

BAB II

METODE PENJADUALAN LINIER (LINEAR SCHEDULING METHOD)

2.1. Umum.

Pada umumnya bisa dikatakan bahwa penjadualan adalah alokasi waktu yang tersedia kepada masing-masing pelaksanaan di dalam penyelesaian pekerjaan sehingga tidak saling merintang dan menghambat [4, p. 122].

Secara khusus dapat diperinci beberapa tujuan dari penjadualan ini sebagai berikut :

- a. Memberikan pedoman kepada satuan-satuan pelaksana bawahan (sub ordinate units) mengenai batas-batas waktu bagi awal dan akhir dari tugas masing-masing.
- b. Memberikan sarana bagi pimpinan pelaksanaan untuk koordinasi, terutama dalam memberikan alokasi prioritas-prioritas yang perlu.
- c. Menjadi ukuran untuk menilai kemajuan suatu pelaksanaan masing-masing bagian pekerjaan dengan maksud untuk menentukan saat perlunya campur tangan pimpinan pada pelaksanaan tugas satuan bawahannya (keadaan kritis).

Bekerja menurut schedule menjamin bahwa personil tidak berada di tempat kerja lebih lama dari yang diperlukan, bahan-bahan tidak disampaikan jauh sebelum waktu yang diperlukan, sehingga harus menyediakan fasilitas penvimpanan (gudang).

Pada saat pelaksanaan sedang diselenggarakan, jadual ini berguna bagi usaha

pengalokasian tugas-tugas kepada bawahan, alat-alat tidak terikat pada suatu tempat, dan pekerja tidak akan bergerombol menanti tugas. Bila hal ini terjadi, memberi kesan manajemen tidak mampu mengatur operasi di lapangan, sehingga berpengaruh pada moral pekerja.

Schedule yang baik dan sesuai dengan tujuannya, adalah sarana untuk kontrol sebagai salah satu fungsi dari manajemen. Kelambatan-kelambatan dapat segera dideteksi dan ditangani.

2.1.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi penjadwalan.

Schedule pada hakekatnya adalah pengukuran (plotting) pelaksanaan kegiatan-kegiatan kepada unsur waktu sepanjang masa yang diperlukan untuk penyelesaian sekumpulan kegiatan tersebut. Kegiatan yang dimaksud tidak hanya kegiatan di lapangan, tetapi juga meliputi alokasi dan sumber-sumber perbekalan, pembagian tenaga kerja, dan sebagainya.

Secara ringkas dapat disebutkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi penjadwalan adalah sebagai berikut :

1. Cuaca

Sekeras apapun usaha menyelesaikan tugas, tapi di dalam hujan tidak mungkin bekerja efektif di lapangan sehingga tidak dapat dipertanggung jawabkan secara ekonomis, lebih lebih dalam pekerjaan tanah. Oleh karena itu, biasanya

dianggap bahwa hari hujan adalah hari tidak produktif dan hal ini harus dengan jelas diperhitungkan di dalam penjadwalan pelaksanaan pekerjaan.

Keadaan cuaca yang mempengaruhi lamanya penyelesaian pekerjaan adalah :

- a. Saat Hujan.
- b. Panas yang sangat terik.
- c. Saat Turun Salju.

2. Hari Raya Nasional dan Hari Libur.

Satu minggu menurut peraturan pemerintah adalah 6 hari kerja dan dalam sehari 7 jam kerja dengan maksimum 42 jam per minggu, selebihnya dihitung sebagai kerja lembur. Hari Sabtu dan Minggu adalah hari libur yang perlu diberikan kepada para pekerja untuk istirahat. Apabila dipandang perlu bekerja secara kontinu sepanjang bulan, maka pemberian libur dilakukan secara bergilir dengan 2 hari minggu libur total. Hari raya nasional ditetapkan menteri agama dan berjumlah 14 hari per tahun.

3. Panjangnya Waktu Penyelesaian Pekerjaan

Pengaruh jangka waktu pekerjaan pada penjadualan ini mudah dimengerti karena bagaimanapun keleluasaan yang terdapat dalam memperhitungkan waktu penyelesaian masing-masing pekerjaan dapat membuat lebih sederhana. Sudah barang tentu panjang waktu ini adalah relatif. Ada jenis-jenis pekerjaan yang

diberikan dalam jangka waktu tertentu bisa dikategorikan dengan jangka waktu panjang ataupun pendek.

Oleh karena itu, didalam menilai jangka waktu penyelesaian ini diambil ukuran lain, yaitu kepadatan dari jadwal pekerjaan atau dengan kata lain dinamakan intensitas pelaksanaan pekerjaan.

