

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Umum

Perencanaan adalah kegiatan pemilihan atau penetapan tujuan-tujuan organisasi dan penentuan strategi, sasaran, program, target, prosedur, metode, sistem, anggaran, waktu, dan standar-standar yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan organisasi. Tujuan dan manfaat perencanaan adalah :

- a. menggariskan secara jelas dan tepat tujuan dari kegiatan yang dilakukan secara menyeluruh (jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang), dan apa yang harus dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut.
- b. Sebagai pedoman dan arah kegiatan, sekaligus tata kerjanya, sehingga hubungan dan koordinasi antar bagian dapat dilaksanakan.
- c. Karena perencanaan suatu kegiatan/hasil dari proses suatu pelaksanaan, evaluasi dan penilaian, maka akan memperbaiki praktik dan metode bekerja organisasi/kegiatan.
- d. Perencanaan merupakan suatu alat pengendalian dan pengukur/pembanding hasil pelaksanaan kegiatan.
- e. Perencanaan yang baik menjamin penggunaan sumber-sumber daya yang tersedia secara efektif dan efisien.

(KBK Menejemen Konstruksi, 2001)

3.2. *Linear Scheduling Method*

Linear Scheduling Method (LSM) adalah sebuah metoda perencanaan proyek berbentuk diagram yang membandingkan waktu dan lokasi. Metoda ini digunakan untuk merencanakan dan mencatat kemajuan berbagai kegiatan yang berlangsung secara kontinyu selama masa pelaksanaan proyek (Shi,2000). LSM diyakini mampu menyajikan sebuah teknik perencanaan yang efektif jika diterapkan pada proyek-proyek yang bersifat linier.

Sebuah proyek konstruksi dapat dikatakan sebagai proyek linier berdasarkan dua macam keadaan (Vorster dkk, 1992), yaitu:

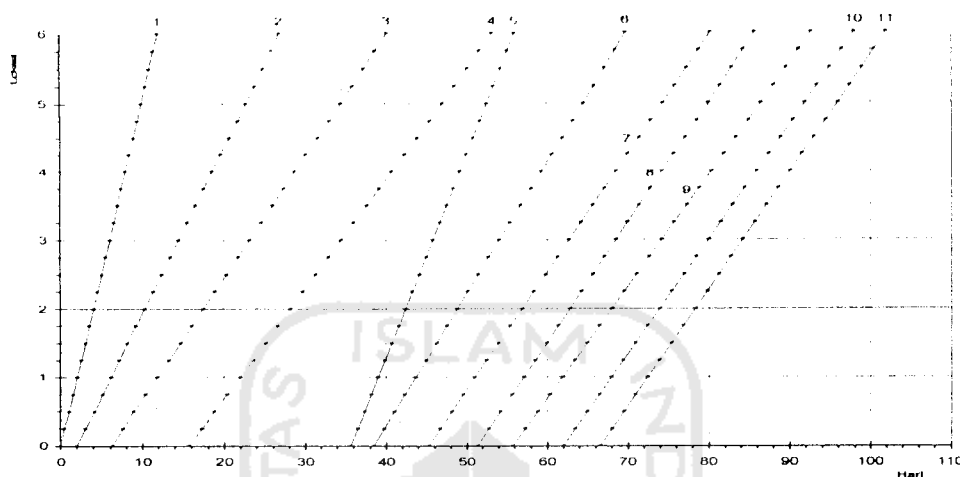
- a. Berdasarkan unit-unit pekerjaan yang dilakukan secara berulang-ulang selama proyek berlangsung. Contoh : proyek perumahan dan pembangunan gedung bertingkat.
- b. Berdasarkan kondisi fisik proyek tersebut. Proyek-prroyek yang termasuk dalam kategori ini adalah proyek pembangunan jalan raya, terowongan, dan proyek pemasangan jaringan pipa.

LSM digambarkan dengan sumbu x dan sumbu y. Sumbu x menunjukkan durasi proyek, sedangkan sumbu y menunjukkan lokasi proyek. Satuan waktu yang digunakan dapat berupa jam, hari, minggu atau bulan, bervariasi menurut ketelitian pemantauan yang diinginkan. Satuan lokasi yang digunakan bervariasi sesuai dengan tipe proyek yang direncanakan, misalnya:

1. lantai atau tingkat pada bangunan gedung bertingkat,
2. unit pada bangunan rumah,
3. station atau jarak pada pembangunan konstruksi jalan raya,

4. pembangunan jalan rel kereta, pemasangan jaringan pipa dan sebagainya.

Diagram LSM secara sederhana dapat dilihat pada gambar 3.1.



Keterangan :

1 : Pek. Persiapan

2 : Pek. Tanah & Pondasi

3 : Pek. Sloof & Kolom

4 : Pek. Dinding Bata

5 : Pek. Ring Balok

6 : Pek. Rangka & Penutup Atap

7 : Pek. Plesteran

8 : Pek. Plafond

9 : Pek. Lantai

10 : Pek. Instalasi Listrik

11 : Pek. Pengecatan

Gambar 3.1. Diagram LSM

3.3. Perkembangan *Linear Scheduling Method*

Linear Scheduling Method mempunyai beberapa persamaan dengan sebuah metode penjadwalan linier yang sudah terlebih dahulu ada, yaitu *Line of Balance*. *Line of Balance* pertama kali oleh Angkatan Laut Amerika Serikat pada awal tahun '50-an.

Line of Balance digunakan pada industri manufaktur dan produksi, sebagai alat kontrol laju produksi barang. Sejalan dengan semakin beragam dan semakin kompleksnya proyek-proyek yang ada, *Line of Balance* kemudian berkembang menjadi berbagai macam teknik penjadwalan linier dengan nama yang berbeda-beda pula.

Salah satunya adalah *Vertikal Production Method*. Metoda ini pertama kali diperkenalkan oleh James J. O'Brien pada tahun 1975. *Vertikal Production Method* merupakan teknik penjadwalan linier yang diterapkan pada proyek pembangunan gedung bertingkat.

Teknik penjadwalan linier lain yang berkembang adalah *Linear Scheduling Method*. Metoda ini pertama kali diperkenalkan oleh David W Jhonston. Dalam penelitiannya pada jurnal yang diterbitkan oleh *American Society of Civil Engineering* pada tahun 1981 tersebut, David W Jhonston memaparkan konsep dasar *Linear Scheduling Method*, yang diterapkan pada proyek pembangunan jalan raya.

Selain kedua metode di atas, terdapat beberapa teknis penjadwalan linier lain yang berkembang, diantaranya : *Time-Location Matrix Model*, *Time Space Scheduling*, *Time Versus Distance Diagrams*, dan *Linear Balancing Chart*.

