

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Dalam proyek konstruksi, terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menjadwalkan proses konstruksi. Metode yang sering digunakan dalam penjadwalan proyek konstruksi yaitu metode jaringan (seperti CPM dan PERT/*Project Evaluation and Review Technique*), *Gantt Chart*, dan metode linier (seperti LSM, VPM/*Vertical Production Method*, dan LOB/*Line of Balance*). Penggunaan metode dalam penjadwalan proyek konstruksi bergantung pada kemampuan dan kecocokan metode dalam memberikan analisis dan ketergantungan kegiatan pada suatu proyek konstruksi (Yamin dan Harmelink,2001).

Contoh penggunaan metode penjadwalan yaitu pada metode LSM memberikan hasil penjadwalan berupa grafik linier yang menyajikan pekerjaan dan tingkat produksi dari pekerjaan tersebut sehingga cocok untuk proyek linier. Pada CPM dan PERT memberikan hasil penjadwalan berupa jaringan kerja dengan jalur kritis berdasarkan pada pekerjaan diskrit sehingga untuk perkerjaan kompleks lebih mudah digunakan. Meskipun keduanya menggunakan metode jaringan penggunaan CPM dan PERT berbeda. Perbedaan antara CPM dan PERT yaitu CPM menggunakan durasi pasti dan mengutamakan tepat biaya sedangkan pada PERT menggunakan durasi probabilitas untuk penentuan durasi dan mengutamakan tepat waktu dalam penjadwalan (Maharasi, 2002).

Tabel 2.1 Rekomendasi Penggunaan Metode Penjadwalan Terhadap Tipe Proyek

Metode Penjadwalan	Tipe Proyek	Karakteristik Proyek
LSM	Linier dan kontinu (saluran air, rel kereta api, jalan raya, terowongan,)	<ul style="list-style-type: none"> a. Terdiri dari sedikit kegiatan b. Kegiatan berupa kegiatan linier dan kontinu c. Kontinuitas pekerjaan penting untuk keefektifan pekerjaan
LOB	Proyek dengan banyak unit sama (perumahan, bangunan)	<ul style="list-style-type: none"> a. Hasil dari proyek berupa unit- unit yang sama/mirip b. Terdiri dari kegiatan-kegiatan yang sama, baik seluruh maupun sebagian pada pembangunan setiap unit
LOB, VPM	High-rise building	<ul style="list-style-type: none"> a. Kegiatan berulang b. Terdiri dari banyak kegiatan c. Setiap lantai mempunyai unit produksi
PERT/CPM	Proyek yang kompleks	<ul style="list-style-type: none"> a. Terdiri dari sangat banyak kegiatan b. Kompleks design c. Kegiatan berupa kegiatan diskrit d. Berpatokan pada jalur kritis
Gantt Chart	Proyek yang simpel	<ul style="list-style-type: none"> a. Hanya menunjukkan waktu mulai dan berakhirnya kegiatan b. Terdiri dari kegiatan relatif sedikit

Sumber : Yamin dan Harmelink,2001

2.2 Perbandingan Metode Penjadwalan

Sharma dan Bansal (2018) menyebutkan, dalam perencanaan jalan raya setiap metode dapat digunakan untuk perencanaan. Setiap metode memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing. Kelebihan dan kelemahan setiap metode dijelaskan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan Metode Penjadwalan Pada Proyek Pembangunan Jalan Raya

Metode Penjadwalan	Kelebihan	Kelemahan
Bar Chart	<ul style="list-style-type: none"> a. Perencanaan dan penjadwalan dilakukan secara bersamaan b. Mudah untuk dibuat dan dipahami 	<ul style="list-style-type: none"> a. Hasil analisis kurang detail b. Tidak banyak membantu dalam perencanaan sumber daya c. Ketergantungan antar kegiatan tidak terlihat jelas
<i>Network-based Methods</i> (CPM, PERT)	<ul style="list-style-type: none"> a. Memperlihatkan dengan jelas urutan dan ketergantungan antar kegiatan b. Biasa digunakan dalam proyek yang kompleks karena kemampuan analisis dan mudah dalam komputasi 	<ul style="list-style-type: none"> a. Jaringan menjadi terlalu besar pada proyek berulang b. Tidak ada standar prosedur untuk pengulangan kegiatan dari satu lokasi ke lokasi lain.

