

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Penjadwalan Proyek Konstruksi

Proyek merupakan serangkaian kegiatan yang saling berhubungan untuk mencapai hasil tertentu yang mempunyai dimensi waktu, fisik dan biaya. Rangkaian kegiatan tersebut terdiri dari studi kelayakan, tahap perencanaan dan perancangan, tahap pelelangan/tender, dan tahap pelaksanaan konstruksi.

Ketepatan dalam menyelesaikan suatu proyek adalah merupakan indikator kesuksesan suatu proyek disamping biaya, keselamatan kerja dan kualitas, namun dalam proyek repetitif lebih difokuskan pada kuantitas, dimana unit yang dikerjakan merupakan produk massal. Konsep dasar metode penjadwalan linier adalah penyajian dalam diagram grafik yang menunjukkan hubungan antara unit (kuantitas) dan waktu dari setiap aktivitas (Kass, Leong 2008).

Proses penjadwalan biasanya dilakukan oleh konsultan perencanaan yang kemudian di koordinasikan dengan kontraktor dan *owner* dengan ketentuan yang telah disepakati dalam kontrak. Mengingat pentingnya penjadwalan ini, maka harus diatur secara efisien dan seoptimal mungkin sehingga tidak akan terjadi keterlambatan pada proyek yang hendak dikerjakan. Oleh karena itu, penjadwalan proyek sebaiknya sesuai dengan karakteristik proyek konstruksi yang dikerjakan serta kondisi lapangan pada waktu pelaksanaan dan dapat dengan mudah dimonitoring tiap waktu.

Secara garis besar, terdapat beberapa metode penjadwalan proyek, yaitu *Bar Chart*, Metode *Network Diagram* (CPM, PDM, PERT), dan Metode Penjadwalan Linier (*Line of Balance* dan *Time Chainage Diagram*).

3.2 Bar Chart (Bagan Balok)

Bar Chart (Bagan Balok) telah ada sejak abad ke-19 berupa grafik/*chart* yang menggambarkan *work vs time*, pertama kali diperkenalkan oleh Henry L. Gantt sehingga sering disebut juga dengan nama *Gantt Chart*. *Gantt* menciptakan

teknik ini untuk memeriksa perkiraan durasi tugas *versus* durasi aktual sehingga dengan melihat sekilas, pemimpin proyek dapat melihat kemajuan pelaksanaan proyek (Rusdi, 2014).

Bar Chart mencantumkan daftar aktivitas proyek beserta waktu mulai dan waktu penyelesaiannya. Secara visual *Bar Chart* menunjukkan kapan dan berapa lama berbagai tugas berlangsung dalam sebuah proyek pengembangan, beserta kebutuhan sumber daya pekerjanya. Teknik ini merepresentasikan setiap tugas sebagai sebuah batang horizontal yang panjangnya sebanding dengan waktu penyelesaiannya. Namun, penggunaan *BarChart* tidak menjelaskan ketergantungan tugasnya, bagaimana satu tugas akan terpengaruh apabila tugas lain mengalami keterlambatan, atau bagaimana sebaiknya tugas disusun (Laudon, 2008).

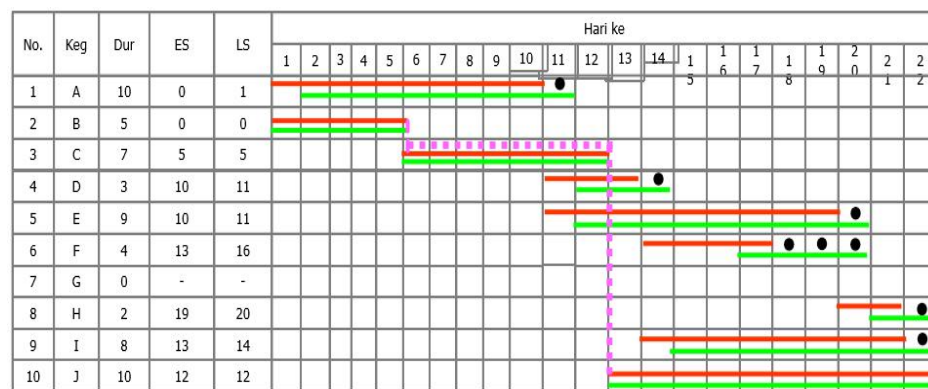
Hingga saat ini, metode *BarChart* masih sering digunakan dan merupakan metode yang umum digunakan sebagian besar penjadwalan dan pengendalian pada industri konstruksi, terutama dalam menyusun jadwal induk suatu proyek mulai dari kontraktor kecil hingga kontraktor besar, baik sektor swasta maupun BUMN. Metode ini dapat dikombinasikan dengan metode lain yang lebih canggih (Soeharto, 1999).