3.4. Elemen-elemen *Linear Scheduling Method*

3.4.1. Simbol-simbol Kegiatan

Pada *Linear Scheduling Method*, terdapat tiga macam simbol dasar kegiatan yang dapat digambarkan, disesuaikan atau mewakili jenis-jenis kegiatan yang ada (Vorster dkk, 1992). Tiga macam simbol dasar kegiatan tersebut adalah:

1. *Lines*

Lines atau garis digunakan untuk mewakili kegiatan-kegiatan yang pergerakannya relatif teratur dilakukan dari satu lokasi ke lokasi lain. Simbol garis tersebut terbagi lagi dalam empat macam simbol (Harmelink dan Rowings, 1998), yaitu:

- a. ***Continuous Full-span Linear*** atau CFL digunakan untuk menggambarkan kegiatan-kegiatan dalam proyek yang dilakukan dengan berurutan secara teratur dari lokasi awal sampai lokasi akhir proyek yang direncanakan, CFL digambarkan dengan garis yang menerus dan tidak terputus-putus.
- b. ***Intermittent Full-span Linear*** atau IFL digunakan untuk mewakili kegiatan-kegiatan dalam proyek yang dilakukan dari lokasi awal sampai lokasi akhir proyek yang direncanakan, dalam urutan yang tidak teratur sebagaimana CFL. IFL digambarkan dengan garis yang terputus-putus.
- c. ***Continuous Partial-span Linear*** atau CPL digunakan untuk mewakili kegiatan yang tidak dilakukan dari lokasi awal proyek rencana. Akan tetapi kegiatan tersebut dilakukan secara teratur dari lokasi yang telah ditentukan hingga lokasi akhir proyek. Sebagaimana dengan CFL, CPL digambarkan dengan garis tebal yang tidak terputus-putus.
- d. ***Intermittent Partial-span Linear*** atau IPL digunakan pada kegiatan-kegiatan yang dilakukan dari lokasi awal proyek rencana. Lain halnya dengan CPL, kegiatan yang digambarkan dengan IPL tidak dilakukan secara teratur dari lokasi yang telah ditentukan hingga lokasi akhir proyek. IPL digambarkan dengan garis terputus-putus.

2. **Block**

Simbol ini digunakan untuk menampilkan satu jenis kegiatan yang dilakukan pada lokasi-lokasi tertentu pada tempat yang telah direncanakan. Contoh kegiatan yang dapat diwakili dengan simbol ini adalah pemutusan atau pengaturan aliran listrik sementara.

Simbol *block* terbagi menjadi dua macam (Harmelink dan Rowings, 1998), yaitu:

a. **Full-span Block**

Full-span Block (FB) digunakan untuk mewakili kegiatan-kegiatan "*block*" yang dilakukan dari lokasi awal hingga lokasi akhir proyek.

b. **Partial Block**

Partial Block (PB) digunakan untuk mewakili kegiatan-kegiatan "*block*" yang tidak dilakukan dari lokasi awal hingga lokasi akhir proyek. Kegiatan-kegiatan tersebut dilakukan di lokasi-lokasi tertentu dengan jarak tertentu pula.

3. **Bar**

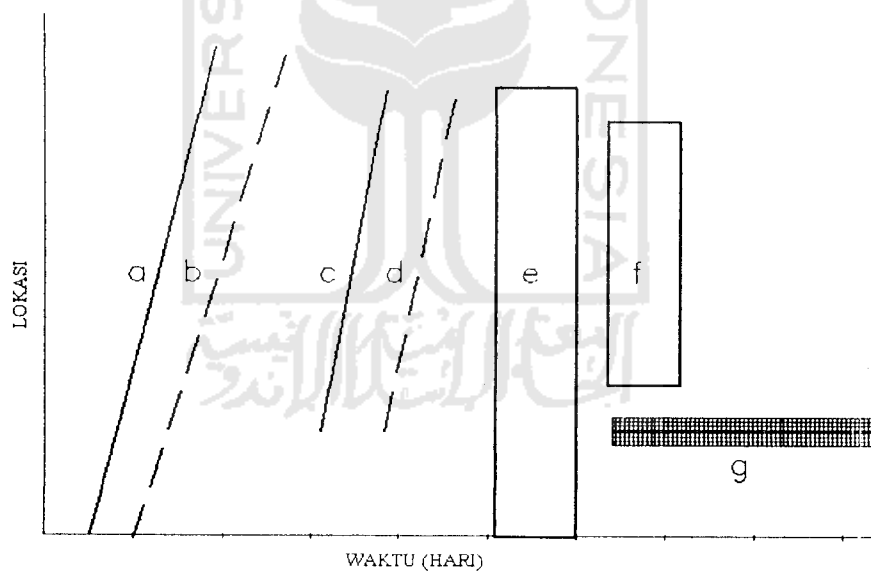
Bar digunakan untuk menampilkan kegiatan yang dilakukan pada lokasi yang telah ditentukan selama waktu tertentu. Secara sepiintas kegiatan yang diwakili oleh simbol *bar* hampir sama dengan kegiatan yang diwakili dengan simbol *block*. Akan tetapi terdapat perbedaan yang cukup signifikan bila keduanya dibandingkan. Simbol *bar* memanjang searah dengan sumbu x atau waktu, sementara simbol *block* memanjang searah sumbu y atau lokasi.

Kegiatan-kegiatan yang diwakili oleh simbol *bar* digolongkan dalam kegiatan khusus atau *discrete activity*. Penjadwalan waktu kegiatan ini lebih baik bila dijadwalkan dengan metoda lain, semisal analisa jaringan kerja. Hasil dari penjadwalannya kemudian dimasukkan kedalam hasil penjadwalan kegiatan lain yang telah dijadwalkan dengan metoda penjadwalan linier.

Beberapa contoh kegiatan yang dapat diwakili dengan simbol ini antara lain :

- Pembuatan pos Satpam atau pos keamanan
- Pembuatan pintu gerbang atau pintu masuk perumahan

Simbol-simbol kegiatan di atas dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Simbol-simbol kegiatan

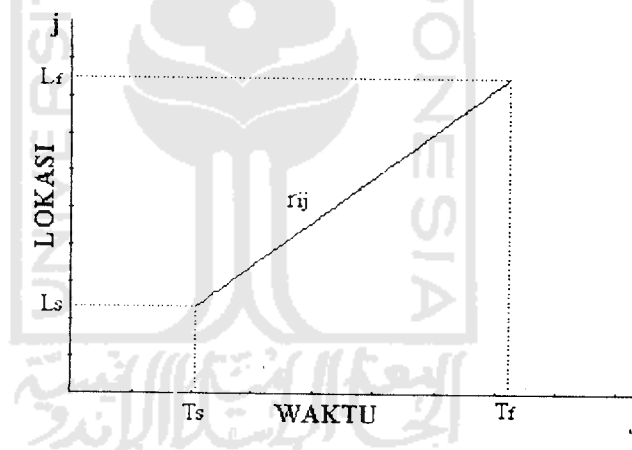
KETERANGAN :

- | | |
|--------------------------------------|------------------------|
| a : Continous full-span linear | e : Full-span block |
| b : Intermittent full-span linear | f : Partial-span block |
| c : Continous partial-span linear | g : Bar |
| d : Intermittent partial-span linear | |

3.4.2. Tingkat Produktivitas

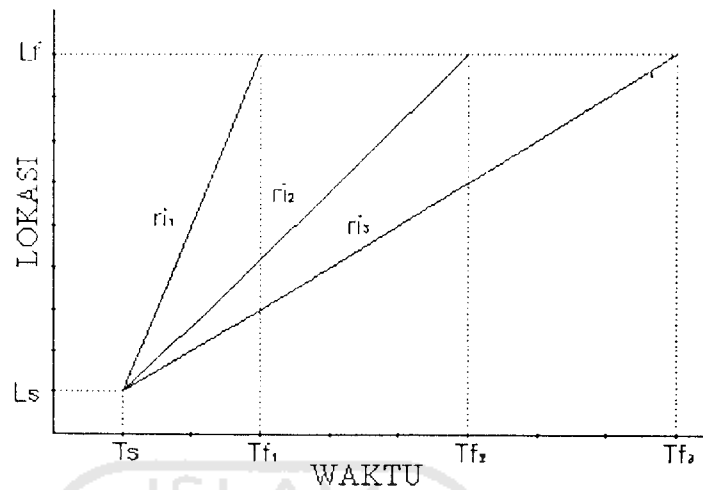
Tingkat produktivitas suatu kegiatan dapat dinyatakan sebagai fungsi dari kegiatan, karakteristik peralatan, tenaga kerja dan kondisi lapangan. Tingkat produktivitas (r_i) suatu kegiatan (i) digambarkan dari titik koordinat lokasi start (L_s) dan waktu awal (T_s). Waktu penyelesaian kegiatan (T_f) diperoleh dari fungsi tingkat produktivitas terhadap volume pekerjaan yang telah diselesaikan. Secara umum, tingkat produktivitas dirumuskan r_{ij} , yang berarti produktivitas kegiatan i pada lokasi j , dimana :

$$i=1,2,3,\dots,n \text{ dan } j=1,2,3,\dots,m$$



Gambar 3.3. Tingkat Produktifitas

Tingkat produktivitas sebuah kegiatan dapat dilihat dari besarnya sudut kemiringan garis yang ditampilkan. Perbandingan tingkat produktivitas tersebut dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Perbandingan tingkat produktifitas

