

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Metode LoB (*Line of Balance* – Garis keseimbangan)/ LSM (*Linear Schedule Methode*)

2.1.1 Definisi *Line of Balance*

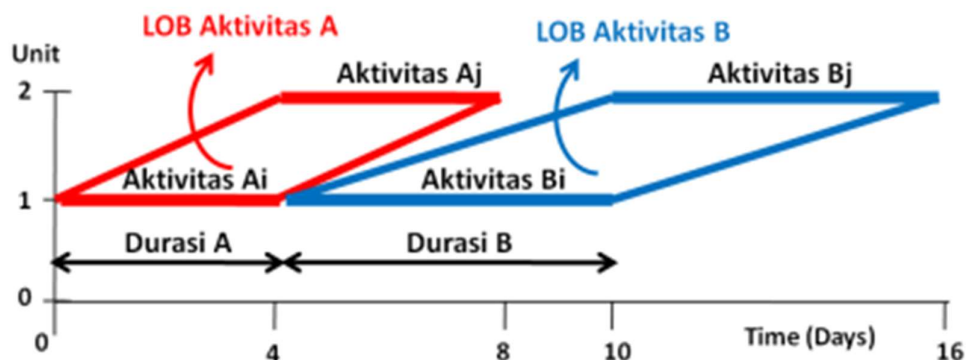
Definisi *line of balance* secara umum adalah sebuah metode penjadwalan proyek yang berupa garis yang menggambarkan unit pekerjaan pada sumbu vertikal dan waktu pada sumbu horizontal. Dengan kemudahan untuk mengatur penggunaan sumber daya yang berkelanjutan tanpa adanya penundaan antar pekerjaan sehingga dapat memberikan efisiensi jumlah tenaga kerja dan alat proyek. LoB pun mampu menunjukkan hambatan yang mungkin terjadi saat pekerjaan dilakukan sehingga pelaku konstruksi dapat berfokus pada titik-titik berpotensi terjadi gangguan. Hal-hal tersebut tidak dapat ditemukan dalam metode penjadwalan lain seperti *bar chart* dan PDM.

LoB pertama kali diterapkan pada industri manufaktur dan pengawasan produksi, dimana bertujuan untuk memperoleh atau mengevaluasi tingkat aliran garis produksi dari produk. Pada mulanya digunakan oleh Goodyear Company pada awal 1940 dan dikembangkan oleh U.S. Navy pada awal 1950 untuk merencanakan dan mengendalikan pekerjaan dengan unit berulang. LoB belum banyak dikembangkan dan diterapkan oleh industri konstruksi karena lebih populernya *network scheduling* (Pai et al., 2013).

Menurut Pai et al (2013) Teknik LoB menawarkan kelebihan antara lain :

- A. Memberikan kemampuan *project manager* untuk melihat, pada saat proses berjalannya proyek, apakah mereka mampu menyelesaikan proyek tepat waktu dengan melanjutkan cara bekerja yang sudah terealisasi.
- B. Menunjukkan hambatan, memberikan kemampuan *project manager* untuk fokus pada titik-titik yang berpotensi terjadi gangguan.
- C. Membantu mencegah timbulnya permasalahan perekrutan tenaga kerja selama proses konstruksi.
- D. Memberikan kemampuan *project manager* untuk memastikan proses perpindahan antar unit kerja dengan konflik minimal dan mengurangi waktu tunggu pekerja dan peralatan.

Menurut Mawdesley (1997), LoB mempunyai format dasar grafik X-Y dengan sumbu axis (X) merupakan variable waktu dan sumbu ordinat (Y) merupakan variable jumlah unit berulang. LoB pada penelitian ini akan digambarkan sebagai jajar genjang untuk setiap pekerjaan. Setiap aktivitas digambarkan sebagai garis horizontal sepanjang durasi (sumbu X) dan setinggi jumlah unitnya (sumbu Y) seperti pada (Gambar 2.1) berikut ini.



Gambar 2.1 Penggambaran LoB

Menurut Husen (2008 : 137) metode ini cukup efektif untuk digunakan pada proyek bangunan bertingkat dengan keragaman masing-masing tingkat bangunan relatif sama. Metode ini membantu memonitor kemajuan beberapa kegiatan tertentu yang berada dalam suatu penjadwalan keseluruhan proyek. Hal ini dapat dilakukan bila dikombinasikan dengan metode *Network*, karena metode penjadwalan linear dapat memberikan informasi tentang kemajuan proyek yang tidak dapat ditampilkan oleh *Network*.

Berbagai literatur internasional menunjukkan biasanya *Line of Balance* sebagai alat penjadwalan yang hanya cocok untuk proyek-proyek yang tersusun atas kegiatan berulang (*repetitive*), dan tidak cocok untuk proyek *non-repetitive* (Arditi et al., 2002). Namun di Finlandia, LoB telah menjadi alat penjadwalan yang pokok pada perusahaan besar konstruksi sejak tahun 1980 an, di mana LoB digunakan untuk penjadwalan proyek-proyek yang special dan proyek konstruksi *residential* (Kiiras, 1989).

2.1.2 Dasar Pembuatan Diagram LoB

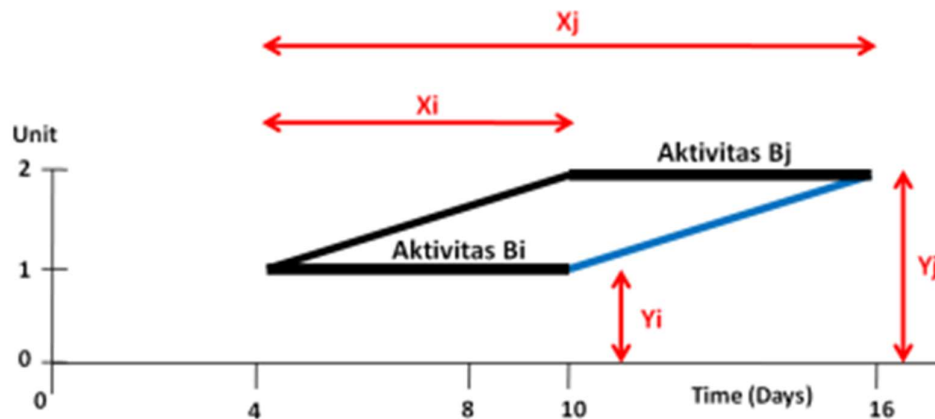
Uher dan Levido (1990) dalam Arsana (2010) menguraikan bahwa anggapan yang digunakan pada penjadwalan dengan metode LoB adalah suatu

kelompok pekerja mengerjakan satu jenis kegiatan untuk satu unit. Hal ini berarti bahwa meskipun digunakan lebih dari satu kelompok pekerja untuk satu kegiatan, durasi untuk menyelesaikan kegiatan tersebut pada satu unit tidak berubah menjadi lebih cepat, melainkan dalam waktu yang bersamaan dapat dilaksanakan kegiatan yang sama untuk beberapa unit sesuai dengan jumlah kelompok pekerjaan yang digunakan. Dengan demikian penambahan jumlah kelompok pekerja tidak akan mengurangi durasi untuk menyelesaikan kegiatan tersebut pada satu unit melainkan meningkatkan kecepatan produksi kegiatan tersebut.