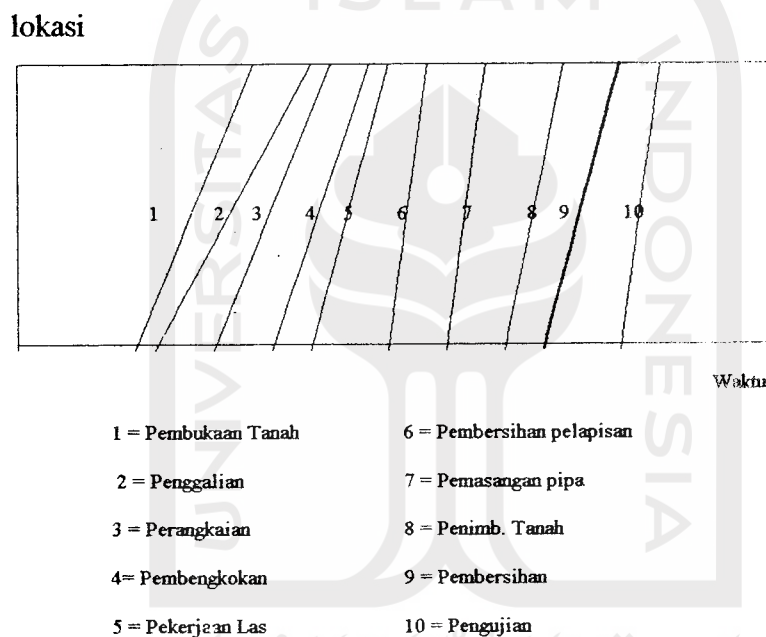
Semakin intensif dan padat jadwal pekerjaan, makin besar terasakan pengaruh kesalahan penilaian waktu pada usaha pencapaian sasaran pekerjaan. Intensitas ini juga ditandai dengan adanya kemampuan yang besar yang diperlukan yang biasanya berupa jumlah equipment yang banyak pula.

2.1.2. Beberapa Azas Penjadualan.

Pembuatan suatu jadwal waktu yang terperinci dipengaruhi oleh 4 hakekat yang tidak boleh diabaikan, yaitu :

- a. Pekerjaan-pekerjaan yang dijadualkan tidak boleh melebihi kemampuan yang tersedia untuk kegiatan pelaksanaannya.
- b. Pekerjaan-pekerjaan yang dijadualkan harus mengikuti urutan-urutan yang ditentukan untuk masing-masing kegiatan.
- c. Pekerjaan-pekerjaan yang berpengaruh pada pekerjaan lainnya harus diprioritaskan.
- d. Penjadualan harus menjamin kelangsungan (“*continuitas*”) pelaksanaan pekerjaan dalam skala keseluruhan.

Metode Penjadualan Linier (*Linear Scheduling Methode*) merupakan satu diantara beberapa metode penjadualan yang jarang dipakai dalam kesehariannya. Ada beberapa penamaan yang dianggap mempunyai kesamaan dengan metode Penjadualan Linier, misalnya *Vertical Production Methode (VPM)*, yang sering juga digunakan pada pembangunan gedung bertingkat banyak (*High-rise building*). Metode VPM dapat dicermati pada gambar 2. 1. berikut ini.



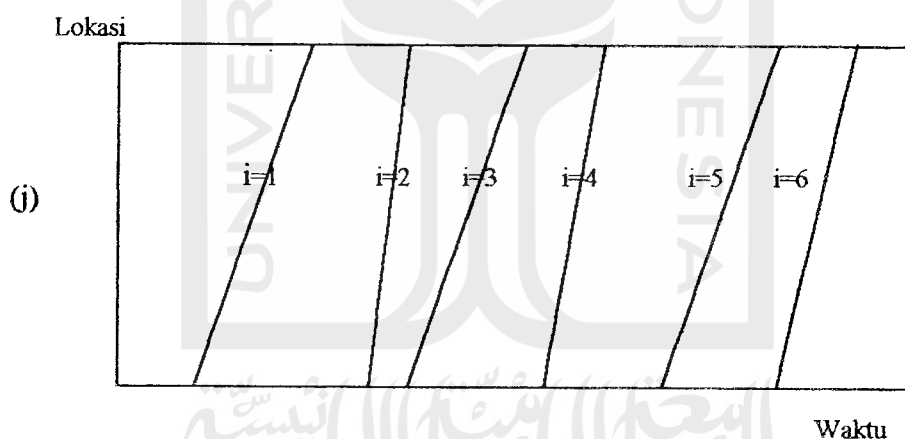
Gambar 2. 1. Diagram Vertical Production Methode (VPM)

Metode Penjadualan Linier juga dianggap mempunyai hubungan kesamaan dengan metode *Line Of Balance*, yang sering digunakan pada industri manufaktur dan pengendalian produksi guna mengevaluasi laju aliran produksi barang jadi. Sedangkan *Line Of Balance* sendiri mempunyai kemiripan dengan *Network Activities* pada diagram produksinya dan *Bar-Chart* pada diagram kemajuan (proses produksi)

keterkaitan dan keterikatan antar ketiga unsur tersebut, sehingga suatu kegiatan dapat dilihat kapan harus dilaksanakan dan dimana lokasi dari kegiatan tersebut.