KETERANGAN :

T_s : Waktu awal

T_{f1} : Waktu selesai kegiatan i1

T_{f2} : Waktu selesai kegiatan i2

T_{f3} : Waktu selesai kegiatan i3

L_s : Lokaso awal

L_f : Lokaso akhir

r_{i1} : Tingkat produktifitas kegiatan i1

r_{i2} : Tingkat produktifitas kegiatan i2

r_{i3} : Tingkat produktifitas kegiatan i3

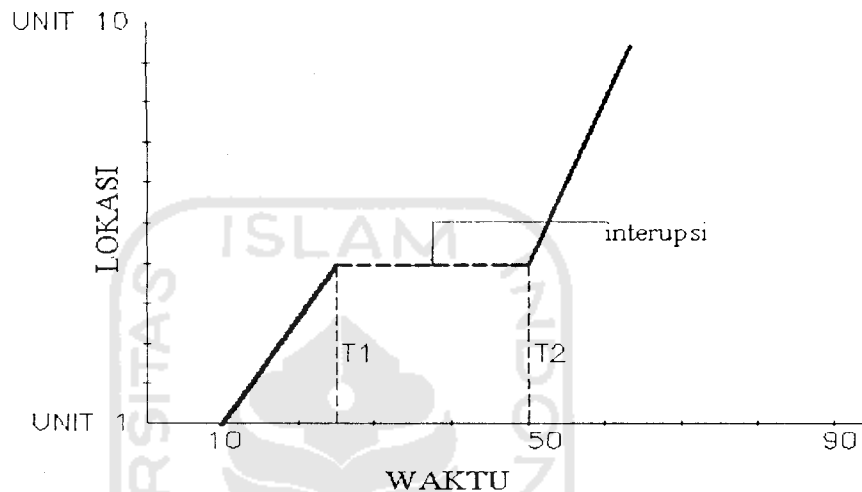
Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar sudut kemiringan suatu garis kegiatan, semakin tinggi pula tingkat produktivitas kegiatan tersebut. Kegiatan i1 mempunyai tingkat produktivitas tertinggi dibandingkan kegiatan i2 dan kegiatan i3, atau dengan kata lain $r_{i1} > r_{i2} > r_{i3}$.

3.4.3. Interupsi dan Restraint

Tingkat produktivitas antara kegiatan yang satu dengan kegiatan yang lain tidaklah selalu sama. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai hal, diantaranya: perbedaan kondisi geografis, kondisi alat yang digunakan, faktor tenaga kerja dan sebagainya.

Interupsi terjadi saat tingkat produktivitas suatu kegiatan mencapai harga nol. Contoh penyebab tingkat produktivitas mencapai nol adalah pada saat kondisi

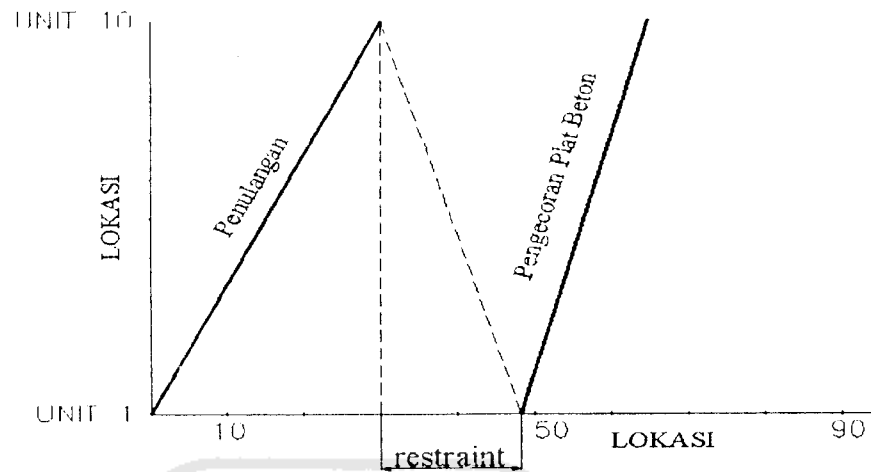
cuaca yang buruk. Saat hujan misalnya, tentunya produktivitas akan terhenti untuk sementara. Pada gambar dapat dilihat sebuah interupsi yang terjadi pada sebuah kegiatan.



Gambar 3.5. Interupsi

Pada gambar 3.5, ditampilkan sebuah interupsi yang terjadi pada kegiatan pekerjaan galian. Interupsi terjadi antara T1 sampai T2. pada saat ini terjadi interupsi, maka tingkat produktivitas mencapai harga nol, sehingga tidak terjadi kemajuan dari kegiatan pekerjaan galian yang dilakukan.

Restraint adalah penundaan waktu mulai sebuah kegiatan yang disebabkan karena keterbatasan sumber daya, baik alat maupun tenaga. Sebagai contoh pada gambar , kegiatan pengecoran plat beton dilakukan setelah seluruh kegiatan pemasangan tulangan baja selesai dilakukan. Mengingat keterbatasan sumber daya yang ada, *restraint* perlu dilakukan untuk pengadaan bahan maupun tenaga.



Gambar 3.6. Restraint

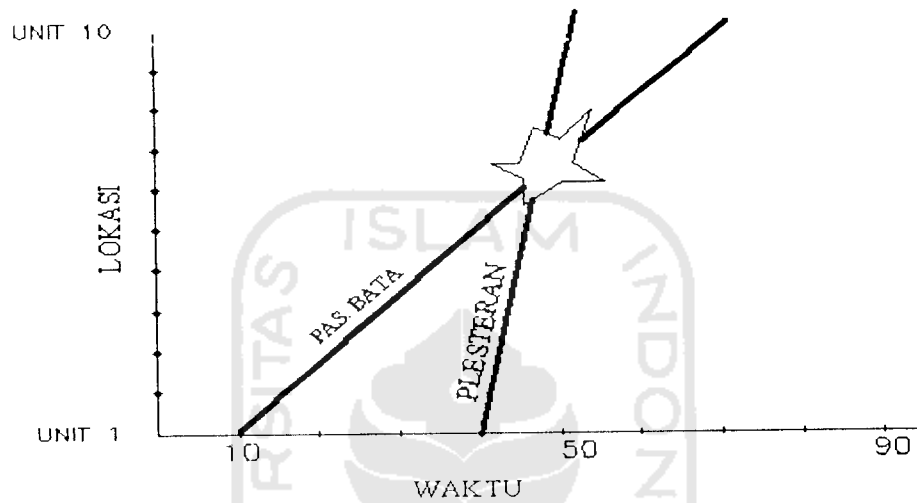
3.4.4. Buffer

Pada umumnya suatu proyek memiliki suatu kegiatan-kegiatan yang harus dilaksanakan secara terus menerus dan berurutan menjadi suatu rangkaian penyelesaian. Akan tetapi tidak semua kegiatan dapat dilakukan terus menerus tanpa henti dalam proses penyelesaiannya. Terkadang dibutuhkan adanya selang, baik waktu maupun lokasi.