Berdasarkan anggapan tersebut maka metode LoB menggunakan pendekatan berdasarkan pembangunan satu unit pada satu waktu, kemudian elemen yang identik dengan sumber daya yang sama pada unit lain akan dibangun satu setelah yang lain.

2.1.3 Tingkat Produksi sebagai Fungsi Linear LoB

Setiap garis LoB, yang mewakili setiap pekerjaan, mempunyai kemiringan garis konstan/gradient (m) yang menunjukkan kecepatan produksi (Arditi dan Albulak, 1986). Jika telah diketahui kemiringan garis (Gambar 2.2), maka penentuan nilai pada setiap titik di sepanjang garis yang sama dapat ditentukan menggunakan persamaan linier.



Gambar 2.2 Line of Balance sebagai Fungsi Linier

$$m = (Y_j - Y_i) / (X_j - X_i) \text{ dengan } i < j \dots \dots \dots (1)$$

dimana,

m = kecepatan produksi pekerjaan yang ditinjau

Y_j = unit keseluruhan pekerjaan yang ditinjau,

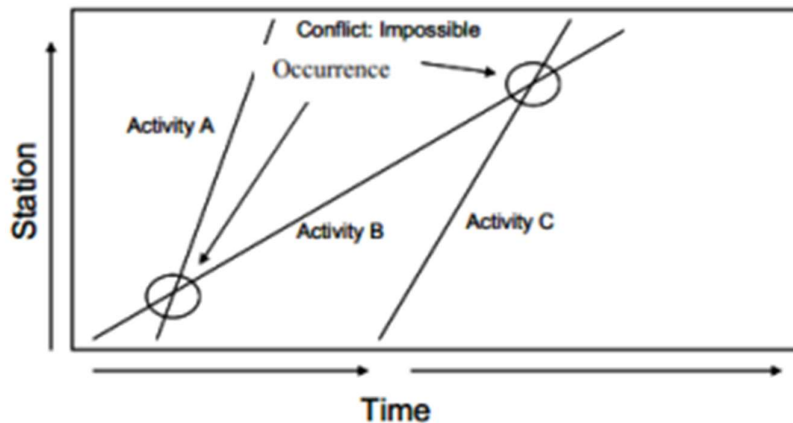
$Y_i = \text{unit ke-1} = 1$

$X_j = \text{durasi keseluruhan pekerjaan yang ditinjau,}$

$X_i = \text{durasi pekerjaan setiap siklus}$

2.1.4 *Conflict / Interfensi*

Conflict / Interfensi terjadi apabila suatu aktivitas laju produktivitasnya lebih lambat dibandingkan aktivitas pengikutnya. Dalam *LoB chart* digambarkan dengan perpotongan garis suatu aktivitas dengan garis aktivitas pada suatu unit tertentu. Hal ini berarti pada saat pekerjaan selesai unit tertentu, aktivitas pengikut aktivitas tersebut tidak bisa dimulai karena aktivitas tersebut belum selesai. Sehingga timbul *idle time* bagi sumber daya karena harus menunggu aktivitas tersebut selesai terlebih dahulu. Untuk menghilangkan waktu tunggu tersebut, maka aktivitas yang harus menunggu biasanya diperlambat laju produksinya, sehingga tiap pekerjaan tetap kontinu tanpa waktu tunggu (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 *Conflict* yang terjadi dalam *LoB chart*

2.1.5 Teknik Perhitungan *Line of Balance*

Format dasar dari *LoB* adalah *Time* diplotkan pada sumbu horisontal dan unit *number* pada sumbu vertikal Mawdesley (1997) dalam Halimi (2018). Konsep *LoB* didasarkan pada pengetahuan bagaimana unit yang banyak harus diselesaikan pada beberapa hari agar program pengiriman unit dapat dicapai (Lumsden, 1986) dalam Halimi (2018).

Menurut Nugraheni (2004) dalam Halimi (2018), dalam analisis penjadwalan dengan menggunakan *Line of Balance* terdapat beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Logika Ketergantungan

Dalam pelaksanaannya metode ini menganalisis jenis pekerjaan yang dapat dikerjakan bersamaan (*linear*) namun tidak mengganggu pekerjaan selanjutnya, dan metode ini dalam pengerjaannya terdapat pekerjaan yang dapat dilakukan bersamaan karena tidak terdapat hubungan yang dapat mengganggu jalannya pekerjaan selanjutnya. Maka dari itu perlu dilakukan pengelompokan jenis pekerjaan berdasarkan logika ketergantungan jenis pekerjaan tersebut dan pengelompokan pekerjaan yang bisa dikerjakan bersamaan.

2. Variabel dalam hitungan *Line of Balance*

Pada pembuatan jadwal dengan metode *Line of Balance* terdapat variable yang menentukan proses penjadwalan tersebut. Beberapa variable yang digunakan umumnya sama dan dapat ditemukan pada metode penjadwalan lainnya seperti jumlah jam kerja per hari, jumlah hari kerja, dan jumlah jam kerja per minggu. Namun pada metode ini terdapat variable target pencapaian jumlah pekerjaan yang ditentukan perencanaan.