2.2. Unsur-Unsur Dasar Metode Penjadualan Linier.

Diagram metode Penjadualan Linier adalah diagram yang memperbandingkan antar waktu dan lokasi. Perubahan dalam lokasi per satuan waktu merupakan suatu ukuran kemajuan atau kemunduran kegiatan (David W. Johnston, 1981)[2, p. 249]. Untuk mengetahui unsur-unsur dasar pembentuk Metode Penjadualan Linier secara sederhana dapat dilihat pada gambar 2.3. berikut ini.

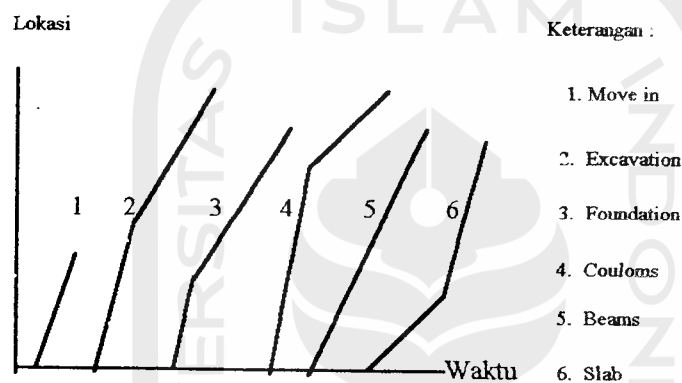


Gambar 2.3. Diagram Metode Penjadualan Linier

Garis miring menunjukkan aktivitas (i), sedangkan sudut kemiringan memperlihatkan tingkat produksi terhadap waktu (r_i). Secara umum dapat dirumuskan sebagai r_{ij} , berarti produktivitas i pada lokasi j .

Kemajuan yang dicapai dapat digambarkan sebagaimana pada Gambar 2.4.

Metode Penjadualan Linier yang dikemukakan sebagai upaya untuk mencari alternatif dari metode Bar-Chart khususnya pada proyek pembangunan jembatan, dalam implementasinya diprediksi cocok, mengingat metode Penjadualan Linier mempunyai karakteristik yang cocok dengan pekerjaan jembatan yang menerus dan berulang. Pada gambar 2. 2. menunjukkan contoh penggunaan diagram dengan Metode Penjadualan Linier.



Gambar 2. 2. Contoh Diagram Penjadualan Linier pada Proyek Jembatan

Pada diagram tersebut tampak bahwa sumbu horisontal menunjukkan waktu dan sumbu vertikal menunjukkan lokasi. Sedangkan satuan waktu biasanya digunakan jam, hari, minggu atau bulan, tergantung dari level jadual kerja yang diinginkan.

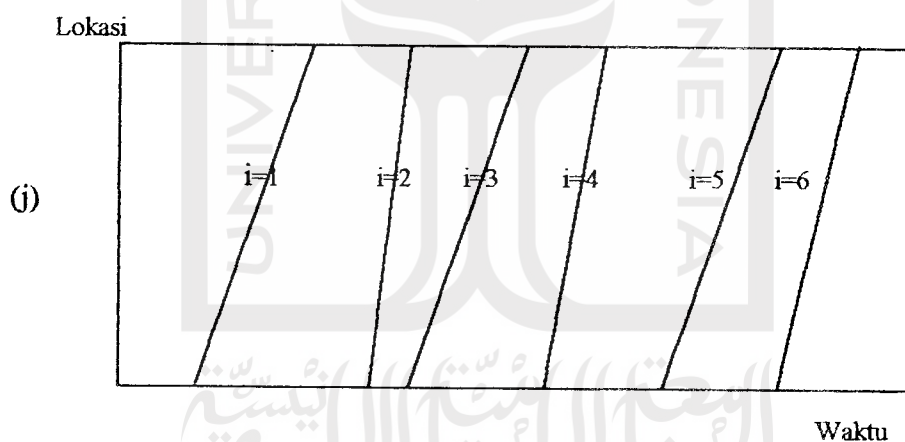
Garis miring (diagonal) menunjukkan aktivitas atau kegiatan, sedangkan sudut kemiringannya memperlihatkan hubungan tingkat produksi terhadap waktu. Penyelesaian waktu untuk tiap-tiap pekerjaan merupakan fungsi dari rata-rata kemajuan dan kuantitas kerja yang diselesaikan.