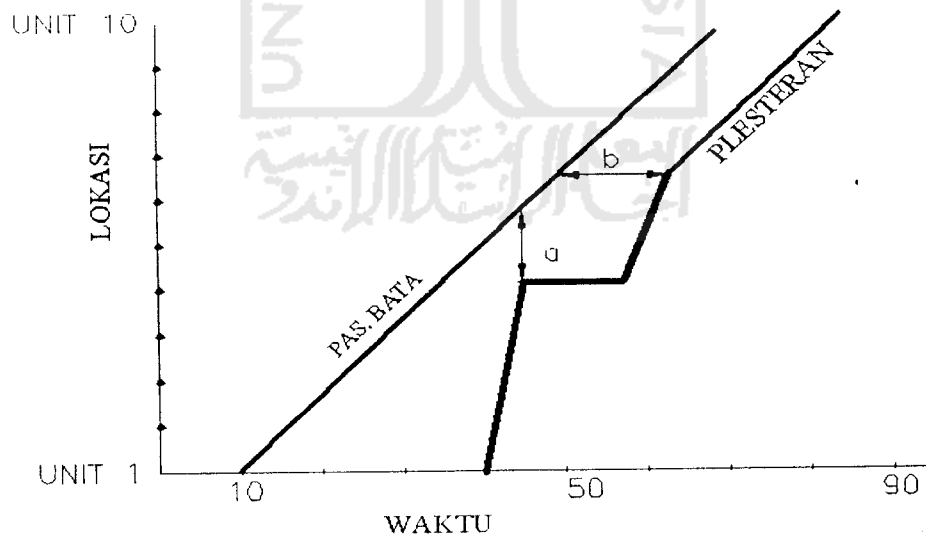
Selang waktu ataupun lokasi yang dibutuhkan dalam penyelesaian kegiatan-kegiatan tersebut disebut *buffer* (Callahan, 1992). *Buffer* berfungsi untuk mencegah terjadinya “pertentangan” antara satu kegiatan dengan kegiatan yang lain yang diakibatkan adanya perbedaan tingkat produktivitas. Gambar 3.7a memperlihatkan dua kegiatan yang saling bertentangan.

Pekerjaan dinding bata merah membutuhkan waktu yang lebih lama dibanding pekerjaan plesteran. Saat pekerjaan pemlesteran dinding mendahului pekerjaan dinding bata merah, untuk mencegah pekerjaan dinding bata merah menghentikan pekerjaan pemlesteran dinding, pekerjaan pemlesteran dinding

dapat ditunda sampai pekerjaan pemasangan dinding bata merah mencapai waktu penyelesaian yang cukup sampai pekerjaan pemlesteran dinding dapat dilanjutkan kembali. Penggunaan *buffer* yang diakibatkan adanya dua kegiatan yang saling bertentangan dapat dilihat pada gambar 3.7b.



Gambar 3.7a. Kegiatan yang saling bertentangan



a : Distance Buffer

b : Time Buffer

Gambar 3.7b. Penggunaan *Buffer*

3.5. Sumber Daya

Linear Scheduling Method menggunakan sumber daya sebagai variabel input. Dalam hal ini, sumber daya termasuk tenaga kerja, material dan peralatan yang digunakan untuk memproduksi suatu kegiatan. Dengan masukan beberapa harga sumber daya pada tingkat produktivitas, maka akan diperoleh sebagai waktu penyelesaian tiap kegiatan.

3.6. Perencanaan Waktu

Tahap perencanaan waktu dalam *Linear Scheduling Method* adalah sebagai berikut :

1. Menentukan urutan kegiatan dan logika ketergantungan antara masing-masing kegiatan.
2. Menentukan volume atau kuantitas dari masing-masing kegiatan.
3. Dari metode perencanaan dapat ditentukan produktivitas kegiatan terhadap satuan waktu.
4. Menyeimbangkan lintasan produksi kegiatan, dengan menentukan waktu mulai paling cepat untuk memulai suatu kegiatan pada lokasi tertentu.

Untuk mempermudah proses perhitungan dalam penjadwalan atau perencanaan waktu, digunakan metoda matematis yang dikembangkan oleh Shlomo Selinger (1980).

Pada *Linear Scheduling Method*, sumbu vertikal menunjukkan lokasi yang dilambangkan dengan notasi (j) dan sumbu horisontal menunjukkan waktu (t). kegiatan atau pekerjaan dilambangkan dengan notasi (i). Secara sederhana, dapat dituliskan :

$$i = 1, 2, 3, 4, \dots, n \dots\dots\dots (3.1)$$

$$j = 1, 2, 3, 4, \dots, n \dots\dots\dots (3.2)$$

dengan :

i = jenis kegiatan

j = lokasi kegiatan

Sebagai contoh, (i,1), (i,2), (i,3), , (i,n), hal ini menggambarkan sebuah kegiatan i pada lokasi 1, kegiatan i pada lokasi 2, kegiatan i pada lokasi 3,..... dan seterusnya.

Kebutuhan jam kerja atau hari kerja per satuan sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan pada tiap-tiap lokasi $W_{(i,j)}$ dapat dirumuskan sebagai :

$$W(i, j) = \frac{V(i, j)}{P(i, j)} \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan :

$W (i,j)$ = kebutuhan jam kerja atau hari kerja kegiatan i pada lokasi j

$V (i,j)$ = Volume pekerjaan

$P (i,j)$ = Produktifitas sumber daya

Sumber daya yang digunakan berupa tenaga manusia atau mesin/alat berat dengan jumlah yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan. Apabila ri adalah

banyaknya sumber daya yang digunakan pada suatu kegiatan, maka waktu penyelesaian kegiatan (i,j) adalah :

$$d(i,j) = k \frac{W(i,j)}{r_i} \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan :

$d(i,j)$ = Waktu untuk menyelesaikan kegiatan i pada lokasi j

k = faktor konfersi dari jam kerja menjadi hari kerja

i = jenis kegiatan = 1, 2, 3, 4,.....,n

j = lokasi kegiatan = 1, 2, 3, 4,.....,m

r_i = sumber daya yang digunakan

Jika waktu mulai kegiatan (i,j) dinyatakan sebagai $S_{(i,j)}$, sedangkan waktu selesai kegiatan (i,j) dinyatakan sebagai $f_{(i,j)}$, maka dari persamaan (3.4) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_{(i,j)} = S_{(i,j)} + d_{(i,j)} \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan :

$F_{(i,j)}$ = waktu selesaaai untuk kegiatan i pada lokasi j

$S_{(i,j)}$ = waktu mulai kegiatan i pada lokasi j

$D_{(i,j)}$ = waktu untuk menyelesaikan proyek i pada lokasi j

Karena kegiatan dilakukan secara menerus, hubungan antara waktu mulai sebuah kegiatan dengan selesainya kegiatan dinyatakan dengan :

$$F_{(i,j)} = S_{(i,j-1)} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan :

$F_{(i,j)}$ = waktu selesai untuk kegiatan i pada lokasi j

$S_{(i,j-1)}$ = waktu mulai untuk kegiatan i pada lokasi sebelum j

Hubungan antara kegiatan satu dengan kegiatan lainnya dalam suatu lokasi adalah paling cepat dimulainya suatu kegiatan (i) setelah selesainya kegiatan sebelumnya (i-1), yang ditunjukkan dalam rumus :

$$S_{(i,j)} > f_{(i-1,j)} \dots\dots\dots (3.7)$$

Apabila waktu mulai sebuah proyek sama dengan waktu mulai kegiatan (1.1), maka pada perhitungan dapat ditulis sebagai $S_{(1)}^{(a)}$ ditunjukkan sebagai :

$$S_{(1)}^{(a)} = S_{(i,1)}^{(a)}, S_{(i,2)}^{(a)}, S_{(i,3)}^{(a)}, \dots\dots S_{(i,m)}^{(a)} \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan :

- $S_{(1)}^{(a)}$ = waktu mulai kegiatan i menggunakan sumber daya a
- $S_{(i,1)}^{(a)}$ = waktu mulai kegiatan i lokasi 1 dengan menggunakan sumber daya a
- $S_{(i,2)}^{(a)}$ = waktu mulai kegiatan i lokasi 2 dengan menggunakan sumber daya a
- $S_{(i,3)}^{(a)}$ = waktu mulai kegiatan i lokasi 3 dengan menggunakan sumber daya a
- $S_{(i,4)}^{(a)}$ = waktu mulai kegiatan i lokasi m dengan menggunakan sumber daya a

Dimana elemen-elemen dari vektor tersebut memenuhi kendala $r_i = r_i^{(a)}$, yang berarti elemen $S_i^{(a)}$ merupakan waktu memulainya kegiatan-kegiatan pada lintasan i, dengan menggunakan sejumlah tenaga kerja $r_i^{(a)}$.