Metode Penjadwalan	Kelebihan	Kelemahan
	c. Tersedia <i>software</i> untuk perhitungan <i>network-based</i>	c. Lebih berfokus pada optimalisasi penjadwalan daripada kontinuitas sumber daya
<i>Linear Scheduling Methods</i> (LOB, LSM)	<ul style="list-style-type: none"> a. Menampilkan kontinuitas sumber daya b. Mudah memprediksi permasalahan yang akan terjadi akibat waktu dan lokasi c. Proyek dibagi menjadi lokasi daripada kegiatan untuk perencanaan dan pengelolaan yang lebih baik d. Berfokus pada efisiensi produktivitas e. Seluruh pekerja mudah untuk memahami penjadwalan karena menggunakan format grafik 	<ul style="list-style-type: none"> a. Belum banyak digunakan dalam industri konstruksi b. Penggunaan komputer untuk perhitungan masih terbatas c. Kurangnya perhitungan optimalisasi penjadwalan d. Masih tergolong metode baru sehingga masih jarang digunakan e. Untuk penjadwalan kegiatan diskrit dalam grafik, LSM lebih susah untuk digunakan dibandingkan dengan menggunakan CPM

Sumber : Sharma dan Bansal, 2018

Yamin dan Harmelink (2001) melakukan penelitian terhadap penggunaan CPM dan LSM pada proyek pembuatan jembatan kecil (proyek dengan kegiatan diskrit) dan proyek perbaikan jalan (proyek dengan kegiatan linier dan kontinu). Hasil dari penelitian tersebut menyebutkan bahwa LSM memberikan hasil yang lebih mudah dipahami dan untuk proyek dengan kegiatan linier dan kontinu LSM memberikan hasil yang lebih baik dari metode CPM. Hasil perbandingan tersebut disebutkan dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perbandingan CPM dan LSM

Aspek	CPM	LSM
Pengurangan resiko	Meski menggunakan durasi tetap, penjadwalan CPM dapat dilengkapi dengan perhitungan dari PERT sehingga dapat memberikan ide untuk mengetahui resiko dalam penjadwalan	Tidak ada metode resmi untuk menentukan ketidakpastian durasi proyek
Perbaikan produksi dan biaya	Penjadwalan CPM dapat memperbaiki durasi total dan biaya dengan menambah atau menghilangkan sumber daya	LSM memberikan kemudahan dalam penjadwalan kontinuitas pada proyek yang linier dan dapat dengan mudah merubah tingkat produktivitas setiap kegiatan

Aspek	CPM	LSM
Kemudahan pemahaman	Semakin kompleks komponen kegiatan suatu proyek, penjadwalan CPM menjadi semakin rumit dan semakin susah untuk dipahami	Penjadwalan LSM mudah dipahami oleh seluruh elemen dalam proyek konstruksi.
Ketepatan penjadwalan	CPM dapat menghitung durasi kegiatan dan durasi total dengan pasti.	Keuntungan utama dalam metode LSM yaitu dapat menjelaskann rencana dalam lokasi dan waktu secara akurat
Jalur kritis	Kelebihan utama CPM yaitu mudah menentukan jalur kritis	Mendefinisikan jalur kritis dengan jalur pengendalian yang menjelaskan lokasi kritis
Kemudahan penggunaan	Terdapat banyak <i>software</i> yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan, meskipun perlu pelatihan dan pengalaman	Mudah untuk dipahami bagi seluruh elemen pada proyek konstruksi
<i>Update</i> penjadwalan	<i>Update</i> penjadwalan pada CPM sulit untuk dilakukan. Setelah update dilakukan penjadwalan akan sulit untuk dipahami	Mudah untuk melakukan <i>update</i> penjadwalan dan dapat digunakan sebagai as built.

Sumber : Yamin dan Harmelink,2001

2.3 Linear Scheduling Method

Pada Tahun 1975, O' Brien membuat metode penjadwalan untuk pembangunan berulang. O'Brien menggunakan metode tersebut untuk penjadwalan proyek *high rise building*. O'Brien menyatakan bahwa penjadwalan dengan *Linear Scheduling Method* menghasilkan penjadwalan yang tidak hanya setara dengan penjadwalan menggunakan metode *network*, namun lebih baik karena seluruh kontaktor maupun sub-kontraktor dapat membaca jadwal dengan lebih mudah (Harmelink,1995).