Oleh karena itu dalam Metode Penjadualan Linier dapat diketahui secara jelas hubungan antara kegiatan, waktu dan lokasi. Selanjutnya akan terlihat secara jelas

keterkaitan dan keterikatan antar ketiga unsur tersebut, sehingga suatu kegiatan dapat dilihat kapan harus dilaksanakan dan dimana lokasi dari kegiatan tersebut.

2.2. Unsur-Unsur Dasar Metode Penjadualan Linier.

Diagram metode Penjadualan Linier adalah diagram yang membandingkan antar waktu dan lokasi. Perubahan dalam lokasi per satuan waktu merupakan suatu ukuran kemajuan atau kemunduran kegiatan (David W. Johnston, 1981)[2, p. 249]. Untuk mengetahui unsur-unsur dasar pembentuk Metode Penjadualan Linier secara sederhana dapat dilihat pada gambar 2.3. berikut ini.

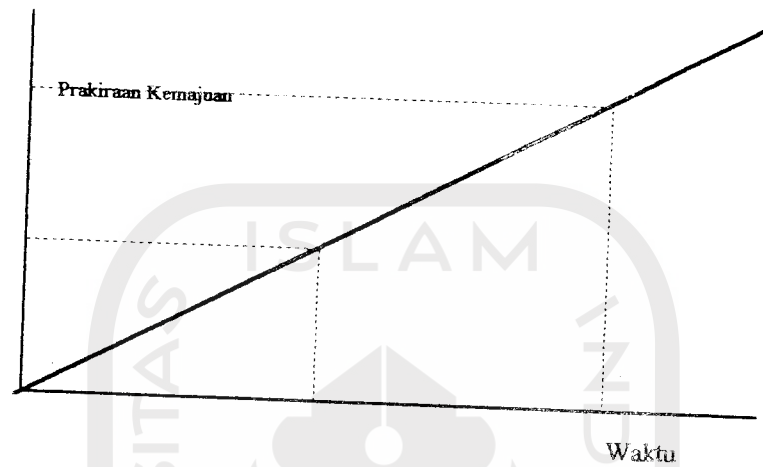


Gambar 2.3. Diagram Metode Penjadualan Linier

Garis miring menunjukkan aktivitas (i), sedangkan sudut kemiringan memperlihatkan tingkat produksi terhadap waktu (r_i). Secara umum dapat dirumuskan sebagai r_{ij} , berarti produktivitas i pada lokasi j .

Kemajuan yang dicapai dapat digambarkan sebagaimana pada Gambar 2.4.

Lokasi

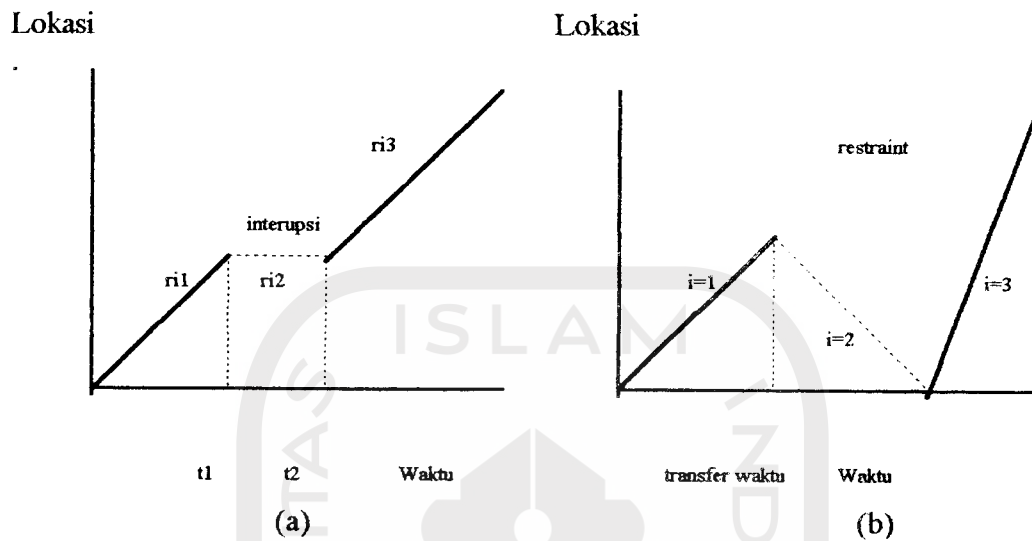


Gambar 2.4 Penggambaran Garis Kemajuan Kegiatan

2.2.1. Interupsi dan Restraint

Interupsi terjadi bila $r_{ij} = 0$, artinya ada kegiatan tetapi tingkat produktivitas nol, misalnya saat perbaikan alat. Ketika perbaikan alat dilakukan, diperlukan waktu untuk memperbaiki, tetapi secara keseluruhan tingkat produktivitas kegiatan (proyek) adalah nol. Pada Gambar 2.5a, menunjukkan diagram sewaktu interupsi terjadi.