Sementara $S_i^{(a)*}$ yang elemen-elemennya merupakan waktu mulai paling cepat diantara semua alternatif vektor $S_i^{(a)}$ yang menggunakan sumber daya $r_i = r_i^{(a)}$ yang dirumuskan :

$$S_{(1)}^{(a)*} = S_{(i,1)}^{(a)*}, S_{(i,2)}^{(a)*}, S_{(i,3)}^{(a)*}, \dots\dots S_{(i,m)}^{(a)*} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$S_{(1)}^{(a)*} = S_i^{(a)} - L_i^{(a)} \dots\dots\dots (3.10)$$

Keterangan :

- $S_{(1)}^{(a)*}$ = waktu memulai kegiatan i menggunakan sumber daya a

$S_{(i,1)}^{(a)*}$ = waktu memulai kegiatan i lokasi 1 paling cepat dengan menggunakan sumber daya a

$S_{(i,2)}^{(a)*}$ = waktu memulai kegiatan i lokasi 2 paling cepat dengan menggunakan sumber daya a

$S_{(i,3)}^{(a)*}$ = waktu memulai kegiatan i lokasi 3 paling cepat dengan menggunakan sumber daya a

$S_{(i,m)}^{(a)*}$ = waktu memulai kegiatan i lokasi m paling cepat dengan menggunakan sumber daya a

Untuk $S_i^{(a)}$ yang dilaksanakan pada waktu yang paling dini = $S_i^{(a)*}$, maka $S_i^{(a)}$ digeser sejauh mungkin ke kiri, yaitu sebesar

$$L_i^{(a/b*)} = \max [L_i^{(a/b*)}] \dots \dots \dots (3.11)$$

Keterangan :

$$B^* = 1, 2, 3, \dots, r$$

$L_i^{(a)}$ = selisih waktu mulai kegiatan i dengan sumber daya a

$L_i^{(a/b*)}$ = selisih waktu mulai kegiatan i dengan sumber daya a terhadap waktu mulai paling cepat dengan kegiatan i-1 dengan sumber daya b

$L_i^{(a/b*)}$ adalah harga yang paling kecil dari selisih waktu mulai kegiatan i pada lokasi j + 1 serta alternatif jumlah tenaga kerja atau sumber daya.

$$L_i^{(a/b*)} = \min [S_{(ij)}^{(a)} - S_{(i-1,j-1)}^{(b)*}] \dots \dots \dots (3.12)$$

Keterangan :

$$J = 1, 2, 3, \dots, m$$

$S_{(i,j)}^{(a)}$ = waktu mulai kegiatan i lokasi j dengan menggunakan sumber daya a

$S_{(i-1,j-1)}^{(b)*}$ = waktu mulai kegiatan yang mendahului i (i-1) pada lokasi sesudah j (j+1) paling cepat dengan menggunakan sumber daya a

Ketergantungan kegiatan satu dengan kegiatan yang lainnya dirumuskan :

$$b(a)_{(i-1)} = b^* \dots\dots\dots (3.13)$$

Keterangan :

$b(a)_{(i-1)}$ = ketergantungan kegiatan i yang menggunakan sumber daya a terhadap sumber daya yang dipergunakan kegiatan i-1

b^* = sumber daya b pada kegiatan i-1 yang menentukan waktu paling cepat kegiatan i

Waktu penyelesaian keseluruhan proyek diambil dari harga minimum $f_{(n,m)}$ yang dirumuskan sebagai berikut :

$$T = f_{(n,m)} \dots\dots\dots (3.14)$$

3.7. Pengendalian Kegiatan

Salah satu penyebab *Linear Scheduling Method* kurang diminati oleh para praktisi dalam bidang konstruksi adalah ketidak mampuan *Linear Scheduling Method* dalam melakukan pengendalian dengan menentukan jalur kegiatan kritis, sebagaimana analisis jaringan kerja. Akan tetapi, sejalan dengan berbagai kajian yang dilakukan oleh para peneliti, beberapa kemajuan berarti telah dilakukan.

Diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Harmelink dan Rowings (1998), mengenai jalur kegiatan pengendalian, terdapat beberapa tahapan yaitu :

1. Menyusun daftar rangkaian kegiatan

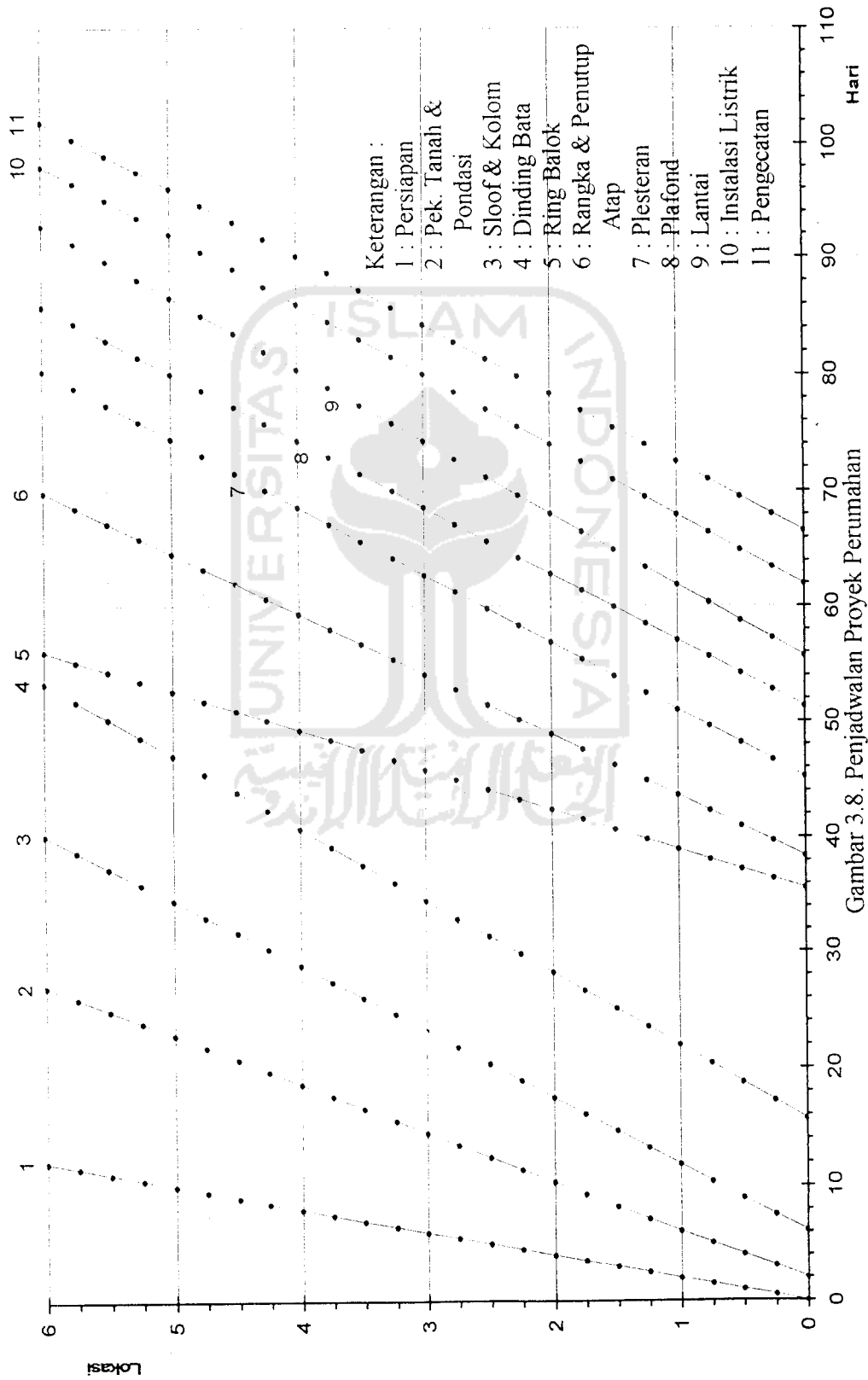
Tahapan ini merupakan tahapan awal dalam penentuan jalur pengendalian kegiatan. Walaupun tahapan ini tidak begitu diperlukan, akan tetapi tahapan ini digunakan sebagai dasar pengertian dalam mengidentifikasi semua kemungkinan rangkaian kegiatan dalam *Linear Scheduling Method*. Pada rangkaian kegiatan dengan durasi kegiatan terlama, kemungkinan besar akan memuat seluruh rangkaian kegiatan yang termasuk didalam jalur pengendalian kegiatan yang akan dilakukan.