3. Rumus pada *Line of Balance*

Terdapat beberapa perhitungan yang perlu ditentukan untuk membuat penjadwalan *Line of Balance* diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan jumlah jam kerja pada jenis pekerjaan per unit target mingguan (M).

$$M = \text{Jumlah pekerja} \times \text{durasi} \times \text{jumlah jam kerja per hari} \quad (3.1)$$

- b. Menentukan jumlah total pekerja untuk target pekerjaan mingguan secara teoritis (N).

$$N = \frac{M \times \text{Unit target mingguan}}{\text{Jam kerja per minggu}} \quad (3.2)$$

- c. Menentukan estimasi jumlah pekerja pada kelompok kerja per jenis pekerjaan (n).
- d. Menentukan jumlah kelompok kerja yang dibutuhkan (H).

- e. Menentukan jumlah pekerja yang dibutuhkan dalam satu kelompok (A).

$$A = n \times H \quad (3.3)$$

- f. Menentukan rata-rata actual kelompok kerja yang digunakan (R).

$$R = \frac{A \times \text{Jam kerja per minggu}}{M} \quad (3.4)$$

- g. Menentukan waktu pengerjaan jenis pekerjaan dalam 1 unit (t).

$$t = \frac{M}{n \times \text{jumlah jam kerja per hari}} \quad (3.5)$$

- h. Menentukan jarak waktu yang diperlukan untuk memulai pekerjaan pada unit terakhir (T).

$$T = \frac{\text{Target pekerjaan unit-1}}{R} \times \text{Hari Kerja} \quad (3.6)$$

2.1.6 Buffers

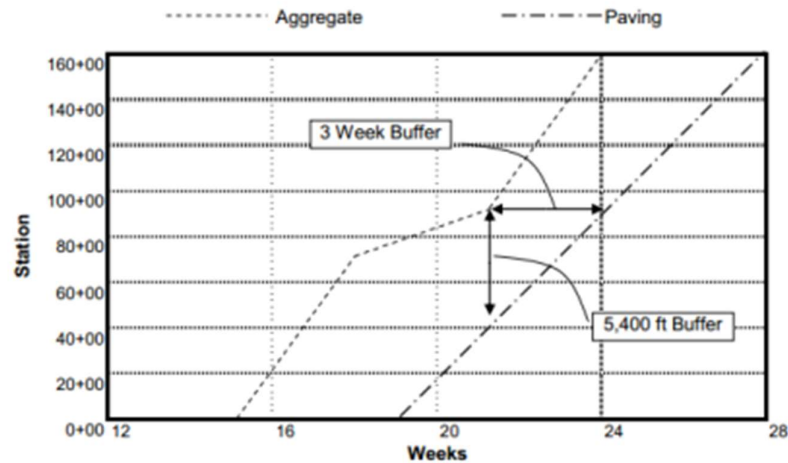
Buffers menentukan diperbolehkan seberapa dekat suatu aktivitas dengan aktivitas pengikutnya saat dikerjakan. Sehingga tujuan pemberian *buffer* oleh para perencana adalah untuk meminimalisir resiko terjadi *conflict* / intervensi yang menyebabkan idle time sumber daya.

Buffers terdiri dari *Time Buffer* dan *Space Buffer*. *Time Buffer* adalah suatu jarak horizontal yang diberikan pada suatu aktivitas dengan aktivitas pengikutnya sehingga pengikut diperkenankan dikerjakan setelah mencapai suatu durasi tertentu. Sedangkan *Space/Location Buffer* adalah suatu jarak vertikal yang diberikan pada suatu aktivitas dengan aktivitas pengikutnya sehingga aktivitas pengikut dikerjakan setelah mencapai suatu jumlah tertentu.

Buffer ini biasanya disebabkan oleh :

1. Kecepatan produksi yang berbeda dimana kegiatan yang mendahului mempunyai kecepatan produksi yang lebih lambat dari kegiatan yang mengikuti.
2. Perbaikan dan keterbatasan peralatan.
3. Keterbatasan material.

4. Variasi jumlah kelompok pekerja dimana kegiatan mendahului menggunakan kelompok pekerja yang lebih banyak daripada kegiatan yang mengikuti.



Gambar 2.4 Time Buffer dan Space Buffer

2.1.7 Crew Synchronization / Penyerempakan Kelompok Pekerja

Crew Synchronization / penyerempakan kelompok pekerja merupakan suatu langkah untuk mengatur sumber daya sehingga dalam melaksanakan suatu aktivitas pekerjaan, kelompok pekerja tersebut dapat tetap produktif secara kontinyu, tanpa ada waktu tunggu. Biasanya penyerempakan kelompok pekerja dilakukan dengan mengatur jumlah *crew*/kelompok kerja dengan direkomendasikan bahwa kondisi kekontinuan kelompok pekerja boleh dipenuhi, tetapi menjadi keharusan untuk penjadwalan aktivitas yang berulang.

Durasi dan jumlah *crew* dapat dijabarkan ke sebuah hubungan sebagai berikut :

$$C = D \times R$$

Dimana :

C = Jumlah *crew* / kelompok kerja

D = durasi pekerjaan

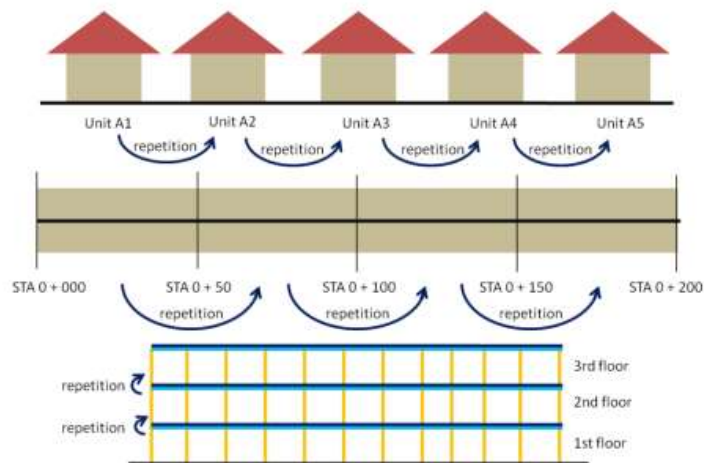
R = *production rate* (jumlah unit per satuan waktu)

Dari hubungan ini dapat diartikan untuk mempercepat *production rate*, maka diperlukan penambahan kelompok kerja.

2.2 Konstruksi Repetitif

Menurut Jaskowski (2015) konstruksi repetitif atau konstruksi berulang adalah konstruksi dengan kegiatan-kegiatan di dalamnya yang diulang dalam unit yang sama. Contoh tipikal dari konstruksi repetitif (Gambar 2.1) antara lain : konstruksi unit perumahan dengan pengulangan pekerjaan yang sama pada setiap unit rumah, konstruksi perumahan dengan pengulangan pekerjaan yang sama pada setiap stasiun, konstruksi gedung bertingkat (apartemen, hotel, gedung bertingkat fasilitas umum).