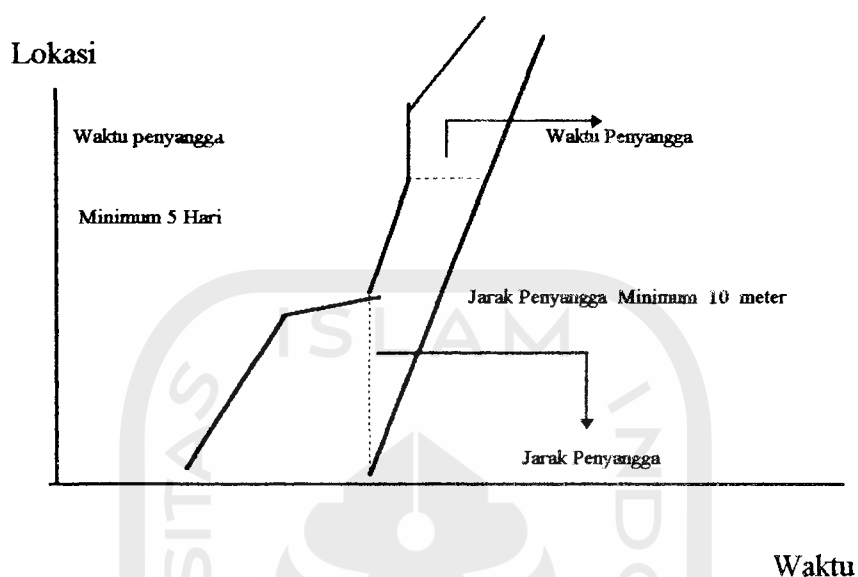
Restraint adalah suatu aktivitas yang tergantung pada keterbatasan sumber daya dan hanya bisa dimulai apabila aktivitas sebelumnya telah selesai. Pada restraint kadang-kadang perlu interupsi guna mobilisasi peralatan. Dari Gambar 2.5b terlihat bahwa aktivitas 3 tergantung dari selesainya aktivitas 1 dan terjadi interupsi.



Gambar 2.5. (a) Diagram Terjadinya Interupsi
(b) Diagram Terjadinya Restraint

2.2.2. Buffer (Penyangga).

Kegiatan dalam suatu proyek biasanya dilaksanakan secara berkesinambungan menjadi suatu rangkaian penyelesaian. Adakalanya suatu kegiatan dapat dilakukan secara menerus tanpa perlu berhenti/menunggu dalam meneruskan pekerjaan berikutnya. Akan tetapi sebaliknya, antar pelaksanaan kegiatan terkadang dibutuhkan waktu tertentu, seperti perawatan peralatan atau keterbatasan material. Pada kondisi seperti ini diperlukan *Buffer (Penyangga)* sebagai waktu selang (*spacing*) yang dibutuhkan antar kegiatan tersebut, untuk lebih jelasnya terlihat pada gambar 2.6. [5, p.205].



Gambar 2.6. Diagram Kegiatan Menerus Diantara Kegiatan i dan $i+j$

Pada proyek jembatan, pekerjaan mobilisasi, galian tanah, pondasi, urugan tanah dan lain-lain merupakan kegiatan yang menerus dan berurutan. Demikian juga antar kegiatan tersebut memerlukan jarak waktu (selang) ataupun lokasi antar kegiatan. Misalnya, pekerjaan galian tanah pada suatu lokasi tertentu akan diikuti oleh kegiatan pondasi di atasnya. Kegiatan pondasi baru dapat dilakukan bila kegiatan pekerjaan galian selesai begitu pula dengan lokasi untuk memulainya.

Penyangga juga digunakan untuk mengidentifikasi kegiatan-kegiatan yang kritis. Suatu kegiatan kritis dalam Metode Penjadualan Linier mempunyai penyangga minimal baik pada awal maupun akhir kegiatan.

2.2.3. Sumber Daya.

Sumber daya yang dimaksudkan di sini meliputi tenaga kerja, material dan peralatan yang digunakan untuk memproduksi suatu pekerjaan, sehingga diperoleh hasil tertentu sesuai dengan yang direncanakan. Pengelolaan sumber daya tergantung dari metode yang digunakan dan jenis pekerjaan.

Pada metode Penjadualan Linier, sumber daya yang dikelola merupakan variabel input. Lebih lanjut dapat diuraikan bahwa dengan masukan beberapa harga sumber daya pada fungsi tingkat produktifitas, maka akan diperoleh berbagai waktu penyelesaian tiap kegiatan.