Pada gambar 3.8 terdapat contoh sebuah jadwal proyek pembangunan perumahan. Pada jadwal tersebut, terdapat sebelas macam kegiatan. Daftar rangkaian kegiatan yang mungkin terdapat pada sebuah lokasi dalam proyek tersebut adalah :

Pek. Persiapan – Pek. Tanah & Pondasi – Pek. Sloof & Kolom –
Pek. Dinding Bata Merah – Pek. Ring Balk – Pek. Rangka &
Penutup Atap – Pek. Plesteran – Pek. Plafond – Pek. Lantai –
Pek. Instalasi Listrik – Pek. Pengecatan.

2. *Upward Pass*

Tujuan dari *Upward Pass* adalah menentukan bagian kegiatan yang berpotensi untuk dikendalikan. Proses *Upward Pass* dimulai dari waktu awal proyek, dan bergerak ke 'atas' sesuai dengan garis kegiatan yang akan dikendalikan. Proses tersebut akan mengidentifikasi kegiatan yang memiliki *least free time*, atau waktu selang/bebas terkecil.



Proses *upward pass* dilakukan terhadap dua buah kegiatan yang saling berhubungan. Kegiatan pertama disebut dengan *origin activity* atau kegiatan awal, dan kegiatan berikutnya disebut dengan *target activity* atau kegiatan sasaran.

Unsur-unsur awal yang harus ditetapkan dalam proses *upward pass* adalah sebagai berikut :

a. ***Least-time (LT) interval***

LT adalah selang waktu terpendek diantara dua kegiatan yang saling berhubungan dalam sebuah lokasi proyek. Apabila garis kegiatan berupa garis linier atau lurus, maka pada umumnya LT terdapat pada puncak atau titik akhir garis kegiatan tersebut. Akan tetapi apabila kegiatan tersebut mempunyai laju produktivitas yang berubah-ubah, yang mengakibatkan garis kegiatan tidak linier, maka LT terdapat pada *vertex* atau puncak dimana laju produktivitas kegiatan tersebut berubah.

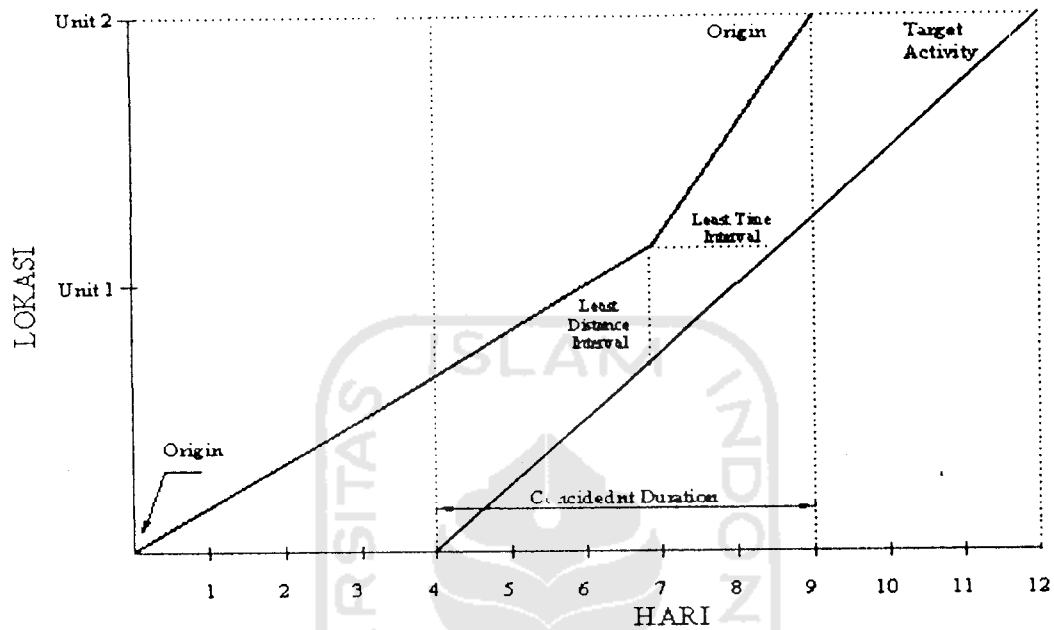
c. ***Concident Duration***

Concident duration adalah selang waktu pada dua buah kegiatan yang saling berhubungan, selama dua kegiatan tersebut masih dalam tahap penyelesaian. Pada gambar 3.9, *concident duration* terletak diantara waktu mulai *target activity* dan waktu akhir *origin activity*.