Menurut Johnson (1981) dalam Harmelink (1995), Johnson menemukan metode penjadwalan linier untuk proyek pembangunan jalan raya. Johnson menyatakan bahwa mayoritas konstruksi dalam bidang transportasi mempunyai

kegiatan dengan progres yang berlanjut selama masa konstruksi. Berdasarkan hal tersebut Johnson mengatakan bahwa penjadwalan linier dapat diterapkan pada konstruksi dibidang transportasi dan menyatakan beberapa hal tentang LSM, yaitu:

1. LSM memberikan informasi penjadwalan lebih lengkap daripada menggunakan metode *bar chart*.
2. Dalam beberapa proyek, metode *network* lebih menguntungkan. Namun dalam proyek dengan kegiatan berulang, LSM lebih mudah untuk memprediksi permasalahan yang akan terjadi dan dapat membantu dalam pengambilan solusi.
3. LSM dapat digunakan pada seluruh bidang konstruksi meskipun tidak pada semua bidang dapat memberikan hasil optimal. Untuk proyek konstruksi di bidang transportasi, proyek-proyek yang dapat dijadwalkan menggunakan LSM dan dapat memberikan hasil optimal yaitu konstruksi jalan raya, *runway air port*, terowongan, saluran pipa, dan rel kereta api.
4. Beberapa kontraktor pembangunan jalan raya mengatakan tertarik dengan metode LSM dan beberapa berpendapat metode ini mempunyai potensi.
5. Kelebihan dari LSM adalah penjadwalan sederhana namun dapat memberikan informasi tentang pekerjaan secara detail. LSM dapat memberikan informasi tentang waktu dan lokasi serta tingkat produktivitas melalui sebuah grafik sehingga mudah dipahami. Selain itu dari grafik tersebut terdapat beberapa keterangan yang dapat

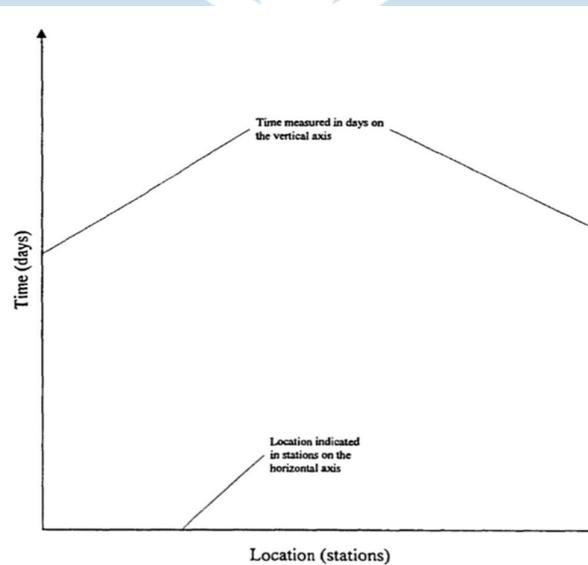
ditambahkan seperti lokasi *cut and fill* sehingga dapat memberikan informasi yang lebih banyak. Ketika penjadwalan dapat dipahami oleh sebagian besar staff lapangan dan pekerja, penjadwalan menjadi tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya.

2.4 Grafik Linear Scheduling Method

Menurut Harmelink (1995) grafik hasil dari penjadwalan menggunakan *Linear Scheduling Method* terdiri dari tiga bagian, yaitu :

2.4.1 Sumbu

Dalam grafik dari penjadwalan linier terdapat dua sumbu, yaitu sumbu horizontal dan sumbu vertikal. Sumbu horizontal menunjukkan jumlah unit atau lokasi stasiun, Sumbu vertikal menunjukkan waktu atau durasi proyek



Gambar 2.1 Sumbu dalam penjadwalan linier (Harmelink,1995)

2.4.2 Kegiatan

Kegiatan-kegiatan dalam penjadwalan linier dibagi menjadi tiga tipe kegiatan, yaitu :

1. *Linear Activities*

Linear activities menunjukkan kegiatan-kegiatan yang bersifat linier. Awal mula garis berada di suatu stasiun atau unit dan waktu tertentu disebut *origin* dan berjalan ke suatu titik akhir garis. Titik akhir tersebut menunjukkan selesainya suatu kegiatan. Kemiringan dari garis menunjukkan tingkat produksi dari kegiatan tersebut. Contoh dari *linear activities* yaitu pembongkaran pekerasan jalan lama dari titik awal hingga akhir yang berjalan secara *continous* (linier).

Linear activities terbagi menjadi empat jenis tipe. Garis tersebut berdasarkan kegiatan berjalan terus-menerus selama durasi proyek atau berselang-seling. Empat tipe tersebut, yaitu:

1. *Continous Full-span Linear* (CFL) adalah kegiatan yang dilakukan secara menerus pada seluruh lokasi.
2. *Intermittent Full-span Linear* (IFL) adalah kegiatan yang dilakukan berselang-seling pada seluruh lokasi.
3. *Continous Partial-span Linear* (CPL) adalah kegiatan yang dilakukan secara menerus pada sebagian lokasi.
4. *Intermittent Partial-span Linear* (IPL) adalah kegiatan yang dilakukan berselang-seling pada sebagian lokasi.