Sebagaimana proyek-proyek konstruksi repetitif mempunyai porsi yang besar di industri konstruksi, dimana konstruksi perumahan, jalan dan gedung bertingkat dibangun untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, maka penting untuk mengembangkan metode penjadwalan khusus yang efisien untuk tipe proyek berkarakter pekerjaan berulang.



Gambar 2.5 Ilustrasi Proyek Repetitif

2.3 Proyek Konstruksi

Proyek adalah seluruh rangkaian usaha mengolah sumber daya pada proyek untuk mencapai suatu hasil tertentu dengan melibatkan beberapa pihak tertentu dengan latar belakang keahlian yang berbeda-beda. Setiap proyek bersifat unik karena kejadiannya hanya sekali dan tidak ada yang sama persis. (Ervianto,2002)

Proyek konstruksi adalah proyek yang berkaitan dengan pembangunan suatu bangunan infrastruktur yang umumnya mencakup pekerjaan utama, termasuk didalamnya adalah bidang Teknik sipil, arsitektur dan sebagainya. Proyek

konstruksi dapat juga diartikan sebagai suatu bangunan dengan jangka waktu terbatas, alokasi dana tertentu, dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sasarannya telah ditentukan dengan jelas. (Dipohusodo,1996).

2.4 Definisi Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu Teknik yang digunakan untuk merencanakan, mengerjakan, dan mengendalikan aktivitas suatu proyek untuk memenuhi kendala waktu dan biaya proyek (Muslich, 2009). Teknik ini berorientasi pada tujuan, diantara tujuan yang dimaksud yaitu pembangunan Gedung, pembangunan jalan dan jembatan, pengendalian kegiatan penelitian dan pengembangan atau lain sebagainya. Menurut Djojowirono (1984) manajemen proyek adalah pengaturan atau pengelolaan pelaksanaan pembangunan sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil optimal sesuai dengan persyaratan.

2.4.1 Fungsi Manajemen Proyek

Suatu proyek akan berhasil dikelola dengan baik jika semua fungsi manajemen dilaksanakan. Menurut Ervianto (2002) fungsi dari manajemen konstruksi itu meliputi fungsi-fungsi dasar manajemen, yaitu antara lain adalah sebagai berikut :

a. Penetapan Tujuan (*Goal Setting*)

Tahap yang harus ditentukan terlebih dahulu adalah menetapkan tujuan utama yang akan dicapai. Dalam menetapkan tujuan utama itu harus diingat beberapa hal sebagai berikut :

1. Realistis, artinya bahwa tujuan tersebut memungkinkan dicapai.
2. Spesifik, artinya tujuan tersebut memiliki kejelasan mengenai apa yang akan dicapai.
3. Terukur, artinya tujuan tersebut memiliki ukuran keberhasilan.
4. Terbatas waktu, artinya tujuan tersebut mempunyai durasi waktu pencapaian.

b. Perencanaan (*Planning*)

Setiap proyek konstruksi selalu diawali dengan perencanaan. Perencanaan dapat didefinisikan sebagai masa yang akan datang dan perumusan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan. Bentuk dari perencanaan dapat berupa bentuk : perencanaan prosedur, perencanaan metode

kerja, perencanaan standar pengukuran hasil, perencanaan anggaran biaya. (Ervianto, 2002)

c. Pengorganisasian (*Organizing*)

Pengorganisasian merupakan kegiatan mengidentifikasi dan mengelompokkan jenis-jenis pekerjaan, menentukan pendelegasian wewenang dan tanggungjawab personel serta meletakkan dasar baik hubungan masing-masing unsur organisasi (Husen, 2009). Struktur organisasi yang sesuai dengan dengan kebutuhan proyek dan kerangka penjabaran tugas personel yang sesuai dengan keahliannya, akan memperlancar terwujudnya proyek. Menurut Ervianto (2002) tujuan dari kegiatan pengorganisasian yaitu untuk mengatur dan mengelompokkan kegiatan proyek konstruksi agar kinerja yang dihasilkan sesuai harapan.

d. Pengisian Staff (*Staffing*)

Menurut Ervianto (2002) pada tahap ini merupakan tahap awal dalam perencanaan personel yang akan ditunjuk sebagai pengelola pelaksanaan proyek.

Kecermatan dan ketetapan dalam memposisikan seseorang pada keahliannya juga akan menentukan kesuksesan proyek. Jika seseorang tidak bekerja sesuai keahliannya, maka orang tersebut akan kesulitan mengerjakan pekerjaannya.

e. Pengarahan (*Directing*)

Tahapan selanjutnya setelah pengisian staf adalah pengarahan. Tahap pengarahan dapat didefinisikan sebagai kegiatan mobilisasi sumber-sumber daya yang dimiliki agar dapat bergerak sebagai kesatuan sesuai rencana yang telah dibuat, termasuk didalamnya adalah memberikan motivasi dan melaksanakan koordinasi terhadap seluruh staf (Ervianto, 2002).

f. Pengawasan (*Supervising*)

Menurut Ervianto (2002) pengawasan dapat didefinisikan sebagai interaksi langsung antara individu-individu dalam organisasi untuk mencapai kinerja dalam tujuan organisasi. Proses ini berlangsung selama proyek berlangsung, guna mendapatkan keyakinan bahwa pelaksanaan kegiatan berjalan sesuai prosedur.

g. Pengendalian (*Controlling*)

Menurut Husen (2009) pada kegiatan pengendalian ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa program dan aturan kerja yang telah ditetapkan dapat dicapai dengan penyimpangan paling minimal dan hasil memuaskan.

Ervianto (2002) berpendapat bahwa pengendalian adalah proses penetapan apa yang telah dicapai, evaluasi kinerja, dan langkah perbaikan bila diperlukan. Esensi pengendalian adalah membandingkan rencana dengan actual. Untuk membandingkan, maka perlu dilakukan pemantauan. Pemantauan kegiatan yang telah terjadi di lapangan harus dilakukan dari waktu ke waktu hingga proyek selesai.