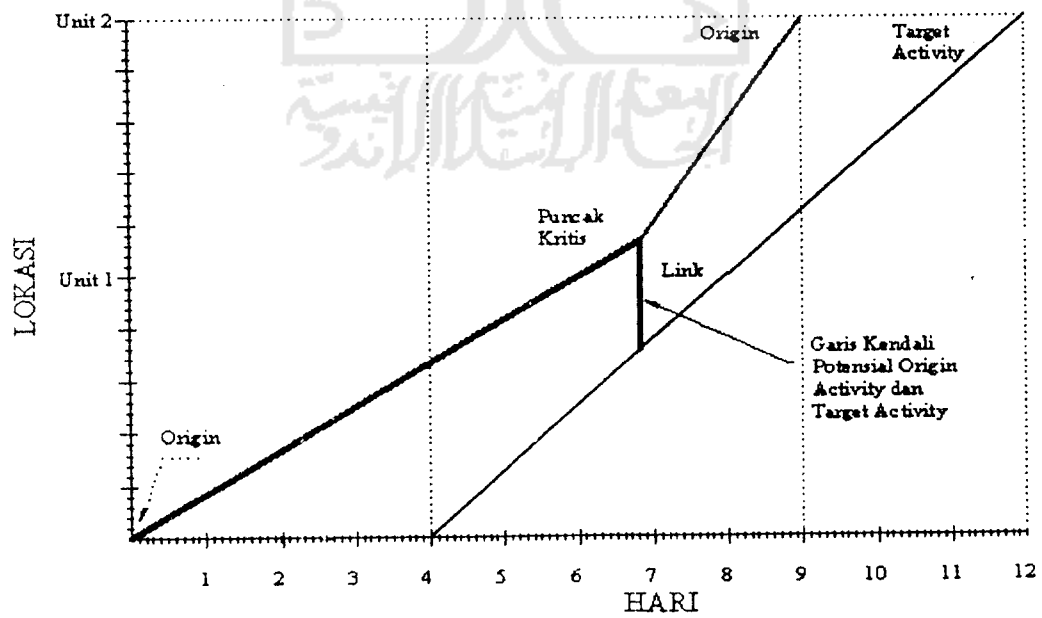
d. ***Least Distanc (LD) Inverval***

LD adalah jarak terpendek antara dua buah kegiatan dalam satu lokasi proyek, yang terletak di dalam *cincident duration*, dan berpotongan atau tegak lurus dengan *LT interval*. LD ini akan menjadi sebuah *potential controlling link*

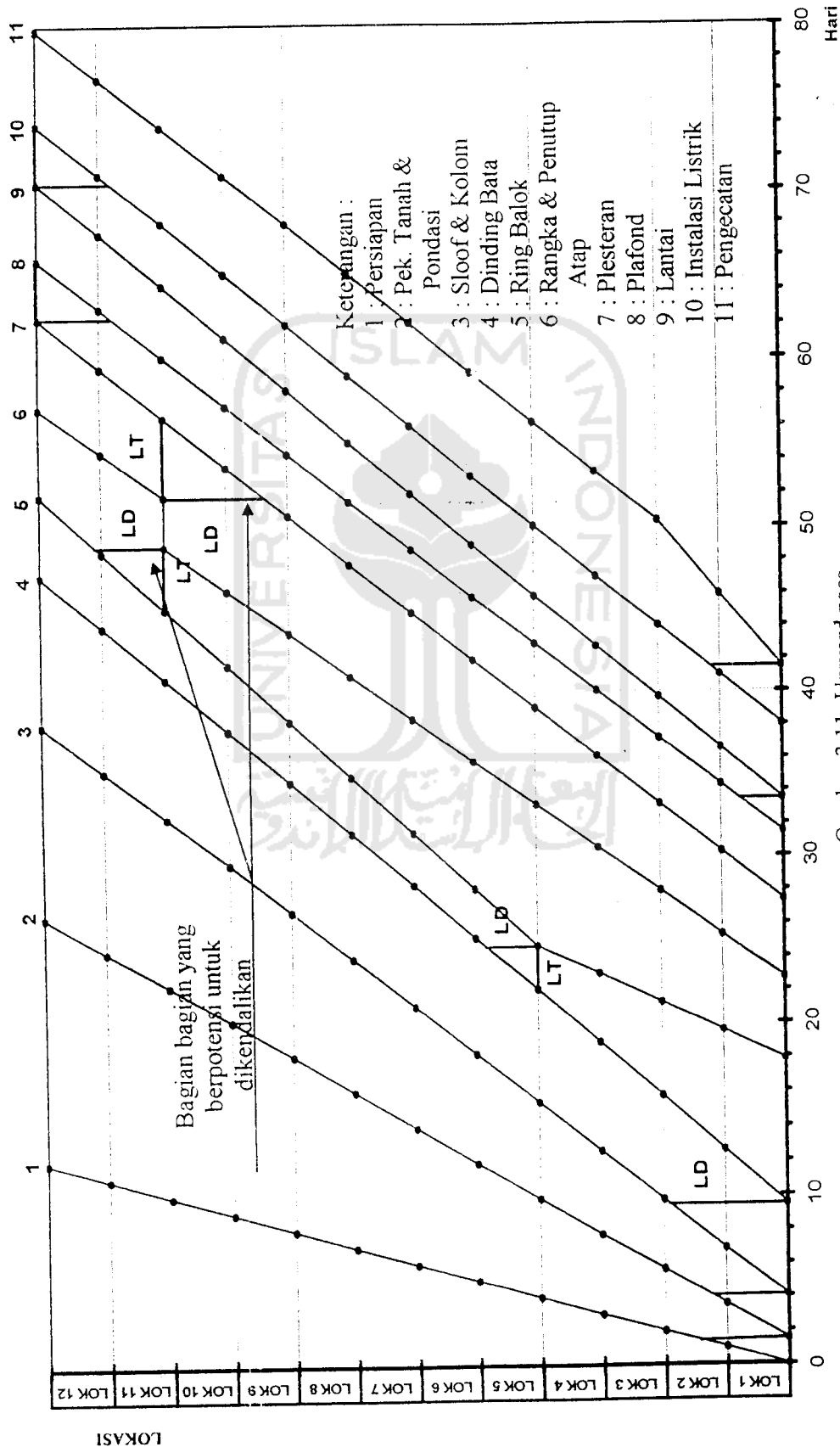
atau garis pengendalian yang potensial, yang menghubungkan antara *origin activity* dan *target activity*:



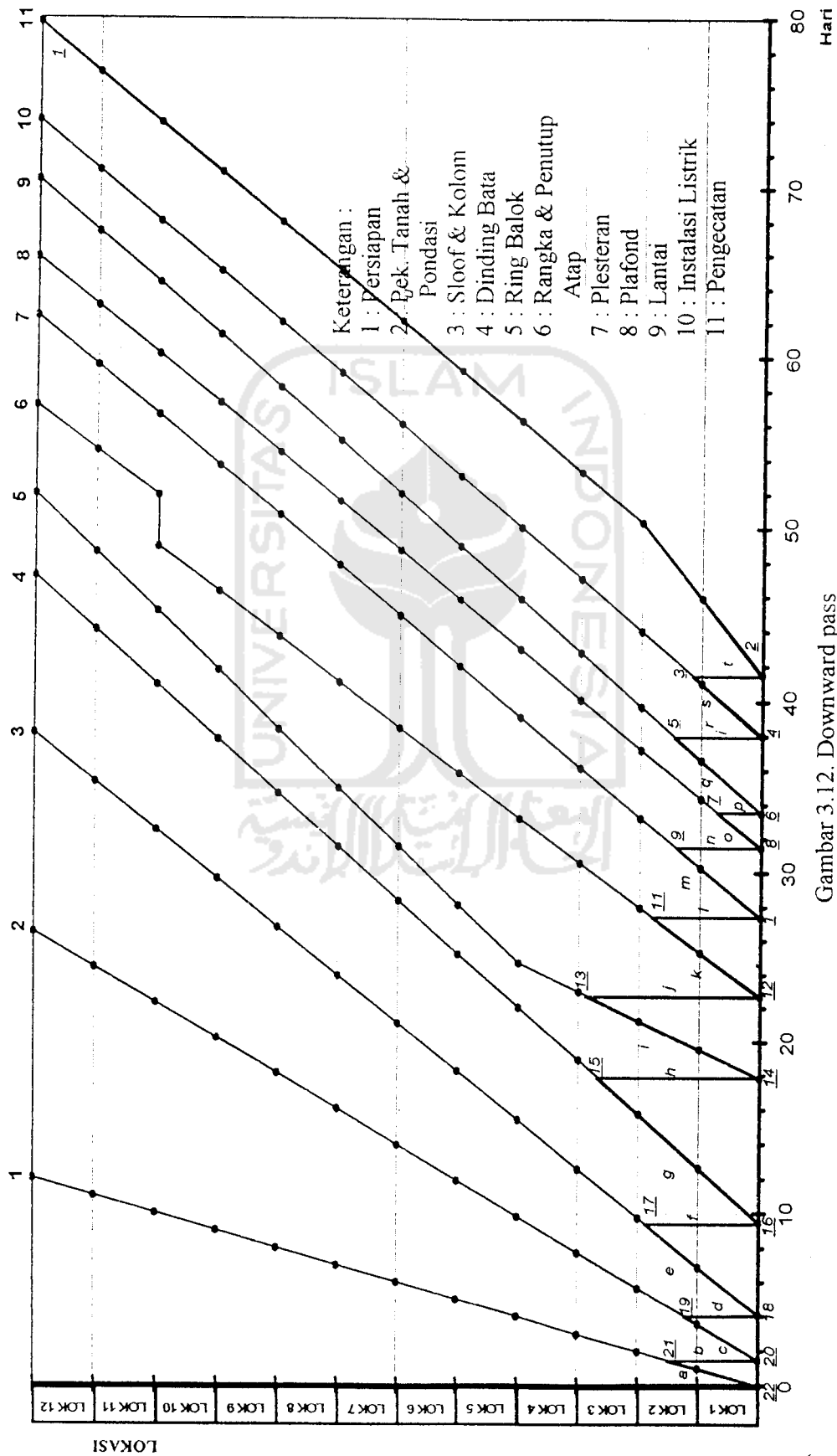
Gambar 3.9. Least Time dan Least Distance