2.2.4. Perencanaan Waktu.

Aktivitas (i) dilaksanakan dari lokasi (j) menuju $j + 1$ secara berkesinambungan, sedangkan waktu yang diperlukan adalah $W(i,j)$ yang merupakan fungsi dari sumber daya.

Dalam perencanaan penjadualan waktu dapat menggunakan satuan jam, hari, minggu ataupun bulan. Hal ini tergantung kesesuaiannya dengan satuan waktu yang digunakan pada pelaksanaan proyek dan tingkat kerincian jadual kerja yang diinginkan. Akan tetapi sampai saat ini, hari merupakan satuan waktu yang paling umum digunakan untuk penjadualan pelaksanaan proyek.

Penjadualan waktu pada metode Penjadualan Linier dapat juga berdasarkan hari kalender, yang dapat diartikan bahwa pada hari libur dan akhir minggu tidak ada kegiatan. Oleh karena itu apabila penjadualan dengan menggunakan hari kalender

dilakukan, maka diperlukan perhatian tersendiri. Hal ini mengingat bahwa apabila terjadi cuaca buruk ataupun banyak hari libur maka pekerjaan akan terjadi keterlambatan. Sebaliknya apabila ternyata cuaca baik sedangkan hari libur (selain hari minggu) jarang maka kegiatan berdampak lebih cepat, yang pada akhirnya diperlukan pergeseran hari kerja baik ke depan maupun ke belakang dalam jadwal berdasarkan hari kalender tersebut. Dalam beberapa kasus, analisis jadwal kerja berdasarkan hari kalender dalam jangka pendek akan lebih menguntungkan bagi proyek jika waktu penyangga yang tersedia cukup besar.

2. 2. 5. Kemajuan Proyek.

Kemajuan suatu proyek merupakan hasil yang diperoleh dalam melaksanakan pekerjaan dari proyek tersebut pada suatu saat. Membuat kemajuan pekerjaan secara periodik bertujuan untuk mengetahui apakah pelaksanaan pekerjaan masih sesuai dengan jadwal yang dipakai sebagai pedoman, sehingga jika terjadi penyimpangan bisa dilakukan penyesuaian yang diperlukan.

Penentuan tingkat kemajuan proyek pada suatu waktu merupakan persyaratan yang biasanya ditentukan dalam dokumen kontrak, berbentuk kurva-S, dengan sumbu vertikal menggambarkan bobot kumulatif biaya pekerjaan terhadap biaya keseluruhan dan pada sumbu horisontal menunjukkan waktu pekerjaan/proyek. Pembuatan laporan kemajuan dengan menggunakan Metode Penjadualan Linier ini dilakukan dengan memplotkan pelaksanaan suatu kegiatan yang telah diselesaikan dari suatu lokasi ke lokasi selanjutnya terhadap waktu. Selanjutnya prosentase bobot pekerjaan pada

masing-masing lokasi terhadap biaya kegiatan tersebut dihitung dan langsung dituliskan besarnya pada gambar. Dengan cara yang sama perhitungan dilakukan pada kegiatan lainnya dan bobot pekerjaan yang telah diselesaikan pada masing-masing pekerjaan dijumlahkan secara kumulatif persatuan waktu (hari, minggu dan bulan). Kemudian ditotalkan secara keseluruhan dan diplotkan dalam diagram.

Jadi pada tanggal tertentu selama berlangsungnya proyek, hari-hari kerja atau hari-hari kalender dapat ditandai dengan simbol bergerak atau dengan sebuah garis, pita, yang diberi strip vertikal di sepanjang diagram.

Selama proyek masih mengikuti jadwal yang layak serta sepanjang waktu yang telah terbuang dapat dikejar kembali, maka tidak perlu menggambar lagi diagram jadwal tersebut. Namun demikian, bila waktu yang terbuang tersebut dianggap tidak dapat dikejar kembali, maka perlu dibuat diagram baru. Mengingat diagram Penjadualan Linier ini cukup sederhana, maka proses penjadualan ulang yang dilakukan tidak menyita waktu yang berlebihan. Bahkan bila telah tersedia format berkala, hal ini merupakan efisiensi yang layak dilakukan.

2. 4. Prosedur Penjadualan.

Perencanaan penjadualan proyek pada dasarnya merupakan simulasi proyek. Demikian pula terhadap perencanaan Penjadualan Linier, hanya saja pada penentuan waktu penyelesaian tiap kegiatan dinyatakan dalam fungsi sumber daya.