2.4.2 Keterlambatan Pekerjaan

Menurut Hansen (2015) kompleksitas merupakan karakteristik proyek konstruksi, terutama yang berkaitan dengan waktu pelaksanaan pekerjaan. Tidak jarang pada pelaksanaan di lapangan selalu terdapat kondisi-kondisi yang mempengaruhi waktu pelaksanaan pekerjaan. Penilaian keterlambatan pekerjaan dan klaim perpanjangan waktu merupakan hal yang tidak mudah untuk dilakukan. Dibutuhkan pengalaman dan pengetahuan teknis dalam menilai dan memutuskan sebab-sebab keterlambatan, dampak terhadap durasi waktu pekerjaan, dan kepada siapakah resiko atas keterlambatan tersebut dibebankan. Berdasarkan sumbernya, Hansen membagi sebab keterlambatan proyek menjadi 3 yaitu :

1. Keterlambatan yang disebabkan oleh kontraktor/penyedia jasa.
2. Keterlambatan yang disebabkan oleh kelalaian pemilik proyek/konsultan.
3. Keterlambatan diluar kendali kedua belah pihak (*natural delay*).

Keterlambatan-keterlambatan ini tidak saja berpengaruh terhadap aktivitas pekerjaan tertentu, tetapi juga dapat mempengaruhi durasi waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan secara keseluruhan. (Hansen,2015).

Terdapat 4 kategori keterlambatan dalam industry konstruksi, yaitu:

1. Kritis atau tidak kritis (*critical or non-critical*)
2. Dimaklumi atau tidak dimaklumi (*excusable or non-excusable*)
3. Dapat dikompensasi atau tidak dapat dikompensasi (*compensable or non-compensable*).
4. Yang terjadi bersamaan atau tunggal (*concurrent or non-concurrent*).

2.5 Biaya Proyek Konstruksi

Menurut Iman Soeharto (1999), biaya adalah jumlah segala usaha dan pengeluaran yang dilakukan dalam mengembangkan, memproduksi, dan mengaplikasikan produk.

Dalam suatu konstruksi proyek terdiri dari dua jenis biaya yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek, yaitu :

2.5.1 Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung adalah semua biaya yang langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan. Biaya langsung dapat diperoleh dengan mengalikan volume atau kuantitas suatu pekerjaan dengan harga satuan (*unit cost*) pekerjaan tersebut. Harga satuan pekerjaan terdiri dari atas harga upah, upah buruh, dan biaya peralatan.

Biaya-biaya yang dikelompokkan dalam biaya langsung adalah sebagai berikut :

b. Biaya bahan atau material

Biaya bahan atau material terdiri dari biaya pembelian material, biaya transportasi, biaya penyimpanan material dan kerugian akibat kehilangan atau kerusakan material.

c. Biaya pekerja atau upah (*labor/man power*)

Biaya pekerja atau upah adalah biaya yang dikeluarkan untuk membayar para pekerja yang melaksanakan proyek. Biaya pekerja dibedakan atas :

1) Upah Harian

Upah yang dibayar per satuan waktu. Sementara untuk menentukan besarnya upah dipengaruhi oleh jenis keahlian pekerja, lokasi pekerjaan, jenis pekerjaan dan lain-lain.

2) Upah Borongan

Upah ini dibayar tergantung pada hasil negosiasi atas kesepakatan bersama antara kontraktor dengan pekerja atau kelompok kerja atas satu atau lebih item pekerjaan. Besarnya upah ini tergantung dari besarnya volume pekerjaan yang dikerjakan.

3) Upah berdasarkan produktivitas

Besarnya upah ini tergantung banyaknya pekerjaan yang dapat diselesaikan oleh pekerja dalam satuan waktu tertentu. Upaya mengejar banyaknya pekerjaan ini tentunya harus tetap memenuhi kualitas pekerjaan yang disyaratkan.

d. Biaya peralatan

Biaya peralatan terdiri dari biaya pembelian peralatan, biaya sewa (bila menyewa), biaya operasi, biaya pemeliharaan, biaya operator, biaya mobilisasi, dan lain-lain yang terkait dengan peralatan.

2.5.2 Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung adalah seluruh biaya proyek yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi di lapangan tetapi biaya ini harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut. Biaya-biaya yang termasuk dalam biaya tidak langsung adalah :

b. Biaya Overhead

Biaya yang termasuk *overhead* adalah komponen biaya yang meliputi pengeluaran operasi perusahaan yang dibebankan pada proyek (menyewa kantor, rekening listrik, air , telepon, biaya pemasaran, gaji karyawan) dan pengeluaran untuk pajak, asuransi, jaminan dan izin-izin usaha serta biaya rapat lapangan (*site meeting*). (Hansen, 2015)

c. Biaya tak terduga (*contingence*)

Kontingensi adalah cadangan biaya dari suatu perkiraan biaya atau anggaran untuk dialokasikan pada butir-butir yang belum ditentukan, yang menurut pengalaman dan statistic menunjukkan selalu diperlukan. Makin jauh proyek berjalan, makin banyak masukan data dan informasi, sehingga masalah yang belum menentu pun akan banyak, demikian halnya dengan kontingensi. Pada umumnya biaya ini diperlukan antara 0,5% - 5% dari total proyek. Yang termasuk biaya tak terduga ini adalah :

1. Kesalahan
 - a. Kealpaan pemborong dalam memasukkan pos pekerjaan.
 - b. Gambar yang kurang lengkap
2. Ketidakpastian subjektif
 - a. Ketidakpastian yang subjektif timbul karena interpersi yang subjektif terhadap bestek.

b. Ketidakpastian yang subjektif lainnya adalah fluktuasi harga material dan upah buruh yang tidak dapat diperkirakan.

3. Ketidakpastian yang objektif

Ketidakpastian yang objektif adalah ketidakpastian tentang perlu tidaknya suatu pekerjaan dilakukan atau tidak, dimana ketidakpastian itu ditentukan objek di luar kemampuan manusia.

2.6 Metode Penjadwalan Proyek

Penjadwalan adalah menentukan lamanya waktu pelaksanaan kegiatan-kegiatan yang dilakukan dalam proyek dengan menyusun kegiatan-kegiatan tersebut dengan urutan logis sesuai dengan perencanaan awal (Johan dkk,1998). Metode penjadwalan dibuat untuk mencapai efektivitas dan efisiensi yang tinggi dari sumber daya yang akan digunakan untuk perencanaan waktu produktivitas dan biaya dari tenaga kerja, material dan peralatan. Tujuan dari penyusunan penjadwalan kegiatan proyek yaitu memberikan pedoman pelaksanaan pekerjaan, mengadakan evaluasi dan penilaian terhadap kemajuan yang telah dicapai, dan memberikan sarana untuk koordiansi dan komunikasi.