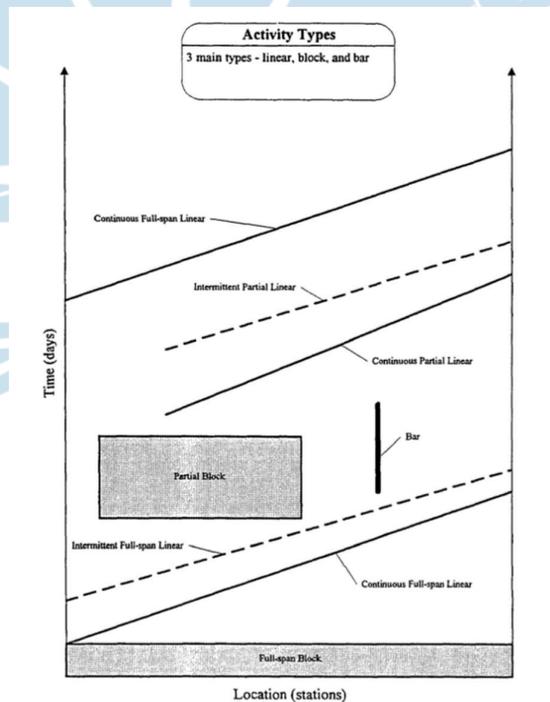
2. *Block Activities*

Block activities menunjukkan pekerjaan yang dilakukan pada seluruh atau sebagian proyek. Dalam grafik penjadwalan linier, *block activities* digambarkan dengan persegi. Selama *block activities* berjalan,

semua kegiatan lain tidak dapat berjalan. Contoh *Block activities* yaitu pekerjaan penggalian tanah. Pekerjaan berikutnya seperti pekerjaan pondasi tidak dapat dilakukan jika penggalian tanah belum selesai.

3. *Bar Activities*

Bar activities menunjukkan kegiatan yang dilakukan hanya pada suatu unit atau stasiun tertentu. Dalam grafik penjadwalan linier, *bar activities* digambarkan dengan garis vertikal keatas. Contoh *bar activities* yaitu pekerjaan pembuatan jembatan, gorong-gorong, atau saluran pembuangan pada proyek pembuatan jalan raya.



Gambar 2.2 Contoh jenis kegiatan dalam grafik (Harmelink,1995)

2.4.3 Simbol dan Milestones

Simbol dan *milestones* merupakan tanda untuk suatu kejadian tertentu pada waktu dan stasiun tertentu atau dapat berupa keterangan tentang suatu kejadian.

Contoh Simbol dan *milestones* adalah suatu garis horizontal memotong suatu kejadian yang menandakan awal dan akhir dari penutupan jalan. Contoh lainnya seperti pemberian suatu simbol yang menandakan jadwal kedatangan beton dari - *batching plant* pada lokasi tertentu.

2.4.4 Keterangan Lain

Seperti grafik pada umumnya, grafik dari *Linear Scheduling Method* memiliki keterangan-keterangan tambahan seperti judul, legenda, *plan view*, diagram massa. Namun tidak semua keterangan tersebut pasti tercantum (opsional). Keterangan-keterangan tersebut berguna untuk memperjelas grafik penjadwalan linier.

2.5 Pengendalian Kegiatan

Menurut Ervianto (2005), pengendalian kegiatan adalah proses pemeriksaan kegiatan, evaluasi kinerja, dan penetapan langkah perbaikan jika dibutuhkan. Proses pengendalian dilakukan dengan pengecekan hasil kinerja di lapangan dengan rencana. Pengendalian dilakukan untuk mengontrol pelaksanaan di lapangan supaya berjalan sesuai rencana.

Menurut Harmelink (1995) Pada penjadwalan menggunakan metode *Linear Scheduling Method* mempunyai kelebihan yaitu dapat menentukan pengendalian kegiatan dan jalur pengendalian kegiatan. Jalur pengendalian kegiatan penting untuk mengevaluasi hasil pekerjaan di lapangan. Penentuan jalur pengendalian dilakukan dengan tiga tahapan yaitu penentuan urutan kegiatan, upward pass, dan downward pass.