3.2.1 Format *Bar Chart*

Metode ini menggunakan balok horisontal untuk menggambarkan kegiatan. Panjang balok menyatakan durasi lama kegiatan dalam skala waktu yang dipilih. *BarChart* terdiri dari sumbu *y* yang menyatakan kegiatan atau paket kerja, digambarkan dengan balok, dan sumbu *x* yang menyatakan satuan waktu dalam hari, minggu, atau bulansebagai durasi (Husen, 2008).

Pada *BarChart* juga dapat ditentukan *milestone* atau tonggak kemajuan sebagai bagian target yang harus diperhatikan guna kelancaran produktifitas proyek secara keseluruhan. *BarChart* juga dapat diperpanjang atau diperpendek yang menunjukkan bahwa durasi suatu kegiatan akan bertambah atau berkurang sesuai kebutuhan perbaikan jadwal sebagai proses *updating* (Husen, 2008). Sedangkan Kekurangannya, *BarChart* adalah merupakan teknik yang paling

umum digunakan dalam penjadwalan proyek konstruksi, namun penyajian informasi menggunakan teknik ini memiliki keterbatasan, misalnya tidak dapat secara spesifik menunjukkan urutan kegiatan dan hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lain sehingga kegiatan yang menjadi prioritas tidak dapat ditentukan, dan jika terjadi keterlambatan proyek akan susah dikoreksi (Husen, 2008). Gambar contoh *BarChart* dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Bar Chart hari kerja

(Sumber: Hanafi, 2016)

3.3 Metode Penjadwalan Linier (LSM)

Metode penjadwalan linier adalah cara alternatif dalam melakukan penjadwalan proyek berulang yang pada umumnya menggunakan metode jaringan. Menurut Hegazy dan Wassef (2001), proyek berulang tersebut terdapat dua kategori. Kategori pertama adalah proyek proyek yang berulang karena pengulangan seragam dari unit kerja selama proyek berlangsung (seperti beberapa unit rumah yang serupa, atau segmen-segmen lantai bangunan bertingkat), sedangkan kategori kedua adalah proyek yang harus berulang-ulang karena geometris *layout* (seperti ruas-ruas jalan raya dan proyek pipa).

Metode penjadwalan linear adalah metode yang efektif untuk proyek yang memiliki karakteristik kegiatan berulang, baik yang bersifat horisontal maupun vertikal. Terdapat dua metode yang umum pada metode penjadwalan linier, yaitu *Line of Balance (LoB)* dan *Time Chainage Diagram*.