Tahap penjadualan yang dimaksudkan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut (Supriyatna, 1996)[6, p. 26] :

1. Proyek dibagi menjadi beberapa kelompok bagian proyek, yang selanjutnya disebut level-1. Kemudian dari masing-masing bagian proyek dibagi lagi menjadi level-2, yaitu dibagi dalam kelompok kegiatan yang lebih kecil, dan seterusnya sampai dengan level ke n, tergantung dari informasi yang dibutuhkan.
2. Menentukan logika ketergantungan antar masing-masing kegiatan.
3. Menentukan volume atau kuantitas dari masing-masing item pekerjaan sehingga dapat ditentukan metode yang paling sesuai untuk kondisi kegiatan atau proyek tersebut.
4. Menyeimbangkan lintasan kegiatan, yang dipertimbangkan waktu yang paling tepat untuk memulai setiap kegiatan pada lokasi tertentu.

2. 5. Penyajian Model Matematik.

Penyajian model secara matematik merupakan alat manajemen yang bersifat kuantitatif. Penyajian model matematik dapat diartikan sebagai metode dalam mereduksi asumsi-asumsi ke dalam bentuk matematis secara sederhana, sehingga persoalan-persoalan tersebut dapat diterjemahkan dan dirumuskan serta diperhitungkan secara kuantitatif (Henry Wardana, 1994)[6, p. 19].

Pemakaian Metode Linier dalam studi ini, penyajian model matematik untuk mencari optimasi dari masukan - keluaran dan pemodelan matematiknya adalah merujuk dari pemodelan matematik yang dikembangkan Shlome Silinger (1980).[6, p. 197-202].

Pada metode Penjadualan Linier diketahui bahwa sumbu vertikal menunjukkan Lokasi (j) dan sumbu horisontal menunjukkan Waktu (t). Sedangkan kegiatan

(pekerjaan) diberi notasi i , sehingga banyaknya kegiatan yang ada adalah $i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$ sesuai dengan urutan kegiatan. Demikian pula terhadap lokasi j bahwa posisi lokasi ditunjukkan oleh $j = 1, 2, 3, 4, \dots, m$.

Secara singkat dapat ditulis :

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

$$j = 1, 2, 3, 4, \dots, m \quad \dots\dots\dots(2)$$

Misalkan, $(i, 1)$, $(i, 2)$, $(i, 3)$, $(i, 4), \dots, (i, n)$, hal ini berarti menunjukkan bahwa kegiatan i pada lokasi 1, kegiatan i pada lokasi 2, ..., dan seterusnya.

Pada dasarnya produktifitas pada sumber daya adalah merupakan banyaknya volume pekerjaan yang dihasilkan pada suatu kegiatan dibagi satuan waktu yang dibutuhkan dalam penyelesaian pekerjaan tersebut. Dari pengertian tersebut di atas dapat dijabarkan bahwa kebutuhan jam kerja atau hari kerja per satuan sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan pada tiap-tiap lokasi $W(i, j)$ dapat dijabarkan sebagai :

$$W(i, j) = \frac{V(i, j)}{P(i, j)} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

$W(i, j)$ = Waktu penyelesaian kegiatan I pada lokasi j

$V(i, j)$ = Volume yang dihasilkan

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

Sumber daya yang dimaksud adalah tenaga manusia dan manusia dengan mesin (alat), masing-masing dalam komposisi yang bervariasi.

Bila r_i adalah besarnya sumber daya yang ditempatkan pada suatu kegiatan, maka waktu penyelesaian kegiatan (i, j) adalah :

$$d_{(i,j)} = k_i u_i \frac{W_{(i,j)}}{n} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

$d_{(i,j)}$ = Waktu untuk menyelesaikan kegiatan i pada lokasi j

k_i = Faktor konversi dari jam kerja menjadi hari kerja

u_i = Faktor konversi penggunaan sumber daya tertentu ke sumber daya lainnya

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

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

n = $n^{(1)}$; $n^{(2)}$; ...; $n^{(a)}$; ...; $n^{(q)}$

(q adalah alternatif jumlah sumber daya maksimum yang ditempatkan pada kegiatan i)

Pada persamaan (4), k_i adalah faktor konversi dari jam kerja menjadi hari, sehingga k_i merupakan konversi dari jumlah jam-hari per hari untuk kegiatan i. Sedangkan u_i adalah faktor konversi dari penggunaan sumber daya tertentu terhadap sumber daya lainnya, sehingga semua penggunaan sumber daya dikonversikan dalam tenaga kerja.