Terdapat beberapa metode yang sering digunakan dalam penjadwalan proyek, yaitu :

2.6.1 Diagram Balok (*Bar Chart*)

Diagram balok atau Gantt Chart sesuai dengan nama orang yang pertama kali mengembangkannya yaitu H.L. Gantt adalah suatu diagram yang terdiri dari sekumpulan garis-garis yang menunjukkan saat mulai dan saat selesai yang direncanakan untuk item-item pekerjaan di dalam proyek, dimana item pekerjaan disusun dalam kolom arah vertical, sedangkan kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Sampai saat ini diagram balok masih digunakan karena mudah dibuat serta mudah dipahami oleh setiap level manajemen.

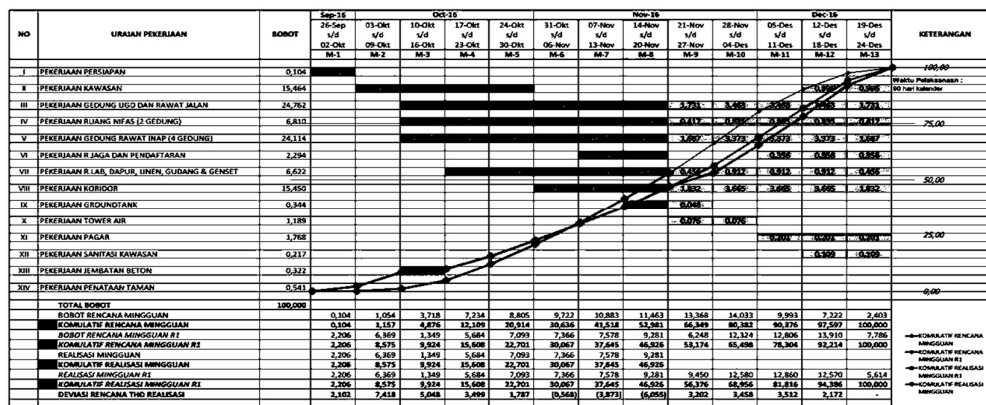


Gambar 2.6 Contoh Diagram Balok (Gantt Chart)

2.6.2 Kurva “S”

Kurva “S” adalah grafik yang menggambarkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Kurva “S” dapat memberikan informasi kemajuan proyek dengan membandingkan yang telah terjadi dengan rencana proyek, dari perbandingan tersebut dapat diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal proyek.

Penjadwalan waktu suatu proyek yang menggunakan *Bar Chart* dapat dihubungkan dengan kurva “S” dan menjadi suatu acuan dari kegiatan yang akan dilaksanakan. Oleh karena itu kurva “S” dan menjadi satu acuan dari kegiatan yang akan dilaksanakan. Oleh karena itu kurva S menjadi sarana untuk pengendalian proyek.



Gambar 2.7 Contoh kurva “S”

2.6.3 Diagram Jaringan Kerja (*Network Planning Diagram*)

Diagram jaringan merupakan teknik yang digunakan untuk memperlihatkan pengurutan aktivitas. Sebuah diagram jaringan adalah tampilan mengenai hubungan logis antara aktivitas – aktivitas proyek atau urutan antara aktivitas-aktivitas proyek. *Network Planing Diagram* digambarkan dalam bentuk *network diagram* yang tersusun atas urutan-urutan semua kegiatan dari bagian-bagian pekerjaan yang direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat dilihat dengan nyata hubungan dengan bagian pekerjaan yang lain. Terdapat 2 Jenis Diagram Jaringan kerja yang bias dilakukan, yaitu CPM (*Critical Path Method*), dan PDM (*Presendence Diagram Method*)

2.6.4 PERT

Penjadwalan dengan metode PERT merupakan penjadwalan dengan memanfaatkan analisa pendekatan statistika. Penyusunan durasi pekerjaan terbagai atas 3 macam, yaitu :

1. Perkiraan waktu optimis (a)
2. Waktu optimis (m)
3. Waktu pesimis (b)

Masing-masing perkiraan waktu dapat dihitung dengan rumus agar mendapatkan waktu yang paling memungkinkan (t), dimana durasi tersebut akan digunakan untuk menyusun penjadwalan. Waktu paling memungkinkan dapat dihitung dengan rumus, sebagai berikut :

$$\text{Waktu yang memungkinkan : } \frac{a+4m+b}{6}$$

2.6.5 *Fast Track*

Secara umum definisi *fast track* dalam proyek konstruksi adalah penyelesaian pelaksanaan proyek yang lebih cepat dari pada waktu normal atau yang bias dilakukan dengan menerapkan startegi yang berbeda dan inovativ dalam pengelolaan kegiatan konstruksi, sehingga keberhasilan *fast track* tidak hanya bergantung pada dipakainya strategi yang berbeda dan inovatif saja, melainkan juga pelaksanaan waktu yang efektif dari semua kegiatan proyek normal.

Metode *fast track* adalah suatu metode penjadwalan dengan waktu penyelesaian proyek lebih cepat dari waktu normalnya (Gerry Easthan , 2002). Mora dan Li (2001), menyatakan bahwa metode *fast track* merupakan metode

percepatan dalam pembangunan dengan melakukan pelaksanaan aktivitas-aktivitas secara parallel atau tumpang tindih dengan waktu pelaksanaan lebih cepat dan biaya lebih efisien. Percepatan dilakukan dengan menerapkan strategi yang berbeda, inovatif, dan waktu pelaksanaan yang efektif dari semua kegiatan proyek normal (Easthan, 2002).

Metode ini dapat mempersingkat durasi pelaksanaan serta mereduksi biaya proyek dibanding metode tradisional atau biasa disebut konvensional yang mengandalkan urutan aktivitas-aktivitas secara kaku sehingga tidak terjadi pembengkakan biaya. Saat ini penerapan metode *fast track* dapat membantu perencanaan jadwal sehingga waktu pelaksanaan lebih cepat atau sesuai dengan waktu penyelesaian yang diinginkan.