3.3.1 *Line of Balance (LoB)*

Pada mulanya *Line of Balance (LoB)* berasal dari industri manufaktur dan pada tahun 1942 dikembangkan kembali oleh Departemen Angkatan Laut AS untuk pemrograman dan pengendalian proyek-proyek yang bersifat repetitif. Kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh *Nation Building Agency* di Inggris untuk proyek-proyek perumahan yang sejenis, diketahui alat penjadwalan yang orientasinya pada sumber daya ini ternyata lebih sesuai dan realistis daripada alat penjadwalan yang berorientasi pada dominasi kegiatan. Kemudian metode ini diadaptasi oleh Lumsden (1968) untuk perencanaan dan pengendalian proyek, di mana produktifitas sumber daya dipertimbangkan sebagai bagian yang penting. LoB merupakan metode yang menggunakan keseimbangan operasi, yaitu tiap-tiap kegiatan adalah kinerja yang terus menerus. Keuntungan utama dari metodologi LoB ini yaitu menyediakan tingkat produktifitas dan informasi durasi dalam bentuk format grafik yang relatif lebih mudah. Selain itu, plot LoB dapat menunjukkan dengan sekilas apa yang salah pada kemajuan kegiatan, dan dapat memprediksi potensi gangguan yang akan datang. Menurut Arditi dan Albulak (1986), LoB memiliki pemahaman yang lebih baik untuk proyek-proyek yang tersusun dari kegiatan berulang daripada teknik penjadwalan yang lain, karena LoB memberikan kemungkinan untuk mengatur tingkat produktifitas kegiatan, memiliki kehalusan dan efisiensi dalam pengaliran sumber daya, dan membutuhkan sedikit waktu dan upaya untuk memproduksinya daripada penjadwalan *network*.

Line of Balance (LoB) merupakan metode yang menggunakan keseimbangan operasi, yaitu tiap-tiap kegiatan adalah kinerja yang terus menerus. Keutamaan metode ini ini adalah meningkatkan produktifitas dan informasi durasi dalam bentuk format grafik yang lebih mudah. Selain itu penggunaan metode ini dapat menunjukkan sekilas terdapat kesalahan pada jalannya kegiatan, serta dapat mendeteksi gangguan yang akan datang. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa metode *Line of Balance (LoB)* memiliki pemahaman yang lebih baik untuk proyek-proyek yang tersusun dari kegiatan berulang daripada teknik penjadwalan lainnya karena memungkinkan untuk mengatur tingkat produktifitas kegiatan,

memiliki kehalusan dan efisiensi dalam aliran sumber daya, dan membutuhkan sedikit waktu dan upaya untuk memproduksinya dibanding penjadwalan *network*.

3.3.2 Teknik Perhitungan *Line of Balance* (LoB)

Format dasar dari LoB adalah *Time* diplotkan pada sumbu horisontal dan unit *number* pada sumbu vertikal (Mawdesley et al., 1997). Konsep LoB didasarkan pada pengetahuan tentang bagaimana unit yang banyak harus diselesaikan pada beberapa hari agar program pengiriman unit dapat dicapai (Lumsden, 1968).

Menurut Nugraheni (2004), dalam analisis penjadwalan dengan menggunakan *Line of Balance* terdapat beberapa tahapan diantaranya:

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 (Nugraheni., 2004).

2. Variabel dalam perhitungan *Line of Balance*

Pada pembuatan jadwal dengan metode *Line of Balance* terdapat variabel yang menentukan proses penjadwalan tersebut. Beberapa variabel 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 variabel target pencapaian jumlah pekerjaan yang ditentukan perencana.

3. Rumus perhitungan pada *Line of Balance*

Menurut Nugraheni (2004), dalam perhitungan *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).

$$M = \text{Jumlah pekerja} \times \text{durasi pekerjaan} \times \text{pekerjaan unit per minggu} \dots \quad (\text{III.1})$$

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

$$N = M \times \text{Unit target mingguan Jam kerja per minggu} \dots \dots \dots (\text{III.2})$$

- c. Menentukan estimasi jumlah pekerja pada kelompok kerja per jenis pekerjaan (n) \dots \dots \dots (III.3)

- d. Menentukan jumlah kelompok kerja yang dibutuhkan (H) \dots \dots \dots (III.4)

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

$$A = n \times H \dots \dots \dots (\text{III.5})$$

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

$$R = \frac{A \times \text{Jam kerja per minggu}}{M} \dots \dots \dots (\text{III.6})$$

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

$$t = \frac{M}{n \times \text{jumlah jam kerja per hari}} \dots \dots \dots (\text{III.7})$$