Apabila waktu mulai kegiatan (i,j) dinyatakan dalam $S_{(i,j)}$, sedangkan waktu selesai kegiatan (i,j) dinyatakan sebagai $f_{(i,j)}$, maka persamaan (4) dapat dirumuskan sebagai berikut ini.

$$f_{(i,j)} = S_{(i,j)} + d_{(i,j)} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

$f_{(i,j)}$ = Waktu selesai untuk kegiatan i pada lokasi j

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

$d_{(i,j)}$ = Waktu untuk menyelesaikan kegiatan i pada lokasi j

bahwa kegiatan dalam hal ini dilaksanakan secara menerus, sehingga hubungan antara waktu mulai dengan selasainya kegiatan dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$f_{(i,j)} = S_{(i,j-1)} \dots\dots\dots(5)$$

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 (sebelumnya).

Sedangkan hubungan antar kegiatan dalam suatu lokasi adalah paling dini dimulainya suatu kegiatan i adalah setelah selesainya kegiatan sebelumnya $(i-1)$, sebagaimana ditunjukkan dalam rumusan di bawah ini.

$$S_{(i,j)} \geq f_{(i-1,j)} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

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

$f_{(i-1,j)}$ = Waktu selesai untuk kegiatan yang mendahului kegiatan $i(i-1)$ pada lokasi j

Misalkan suatu proyek tersebut memulainya sama dengan waktu mulai kegiatan $(1,1)$ maka pada perhitungan dapat ditulis sebagai $S_{(1,1)} = 0$. Waktu tersebut dapat disesuaikan lagi dengan tanggal kalender dimulainya proyek yang sebenarnya (waktu aktual proyek).

Suatu vektor $S_i^{(a)}$ digambarkan sebagai berikut.

$$S_i^{(a)} = S_{(i,1)}^{(a)}, S_{(i,2)}^{(a)}, S_{(i,3)}^{(a)}, \dots, S_{(i,m)}^{(a)} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

$S_i^{(a)}$ = 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

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

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

Sedangkan $S_i^{(a)*}$ yang elemen-elemennya merupakan waktu mulai paling dini diantara semua alternatif vektor $S_i^{(a)}$ yang menggunakan sumber daya $r_i = r_i^{(a)}$ yang dirumuskan sebagai berikut.

$$S_i^{(a)*} = S_{(i,1)}^{(a)*}, S_{(i,2)}^{(a)*}, \dots, S_{(i,m)}^{(a)*} \dots\dots\dots(9)$$

$$S_i^{(a)*} = S_i^{(a)} - L_i^{(a)} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

- $S_i^{(a)*}$ = Waktu mulai kegiatan i paling cepat dengan menggunakan sumber daya a .
- $S_{(i,1)}^{(a)*}$ = Waktu mulai kegiatan i pada lokasi ke 1 paling cepat dengan menggunakan sumber daya a .
- $S_{(i,2)}^{(a)*}$ = Waktu mulai kegiatan i pada lokasi ke 2 paling cepat dengan menggunakan sumber daya a .
- $S_{(i,m)}^{(a)*}$ = Waktu mulai kegiatan i pada lokasi ke m paling cepat dengan menggunakan sumber daya a .
- $L_i^{(a)}$ = Selisih waktu mulai kegiatan i untuk start paling cepat dengan sumber daya a .

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

$$L_i^{(a)} = \max (L_i^{(a/b*)}) \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

- $b^* = 1,2,3,\dots, r_i$
- $L_i^{(a)}$ = Selisih waktu mulai kegiatan i untuk start paling cepat dengan sumber daya a .
- $L_i^{(a/b*)}$ = Selisih waktu kegiatan i dengan sumber daya a terhadap waktu mulai paling cepat dengan kegiatan i-1 dengan sumber daya b

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

$$L_i^{(a/b*)} = \min (S_{(i,j)}^{(a)} - S_{(i-1,j+1)}^{(b)*}) \dots\dots\dots(12)$$

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

$$b(a)_{(i-1)} = b^* \dots \dots \dots (13)$$

Keterangan :

$b(a)_{(i-1)}$ = Ketergantungan kegiatan i yang menggunakan sumber daya a terhadap sumber daya yang digunakan kegiatan $i-1$ yakni b

b^* = Sumber daya b pada kegiatan $i-1$ yang menentukan waktu mulai paling cepat kegiatan i

Waktu keseluruhan proyek adalah T diambil dari harga minimum $f_{(n,m)}^n$, dimana $f_{(n,m)}^n$ merupakan waktu selesainya kegiatan n , lokasi m . Setelah harga minimum diperoleh, maka dapat ditentukan waktu keseluruhan lokasi pada kegiatan tersebut yang menggunakan sumber daya tertentu serta dipengaruhi oleh alternatif sumber daya tertentu atau $b(a)_{(i-1)}$ pada kegiatan sebelumnya. Langkah tersebut diulangi sampai kegiatan awal sehingga didapatkan waktu optimal untuk penyelesaian proyek.

البحث الاستراتيجي