2.4.7.1 Kriteria Metode Fast Track

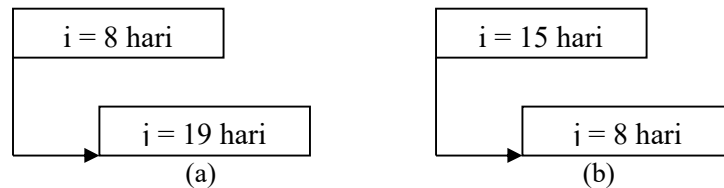
Sebelum melaksanakan metode Fast Track ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yakni sebagai berikut (Tjaturono, 2008):

- 1) Aktivitas pada lintasan kritis diterapkan prinsip *parallel system* dan penyelesaian aktivitas satu dengan aktivitas lain berdasarkan pada prinsip *start to start*. Penjadwalan ulang harus logis. Hubungan pekerjaan satu dengan pekerjaan lain harus realistis untuk dilaksanakan.
- 2) Melakukan *fast tracking* pada pekerjaan di lintasan kritis.
- 3) Kemampuan manajemen yang menangani pekerjaan, terutama manajemen logistiknya harus menerapkan metode *Just In Time*, agar tidak terjadi keterlambatan bahan material.
- 4) Penggunaan tenaga kerja untuk meralisasi percepatan waktu dituntut tenaga kerja yang sangat berpengalaman, memiliki produktivitas stabil serta memiliki kemampuan multi skill.
- 5) Koordinasi antar *site manajer*, pengawas lapangan dan pelaksana perlu dilakukan sepanjang waktu pembangunan agar bias menekan hal-hal yang bersifat ketidakpastian waktu yang mungkin timbul.

2.4.7.2 Langkah-langkah Metode Fast Track

Untuk mengetahui penerapan metode *fast track*, berikut adalah langkah-langkah yang harus dilakukan dalam penerapan metode *fast track* terhadap aktivitas-aktivitas pelaksanaan proyek (Tjaturono, 2008).

1. Melakukan penjadwalan dengan logis antara aktivitas yang satu dengan aktivitas lainnya sehingga cukup realistis untuk dilaksanakan (meliputi: tenaga kerja, bahan, alat, teknis dan dana).
2. Melakukan *fast track* hanya pada aktivitas di lintasan kritis saja, terutama pada aktivitas-aktivitas yang memiliki durasi yang panjang.
3. Waktu terpendek yang dapat dilakukan *fast track* adalah ≥ 2 hari.
4. Berikut adalah hubungan antara aktivitas kritis yang akan dilakukan *fast track*:
 - a. Apabila durasi $I <$ durasi j , maka aktivitas kritis j dapat dilakukan percepatan setelah aktivitas I telah ≥ 1 hari dan aktivitas I harus selesai lebih dulu atau bersama-sama seperti gambar 2.10 (a)
 - b. Apabila durasi $I >$ durasi j , maka aktivitas j dapat dimulai bila sisa durasi $I <$ 1 hari dari aktivitas j . kedua aktivitas tersebut selayaknya dapat selesai bersama-sama seperti pada gambar 2.10 (b)



Gambar 2.8 Ilustrasi Hubungan Aktivitas yang akan di *Fast Track*

5. Periksa *float*, apakah masih memenuhi syarat dan tidak kritis setelah *fast track* dilakukan.
6. Apabila setelah dilakukan *dast track* tahap awal, lintasan kritis bergeser, lakukan langkah-langkah yang sama pada aktivitas-aktivitas di lintasan kritis yang baru.
7. Percepatan yang dilakukan selayaknya tidak lebih dari 50% dari waktu normal. Penerapan *fast track* untuk mereduksi durasi lebih dari 50% seringkali justru menghasilkan pembengkakan biaya yang sangat besar sehingga *fast track* menjadi tidak lagi ekonomis dan efisien.

Biasanya aktivitas yang berurutan dapat dilakukan *fast tracking* kurang lebih hingga 30%. Ini berarti jika aktivitas sebelumnya selesai 60% maka aktivitas berikutnya dapat dimulai. Disini, kedua kegiatan akan tumpang tindih sebagian. Meskipun akan meningkatkan risiko, tingkat dampak harus berada dalam batas yang dapat diterima. (Fahad Usmani, 2013).

Keunggulan *fast track* adalah waktu pelaksanaan proyek dapat dipercepat tanpa menambah biaya. Sedangkan kekurangannya adalah harus menyediakan terlebih dahulu material dilapangan baru bisa dilaksanakan *fast track*, selain itu jika terjadi kesalahan pada pelaksanaan aktivitas sebelumnya maka aktivitas berikutnya menjadi sia-sia. Maka dari itu diperlukan ketelitian, ketepatan, dan pengawasan yang ketat agar tidak terjadi kesalahan pada saat pelaksanaan.

Pada pembiayaan proyek dengan penerapan metode *fast track*, yang dihitung adalah pembiayaan pelaksanaan aktivitas-aktivitas pada lintasan kritis maupun aktivitas pada lintasan non kritis seperti halnya pada pembiayaan normal. Pelaksanaan aktivitas-aktivitas kritis dilakukan secara parallel/tumpang tindih.

Tidak ada penambahan jumlah tenaga kerja dan biaya pada masing-masing aktivitas baik aktivitas pada lintasan kritis maupun aktivitas non kritis. Demikian juga pada penggunaan bahan. Penggunaan bahan sesuai dengan penggunaan normal termasuk harga bahan. Biaya tenaga kerja tidak ada perubahan sesuai dengan harga pada saat penelitian dilakukan. Perbedaan hanya terjadi pada biaya tidak langsung karena waktu pembangunan menjadi lebih pendek. (Tjaturuno, 2008).

2.7 Kecepatan Produksi

Mengingat bahwa pada umumnya proyek berlangsung pada kondisi yang berbeda-beda maka dalam perencanaan hendaknya dilengkapi dengan analisis produktivitas dan indikasi variabel yang mempengaruhinya. Variabel atau faktor ini misalnya disebabkan oleh lokasi geografis, iklim, keterampilan, pengalaman, ataupun oleh peraturan-peraturan tertentu.