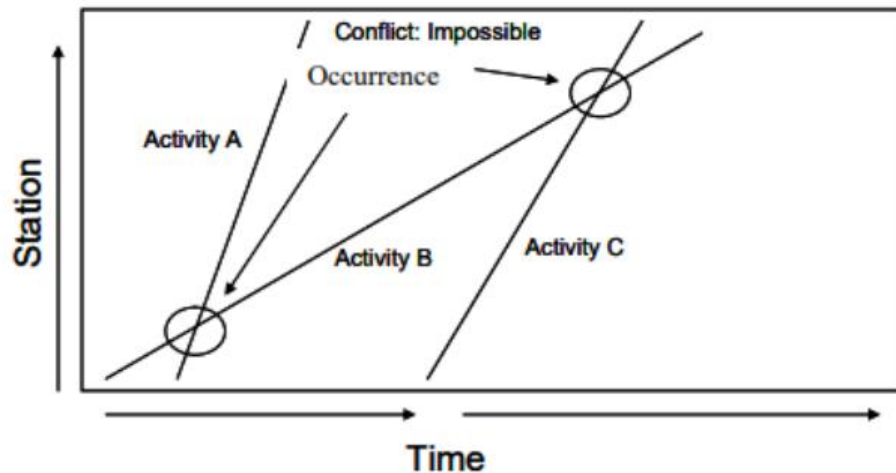
- h. Menentukan jarak waktu yang diperlukan untuk memulai pekerjaan pada unit terakhir (T)

$$T = \frac{\text{Target pekerjaan unit} - 1}{R} \times \text{Hari kerja} \dots \dots \dots (\text{III.8})$$

4. Penundaan

Menurut Hinze (2008) garis aktifitas pada metode *Line of Balance* tidak boleh saling mengganggu atau mendahului dan juga tidak boleh saling berpotongan (*no cross*) atau dengan kata lain rangkaian aktivitasnya berurutan dan tidak boleh saling mengganggu atau saling mendahului. Artinya *progress* atau kemajuan pekerjaan dari aktifitas yang mengikuti (*successor*) tidak boleh mendahului aktifitas yang mendahuluinya (*predecessor*). Bila ini sampai terjadi, maka akan terjadi konflik kegiatan atau dapat mengganggu semua jalannya proyek tersebut. Maka perlu dilakukan penundaan pada jenis pekerjaan tersebut agar

pekerjaan yang direncanakan tetap berjalan sesuai antara *successor* dan *predecessor* pekerjaan tersebut.



Gambar 3.2 Penjadwalan *Line of Balance* yang menunjukkan adanya konflik yang harus dihindari.

(Sumber : Hinze, 2008)

3.3.3 Kekurangan *Line of Balance (LoB)*

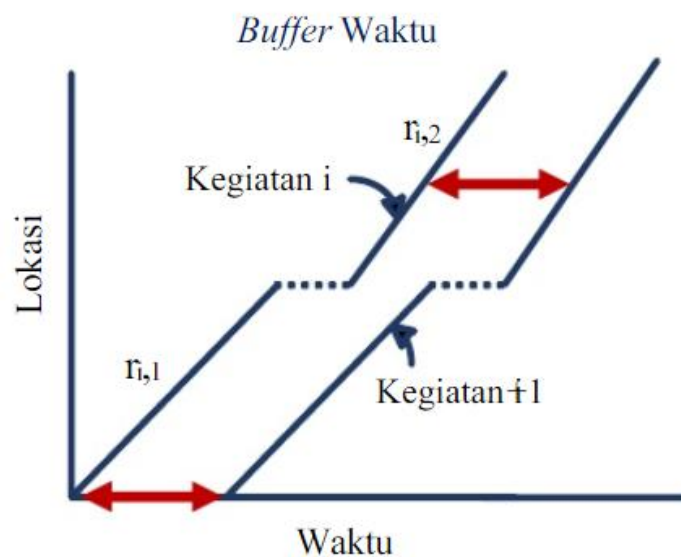
Line of Balance (LoB) merupakan teknik sederhana yang dirancang untuk model sederhana proses produksi berulang, oleh karena itu metode ini tidak siap terhadap perubahan lingkungan konstruksi dan kompleksitasnya sehingga jumlah informasi dan tingkat kompleksitas hanya terbatas, terutama jika metode ini digunakan untuk memantau kemajuan (Neale dan Neale, 1989).

