jenis pekerjaan ke dalam diagram LSM.

#### 3.4.4.5 Bentuk Gambar Diagram LSM

Penggambaran diagram pada arah horisontal menunjukkan waktu dengan satuan yang sering dipakai hari dan minggu. Sedangkan arah vertikal menunjukkan lokasi per tiap lantai gedung. Pada pembuatan tiap-tiap pekerjaan pada diagram dibuat menggunakan garis *linear* secara individual per tiap interval sehingga menghasilkan rangkaian garis diagonal.



Untuk mengetahui lebih jelas bentuk Diagram LSM dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar 4.1 Bentuk Diagram LSM

### 3.4.5 Modifikasi LSM dengan Bar Chart, Kurva-S dan PDM

Modifikasi LSM merupakan suatu metode penggabungan satu atau lebih pada metode LSM dari beberapa metode antara lain Bar Chart, Kurva-S dan PDM agar saling melengkapi sehingga didapat perencanaan waktu yang lebih optimal.

Metode Bar Chart pada pendigraman LSM, menggunakan bagan balok dengan kemiringan garis pada arah horisontal sesuai besar volume pekerjaan dan produktivitas kerja dimana menghasilkan durasi pekerjaan per tiap lantai gedung. Untuk hasil bobot prestasi mingguan per tiap pekerjaan dibagi per tiap minggu. Kemudian dari hasil bobot prestasi kumulatif secara keseluruhan per tiap

pekerjaan per lantai gedung dapat dibuat Kurva-S. Sehingga dari bentuk Kurva-S tersebut dapat diketahui kemajuan dasar metode LSM.

Metode PDM merupakan bentuk penjadwalan dengan jaringan kerja menggunakan AON. Bentuk dari hubungan ketergantungan antar pekerjaan diatur lebih rinci dan detail. Metode ini menggunakan 4 macam hubungan logika yaitu *Start to Start (SS)*, *Start to Finish (SF)*, *Finish to Start (FS)* serta *Finish to Finish (FF)* dengan menggunakan selang waktu antar pekerjaan yaitu *lead time* dan *lag time*. Untuk mendapatkan jalur kritis dari keseluruhan proyek, digunakan perhitungan maju (*The Forward Pass*) dan perhitungan mundur (*The Backward Pass*) dengan hasil  $ES=LS$ ,  $EF=LF$  sehingga  $Total Float=0$ . Pada pendiagraman LSM menggunakan *vector* sebagai penghubung antar bagan balok atau garis *linear* pada tiap jenis pekerjaan secara *overlapping*.

#### 3.4.5.1 Parameter dari Modifikasi LSM antara metode Bar Chart, Kurva-S dan PDM yaitu :

##### 1. Durasi

Merupakan bagian yang terpenting dari proses penyelesaian pekerjaan dengan lama waktu sesuai bentuk dan jenis per tiap pekerjaan

##### 2. Sistem *Overlapping*

Suatu rangkaian penyelesaian yang saling mendahului secara terus menerus dan berkesinambungan tanpa perlu berhenti atau menunggu sehingga menghasilkan waktu lebih efektif (Robert dkk, 1998).

Keuntungan dari Modifikasi LSM, antara lain :

- a. Mendapatkan hasil *Schedule* waktu yang lebih lengkap dari kelebihan maupun kekurangan per tiap metode
- b. Pelaksanaan pekerjaan pada proyek lebih efektif dan terkendali dengan menggunakan penjadwalan bentuk pendiagraman dimana telah mencakup dari keseluruhan metode
- c. Secara visual lebih dapat dimengerti dan dipahami dari penggabungan bentuk beberapa metode
- d. Dasar kemajuan kerja per tiap pekerjaan lebih mudah diketahui di setiap lokasi per tiap lantai gedung.

#### 3.4.5.2 Langkah-langkah pembuatan *Scheduling* Modifikasi LSM, yaitu :

1. Menghitung Volume pekerjaan.

Berdasarkan volume masing-masing jenis pekerjaan sesuai dengan gambar rencana kerja. Satuan yang dipakai m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>.

2. Menghitung Durasi atau Waktu

Berdasarkan perhitungan metode Bar Chart dengan rumus yaitu Volume pekerjaan : Produktivitas kerja. Satuan yang biasa dipakai yaitu hari dan minggu.

3. Menghitung Harga satuan setiap pekerjaan setiap lantai

Berdasarkan analisis BOW dari jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja.