Meskipun demikian perlu adanya pegangan atau tolak ukur untuk memperkirakan kecepatan produksi untuk proyek yang hendak ditangani. Salah satu hasil yang dapat dipergunakan adalah membandingkan antara kelompok kerja per unit bangunan dengan durasi yang diperlukan untuk mengerjakan pekerjaan tersebut.

$$\text{Kecepatan Produksi} = \frac{\text{Kelompok Pekerja per Unit}}{\text{Durasi Pengerjaan}}$$

2.8 Analisa Kebutuhan Tenaga Kerja dan Material

Analisa kebutuhan tenaga kerja dan material adalah menghitung besarnya biaya yang digunakan suatu aktivitas baik itu tenaga kerja maupun material. Untuk menentukan biaya atau upah tenaga kerja tiap kegiatan per hari dan mengalikannya dengan harga upah tenaga kerja harian yang diperoleh dari analisis harga satuan upah dan bahan (BOW).

$$\text{Upah Tenaga Kerja} = \text{kebutuhan tenaga kerja} \times \text{upah tenaga kerja/hari}$$

Kebutuhan material adalah besarnya bahan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam satu kesatuan pekerjaan. Untuk dapat menghitung besarnya biaya material tentunya harus terlebih dahulu diketahui seberapa besar kebutuhan sumber daya material pada masing-masing aktivitas. Jumlah bahan yang dibutuhkan satu unit pekerjaan merupakan hasil perkalian dari volume pekerjaan dengan koefisien analisis bahan yang terdapat pada daftar analisa upah dan bahan (BOW).

$$\text{Biaya material} = \text{kebutuhan material} \times \text{harga satuan}$$

2.9 Efisiensi dan Efektivitas

Suatu kegiatan dapat dikatakan efektif jika tujuan dapat tercapai sesuai dengan perencanaan, sementara efisien adalah suatu keadaan atau ukuran perbandingan antara biaya aktual yang dikeluarkan untuk suatu pekerjaan tertentu dengan biaya yang direncanakan di awal (Suanda, 2012). Tujuan yang dimaksud adalah mendapatkan hasil yang maksimal dalam hal ketepatan, kecepatan, penghematan dan keselamatan kerja meskipun dengan sumber daya yang terbatas. Efisiensi dari suatu kegiatan atau proyek dapat diketahui dengan melakukan perbandingan antara biaya untuk yang sesungguhnya dengan biaya yang direncanakan.

Untuk mengetahui besarnya efisiensi biaya, maka digunakan rumus rasio efisiensi sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Biaya yang ditargetkan}}{\text{Biaya yang direncanakan}} \times 100\%$$

Adapun kriteria penilaian kerja menurut Nuraini (dalam Arsana 2010) yang diukur dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Kriteria Kinerja Biaya

Persentase Biaya	Kriteria
>100%	Tidak efisien
$90 \leq 100\%$	Kurang efisien
$80 \leq 90\%$	Cukup efisien
$60 \leq 80\%$	Efisien
< 60%	Sangat efisien

Sedangkan efektivitas waktu dapat diketahui dengan menggunakan rasio perbandingan antara waktu yang direncanakan dengan waktu yang sesungguhnya.

$$\text{Efektivitas} = \frac{\text{Waktu yang direncanakan}}{\text{Waktu yang sesungguhnya}} \times 100\%$$

Adapun nilai efektivitas menurut Nuraini (dalam Arsana 2010), perbandingannya diukur dengan kriteria sebagai berikut :

Tabel 2.2 Kriteria Kinerja Waktu

Persentase Waktu	Kriteria
>100%	Tidak efektif
$90 \leq 100\%$	Kurang efektif
$80 \leq 90\%$	Cukup efektif
$60 \leq 80\%$	Efektif
< 60%	Sangat efektif

2.10 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Hasil
1	Regina Daniella, (2016)	Penjadwalan pembangunan perumahan dengan metode <i>Line of Balance</i> (studi kasus perumahan graham tanggela indah)	Percobaan yang dilakukan selama penjadwalan perumahan Graha Tanggela Indah untuk 10 unit rumah tipe 36 dengan menggunakan metode (<i>Line of Balance</i>) menghasilkan 3 total durasi, yaitu percobaan pertama total 180 hari untuk grafik <i>LoB</i> yang tidak menggunakan logika ketergantungan, percobaan kedua total 166 hari untuk grafik yang menggunakan logika ketergantungan, dan 172 total hari untuk grafik <i>LoB</i> yang paling optimal di Graha Tenggara Indah.
2	Diyah Lestari, (2018)	Penerapan Metode <i>Line of Balance</i> pada Pembangunan Perumahan (Studi Kasus pada Perumahan Permata Puri Ngaliyan Semarang)	Berdasarkan hitungan 1 unit rumah dapat diselesaikan dalam waktu 4 bulan, jika membuat 5 unit rumah membutuhkan waktu 20 bulan. Apabila menerapkan metode <i>Line of Balance</i> untuk membuat 5 unit rumah dapat diselesaikan dalam waktu 5 bulan. Sehingga dapat menghemat waktu 75%.
3	Willim Sudarson 1* (2020)	Evaluasi penjadwalan proyek dengan metode <i>Line of Balance (LoB)</i>	Hasil analisis pada penerapan sistem penjadwalan <i>Line of Balance (LoB)</i> diperoleh durasi yang dibutuhkan untuk penyelesaian proyek pada 42 minggu. Sedangkan pada durasi pekerjaan pada penjadwalan <i>existing</i> adalah 47 minggu, maka terdapat pengurangan total durasi sebanyak 5 minggu pada penerapan sistem penjadwalan <i>Line of Balance (LoB)</i> . Penjadwalan <i>Line of Balance</i>

No	Nama	Judul	Hasil
			(LoB) memiliki kelebihan dalam penyusunan pekerjaan dalam paket masing-masing, dapat menentukan waktu mulai pekerjaan dengan tepat, dan dapat mengidentifikasi konflik antar paket pekerjaan.
4	Muhammad Abrar Aulia, (2017)	Analisis Penggunaan Metode Penjadwalan <i>Line of Balance</i> Pada Proyek Konstruksi Repetitif (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Apartemen Candiland – Semarang)	Berdasarkan analisis yang telah dilakukan Metode Line of Balance memiliki kelebihan dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek dengan melihat ada tidaknya diagram batang yang saling berpotongan. Cocok untuk diterapkan pada proyek konstruksi dengan paket pekerjaan berulang, karena LoB mampu menampilkan dengan baik jadwal paket pekerjaan berulang untuk setiap unit dalam bentuk diagram garis.