3.3.4 *Buffer*

Buffer adalah penyerapan yang memungkinkan untuk mengatasi gangguan antar tugas atau lokasi yang berdekatan, dengan kata lain *buffer* adalah penentu seberapa dekat suatu aktivitas dengan aktivitas pengikutnya diperbolehkan saat dikerjakan. Tujuan pemberian *buffer* oleh para perencana adalah untuk meminimalisir risiko terjadi *conflict*/interferensi yang menyebabkan *idle time* sumber daya. *Buffer* sangat mirip dengan kelambanan (*float*), yang digunakan untuk melindungi jadwal dan dimaksudkan untuk menyerap variasi kecil dalam produksi (Kenley dan Seppanen, 2009).

Buffer terdiri dari *Time Buffer* dan *Space Buffer*. *Time Buffer* adalah suatu jarak horisontal yang diberikan pada suatu aktivitas dengan aktivitas pengikutnya sehingga aktivitas 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 diperkenankan dikerjakan setelah mencapai suatu jumlah tertentu (Hinze, 2008).

Menurut Setianto (2004), *Buffer* biasanya disebabkan oleh beberapa hal, yaitu kecepatan produksi yang berbeda (kegiatan yang mendahului mempunyai kecepatan produksi yang lebih lambat dari kegiatan yang mengikuti), perbaikan dan keterbatasan peralatan, keterbatasan material, serta variasi jumlah kelompok pekerja (kegiatan yang mendahului menggunakan kelompok pekerja yang lebih banyak daripada kegiatan yang mengikuti).



Gambar 3.3 Buffer Time

(Sumber: Hinze, 2016)

3.4 Teori penjadwalan LSM pada proyek konstruksi jalan.

Implementasi dari manajemen konstruksi, yaitu diterapkannya fungsi manajemen secara sistematis dengan menggunakan segala sumber daya yang ada untuk mencapai tujuan secara optimal *Linear Scheduling Method* (LSM) adalah

salah-satunya. *Linear Scheduling Method* adalah salah satu metode yang dikembangkan untuk diaplikasikan pada proyek konstruksi yang bersifat linier. Proyek yang bersifat linier adalah proyek yang kegiatan-kegiatan atau pekerjaan dalam proyek tersebut dilakukan secara berulang dan berurutan dari suatu lokasi ke lokasi berikutnya, contohnya proyek pembangunan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan LSM pada suatu proyek pembangunan jalan, dan setelah itu membandingkan hasil penjadwalannya dengan penjadwalan yang sebelumnya dipakai oleh kontraktor proyek jalan yang sama. Mengaplikasikan LSM pada suatu proyek pembangunan jalan, dan setelah itu membandingkan hasil penjadwalannya dengan penjadwalan yang sebelumnya dipakai oleh kontraktor proyek jalan yang sama.

Metode ini diwujudkan dalam bentuk diagram garis yang ditunjukkan dengan dua variabel. Variabel pertama adalah kuantitas dan variabel kedua adalah waktu, untuk proyek jalan dinyatakan dalam jarak yang diukur dengan satuan meter. Dengan menggunakan penjadwalan LSM maka kemajuan tiap aktivitas pada setiap lokasi di setiap waktu dengan mudah dapat diketahui dan dimonitor oleh setiap petugas lapangan. Karena, secara jelas dapat dilihat bahwa sumbu mendatar diagram ini menggambarkan durasi proyek dan sumbu vertikal menggambarkan panjang jarak yang telah dicapai. Perbedaan kemiringan garis – garis mencerminkan kecepatan pekerjaan dan kemajuannya. Dengan melihat kemiringan garis ini maka jarak antara satu aktivitas dengan aktivitas yang lain dapat dilihat. Dengan diagram ini perencanaan suatu aktivitas proyek dapat diatur dengan cara menggeser ke kiri ataupun ke kanan sesuai dengan kebutuhan/urgensi proses konstruksinya ataupun dengan memiringkan ke arah mendatar atau tegak untuk menentukan kecepatan waktu pelaksanaannya. Penjadwalan LSM ini memberikan indikasi yang lebih terhadap proyek jalan karena lebih baik tentang ketergantungan dari satu aktivitas terhadap aktivitas lainnya. Hal ini sangat berguna selama berlangsungnya progress dari proyek, sebab dengan segera dapat dilihat jelas kapan tindakan korektif perlu diambil atas keterlambatan yang terjadi pada suatu aktivitas dan lokasi kegiatannya.