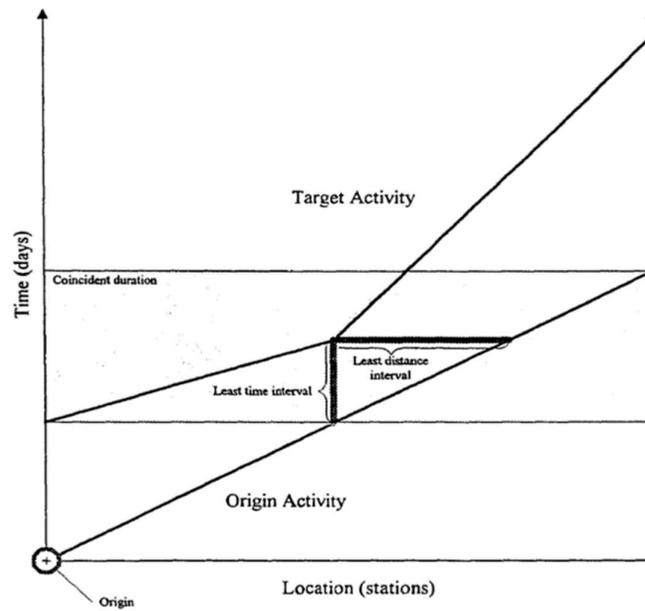
2.5.1 Penentuan Urutan Kegiatan

Langkah pertama dalam penentuan jalur pengendalian yaitu menentukan urutan kegiatan. Penentuan urutan kegiatan dilakukan berdasarkan logika hubungan antar kegiatan. Urutan kegiatan tidak bergantung pada lokasi (stasiun atau jumlah unit), tetapi menjelaskan urutan kegiatan di semua lokasi.

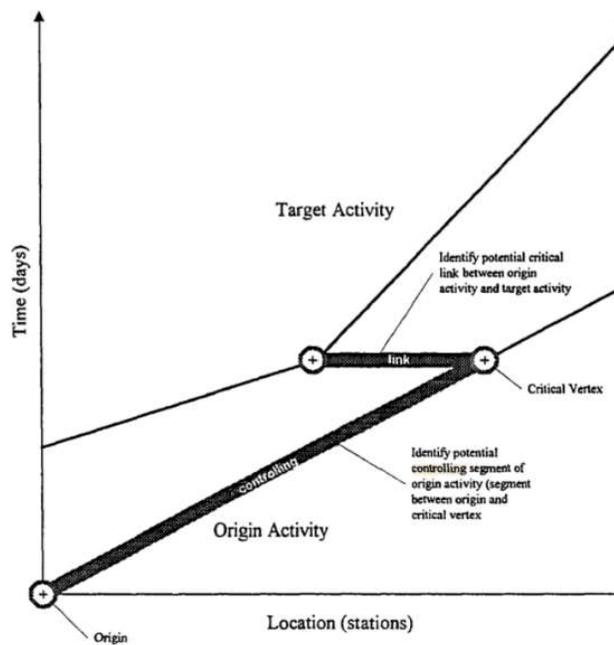
2.5.2 Upward Pass

Upward Pass bertujuan untuk mengidentifikasi kegiatan yang berpotensi menjadi jalur pengendalian, Peninjauan *Upward Pass* yang dimulai dari kegiatan awal proyek dan meninjau ke atas (kegiatan berikutnya) sesuai dengan urutan kegiatan yang sudah ditentukan. Garis kegiatan pertama disebut *origin activity* dan garis kegiatan berikutnya disebut *target activity*. Titik paling awal dari *origin activity* disebut *origin*. Dalam peninjauan *Upward Pass* terdapat tiga elemen yang perlu diidentifikasi. Tiga elemen tersebut yaitu :

1. *Least Time Interval (LT)* adalah jarak waktu terpendek antara dua kegiatan yang berhubungan. Kegiatan-kegiatan tersebut tidak boleh melintasi kegiatan lainnya
2. *Coincident Duration* adalah waktu dimana dua kegiatan yang berhubungan dilaksanakan dalam waktu bersamaan.
3. *Least Distance Interval (LD)* adalah jarak lokasi terpendek antara dua kegiatan yang berhubungan. LD terletak diantara *coincident duration* dan berpotongan dengan *least time interval*. Garis LD akan menjadi penghubung antara dua kegiatan dalam jalur pengendalian (*potensial controlling link*).



Gambar 2.3 *Least Time, Least Distane, Coincident Duration* (Harmelink,1995)



Gambar 2.4 *Potensial Controlling link* (Harmelink,1995)

2.5.3 Downward Pass

Downward Pass adalah tahap akhir dari penentuan jalur pengendalian. Pada tahapan *Upward Pass*, *potensial controlling link* pada semua kegiatan sudah ditentukan. Seluruh *potensial controlling link* tersebut disambungkan, dimulai dari kegiatan paling akhir (paling atas). Jalur yang terbentuk dari penyambungan *potensial controlling link* tersebut adalah jalur pengendalian atau *controlling link*.