Gambar 3.10. Bagian yang berpotensi untuk dikendalikan



Gambar 3.11. Upward pass



Gambar 3.12. Downward pass

Pada gambar 3.9 dan 3.10, tergambar penentuan LT dan LD interval serta segmen atau bagian dari sebuah kegiatan yang berpotensi untuk dikendalikan atau dikontrol. Apabila ketiga unsur di atas telah ditetapkan, maka proses *upward pass* berlanjut pada kegiatan-kegiatan selanjutnya. Kegiatan yang menjadi *target activity* pada tahap awal *upward pass* akan menjadi *origin activity* pada tahap berikutnya dalam proses melakukan *upward pass*.

Proses *upward pass* pada sebuah contoh proyek pembangunan Perumahan, dapat dilihat pada gambar 3.11. dari gambar tersebut, dapat dilihat bahwa proses awal *upward pass* ditetapkan pada kegiatan persiapan dan pekerjaan galian tanah pondasi. Kegiatan persiapan ditetapkan sebagai *origin activity* atau kegiatan awal, dan pekerjaan galian tanah pondasi ditetapkan sebagai *target activity*. Pada proses *upward pass* yang dilakukan, dapat diidentifikasi bahwa dua buah kegiatan tersebut mempunyai LT sebesar 2 hari dan LD sebanyak 4 unit. LD ini akan menjadi sebuah *potential controlling link* antara dua kegiatan tersebut. Setelah LT dan LD dapat diidentifikasi, proses *upward pass* berlanjut pada kegiatan-kegiatan berikutnya.

3. *Downward pass*

Tahapan inilah yang menentukan bagian dari sebuah kegiatan yang benar-benar harus dikendalikan setelah dilakukan penentuan jalur kegiatan yang berpotensi untuk dikendalikan pada tahapan *upward pass*. Jalur kegiatan yang dikendalikan tersebut mempunyai laju produktivitas yang akan berpengaruh pada waktu penyelesaian proyek jika mengalami penurunan laju produktivitas.

Prosesnya dimulai dari titik akhir proyek, lalu turun menyusuri garis kegiatan, hingga sampai pada *potential controlling link*. Pada tahap *down ward pass* inilah sebuah *potential controlling link* menjadi *controlling link*.

Proses ini berlanjut sampai kegiatan awal proyek. Dari proses *downward pass* inilah akan diidentifikasi bagian nama dari kegiatan-kegiatan yang ada, yang mempunyai laju produktifitas yang berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek jika mengalami perubahan laju produktivitas.

Pada gambar 3.12, proses *downward pass* dilakukan sebagai berikut :

Proses dimulai dari titik akhir proyek, yaitu titik 1, setelah itu proses berlanjut dengan mundur ke belakang, atau menyusuri garis kegiatan lain-lain hingga sampai pada titik 2. bagian antara titik 1 dan titik 2 inilah bagian dari kegiatan lain-lain yang harus dikendalikan. Pada titik 2' dan titik 3,, dimana pada titik *upward pass* sebelumnya adalah sebuah *potential controlling link*, pada proses *downward pass* ini garis tersebut menjadi sebuah *controlling link*.

Proses *Downward pass* berlanjut dengan mengulangnya pada kegiatan-kegiatan berikutnya, sampai pada titik 22, dimana awal proyek dimulai. a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,p,q,r,s,t dan u adalah bagian-bagian dari masing-masing kegiatan yang harus dikendalikan. Sementara, bagian-bagian di antara titik 2-3, 4-5, 6-7, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15, 16-17, 18-19 dan 20-21 merupakan *controlling link* atau garis penghubung diantara bagian-bagian dari kegiatan-kegiatan yang harus dikendalikan. Daftar jalur kegiatan pengendalian dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Jalur Kegiatan Pengendalian

NO	KEGIATAN	DURASI (hari)	WAKTU		LOKASI/UNIT	
			AWAL	AKHIR	AWAL	AKHIR
1	Pek. Persiapan	1,5	0,00	1,50	1	2
2	Pek. Tanah & Pondasi	2,57	1,50	4,07	1	2
3	Pek. Sloof & Kolom	5,42	4,08	9,50	1	2
4	Pek. Dinding Bata Merah	8,36	9,50	17,86	1	3
5	Pek. Ring Balok	4,85	17,86	22,71	1	3
6	Pek. Rangka & Penutup Atap	4,67	22,71	27,38	1	2
7	Pek. Plesteran	4,11	27,38	31,49	1	2
8	Pek. Plafond	2,04	31,49	33,53	1	1
9	Pek. Lantai	4,50	33,53	38,03	1	2
10	Pek. Instalasi Listrik	3,48	38,03	41,51	1	2
11	Pek. Pengecatan	38,26	41,51	79,77	1	12

Sebagai contoh, dari tabel diatas, bagian kegiatan persiapan yang harus dikendalikan adalah mulai awal proyek sampai dengan hari ke-2, dari lokasi-1 hingga pertengahan lokasi-2. pada hari ke-2 tersebut, penyelesaian kegiatan persiapan harus sudah sampai pada prtengahan lokasi-2, apabila pada hari ke-2 penyelesaian pekerjaan persiapan belum mencapai lokasi prtengahan lokasi-2, dapat dipastikan pekerjaan tanah dan pondasi belum dapat dilakukan pada lokasi awal proyek, sehingga akan membuat terlambatnya penyelesaian waktu total proyek.

3.8. Pemantauan Kemajuan Proyek

Tujuan pemantauan kegiatan proyek adalah untuk mengetahui apakah pelaksanaan proyek sesuai dengan apa yang direncanakan. Apabila diketahui penyimpangan dari rencana yang telah ditetapkan, maka penyelesaian/perbaikan akan segera dapat dilakukan.

Linear scheduling Method dapat digunakan untuk memantau sebuah kemajuan proyek seperti halnya pada metoda bagan balok (shi, 2002). Pembuatan laporan kemajuan dilakukan dengan memplotkan pelaksanaan suatu kegiatan yang telah diselesaikan dari suatu lokasi ke lokasi berikutnya.

Selanjutnya prosentase bobot pekerjaan yang telah diselesaikan pada masing-masing lokasi tersebut dihitung dan langsung dituliskan besarnya pada gambar. Demikian juga halnya untuk kegiatan yang lain, sehingga akan dapat diketahui besarnya prosentase komulatif penyelesaian kegiatan proyek.