Berikut langkah – langkah dalam pembuatan penjadwalan menggunakan LSM.

1. Break Down Kerja ke Aktivitas atau Tugas

Langkah pertama adalah untuk membagi pekerjaan ke dalam kegiatan dan kru yang dapat bergerak sebagai unit sepanjang urutan kerja. breakdown ini biasanya didefinisikan oleh hubungan fisik, maupun oleh kelompok awak. Sebagai contoh, jika proyek ini adalah untuk membangun jalan, meletakkan kursus dasar adalah tugas yang berbeda dari paving. Pada langkah ini, pertimbangan yang paling penting adalah untuk mendefinisikan kegiatan-kegiatan atau tugas yang memiliki kru yang bergerak sebagai unit sepanjang jalan kerja, dan yang bergerak lebih atau kurang terus menerus dan secara independen sebagai unit dari satu ujung ke ujung.

2. Hitung keseluruhan Durasi untuk Setiap Kegiatan

Langkah kedua dari proses ini adalah identik dengan menghitung durasi aktivitas. Pada langkah ini, scheduler menentukan berapa banyak pekerjaan dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap kegiatan, memutuskan kru dan tingkat produksi, kemudian menghitung berapa lama pekerjaan akan mengambil untuk seluruh kegiatan.

3. Plot Semua Aktivitas pada Bagan Tunggal

Langkah ini bukan menciptakan diagram logika dan kemudian melakukan maju dan mundur, scheduler akan mewakili urutan kerja dan waktu untuk setiap kegiatan dan proyek secara keseluruhan dalam satu diagram.

Format khas untuk garis jadwal keseimbangan. Praktek standar adalah untuk perencanaan bekerja pada sumbu Y, dan waktu pada sumbu X. Perlu dicatat bahwa pekerjaan dapat diukur dalam unit yang sesuai.

4. Periksa Plot Hasil, dan Sesuaikan Hasil Kemajuan

Setelah jadwal pertama telah diplot, maka perlu untuk memeriksa hasil untuk melihat apakah mereka dapat lebih disempurnakan untuk merencanakan proyek untuk campuran terbaik dari kru dan waktu proyek secara keseluruhan. Hal ini dilakukan dengan mengamati lereng garis aktivitas dan menyesuaikan ukuran kru, peralatan, dan sebagainya baik mempercepat kegiatan atau memperlambatnya. Konvensi kami adalah bahwa lereng curam mewakili kegiatan yang bergerak cepat; lereng dangkal merupakan kegiatan yang lebih lambat. Kami akan

mencakup proses ini secara rinci karena kami bekerja melalui penjadwalan contoh masalah, yang mengikuti bagian ini.

Teknik perhitungan LoB adalah sebagai berikut.

1. Perencanaan urutan pelaksanaan masing-masing pekerjaan dalam bentuk diagram lengkap dengan estimasi waktu (*single network planning*) untuk satu putaran kegiatan repetitif
2. Menentukan lamanya waktu (*duration l lead time*) untuk pelaksanaan tiap komponen kegiatan.
3. Menentukan waktu penyerahan (*Delivery Program*) ataupun asumsi berupa panjang jalan tiap minggu bisa tercapai, yang merupakan perkiraan awal pada perencanaan kemudian di cocokkan pada diagram
4. Menentukan waktu penyangga (*buffer time*) yang merupakan perkiraan besarnya waktu yang dibutuhkan untuk mengantisipasi adanya keterlambatan pada suatu
5. Menggambarkan diagram
6. Menyesuaikan grafik LoB dengan kondisi proyek
7. Menggunakan jadwal LoB sebagai alat