4. Menghitung Harga masing-masing pekerjaan

Berdasarkan perhitungan dengan rumus yaitu Volume pekerjaan x Harga satuan tiap pekerjaan setiap lantai.

### 5. Menghitung Bobot pekerjaan

$$\frac{\text{Harga Pekerjaan}}{\sum \text{Harga Pekerjaan}} \times 100 \% = \text{Persentase Bobot Pekerjaan}$$

### 6. Membuat Hubungan antar pekerjaan yang saling mengikuti

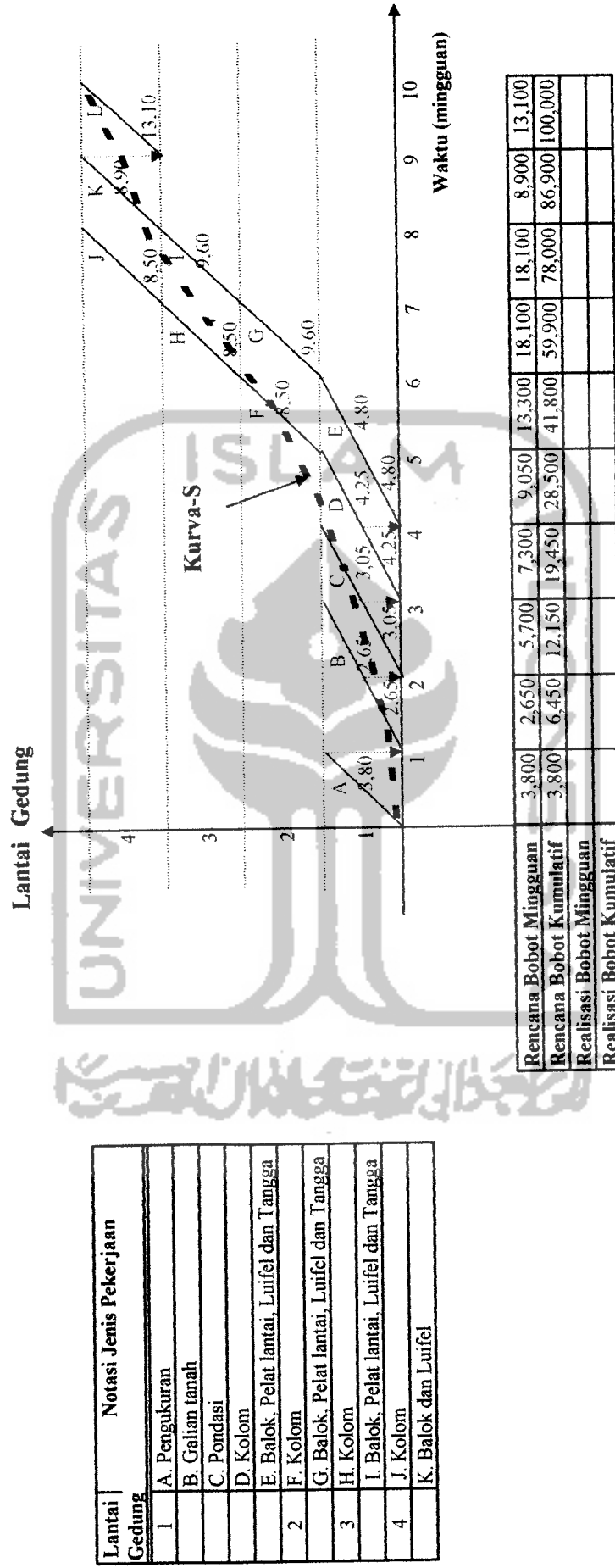
Diambil dari bentuk hubungan antar pekerjaan pada metode PDM. Dalam memasukkan ke pendiagraman, menggunakan *vector* sebagai penghubung antar bagan balok atau garis *linear* pada tiap jenis pekerjaan secara *overlapping*.

### 7. Membuat diagram Modifikasi LSM

Pada arah vertikal menunjukkan lokasi per tiap lantai gedung dan arah horisontal menunjukkan waktu dengan satuan minggu. Hasil waktu per tiap pekerjaan dari metode Bar Chart diplotkan secara individu ke dalam pendiagraman. Sedangkan hasil bobot prestasi secara kumulatif dibuat membentuk Kurva-S. Untuk metode PDM tidak memperlihatkan bentuk hubungan ketergantungan, tetapi dalam memasukkan ke pendiagraman menggunakan *vector*.



### 3.4.5.2 Contoh Bentuk Diagram Modifikasi LSM



Gambar 4.2 Bentuk Diagram Modifikasi LSM