

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Pada tahun 1956, Departemen Jasa dan Rekayasa dari perusahaan E. I. Du Pont de Nemours, memprakarsai jaringan kerja grafis yang telah dikembangkan melalui riset, yang kemudian berkembang menjadi metode jalur kritis (CPM - *Critical Path Methode*). Dalam upayanya, perusahaan tersebut dibantu oleh suatu kelompok ahli komputer dari UNIVAC Remington Rand. Sasaran mereka adalah untuk menelusuri penggunaan sistem yang didukung oleh komputer dalam perencanaan, penjadualan, pemantauan (*monitoring*) serta pengendalian dari proyek rekayasa dari Du Pont. Riset ini dikoordinasikan oleh Morgan L. Walker dari Du Pont dan James E. Kelley, Jr., dari Remington Rand. (Manajemen Konstruksi Profesional, Donald S. Barrie dan Boyd C. Paulson, Jr.).

Perkembangan penggunaan jaringan kerja sebagai alat perencanaan, penjadualan dan pengendalian proyek, sebenarnya sejalan dengan bertambah kompleksnya masalah – masalah proyek yang dihadapi dewasa ini. Perkembangan era teknologi informasi semakin memaksa para ahli untuk memikirkan sistem yang optimal untuk mencapai tujuan yang maksimal dalam pelaksanaan suatu proyek. Hal ini berhubungan dengan semakin besarnya kegiatan – kegiatan proyek yang berlangsung sekarang. Untuk itu diperlukan suatu metode khusus untuk mengatur proyek.

Metode – metode yang telah sering dipakai dalam konstruksi proyek antara lain CPM (*Critical Path Method*), PERT (*Project Evaluation and Review Technique*), PDM (*Precedence Diagram Method*), yang kesemuanya merupakan hasil dari pengembangan dari metode jaringan kerja (*network*) dan bagan balok (*Gantt Chart*).

Selain metode penjadualan di atas, dikenal juga metode penjadualan garis keseimbangan (*Line of Balance*), yang secara historis dikembangkan sebelum metode CPM. Metode penjadualan garis keseimbangan (LoB) kurang dikenal oleh para pelaksana proyek konstruksi, karena umumnya digunakan pada

industri manufaktur, tetapi dapat juga diterapkan sebagai teknik penjadualan pada proyek – proyek linier seperti : pembangunan perumahan dengan tipe yang sama, pekerjaan instalasi perpipaan, pekerjaan konstruksi jalan raya, maupun pada proyek gedung bertingkat yang mempunyai denah struktur yang identik tiap lantainya (KG Lockyer, A Muhlemann, J Oakland, 1994).

2.2 Metode CPM (*Critical Path Method*)

CPM merupakan metode yang menggunakan satu angka estimasi durasi kegiatan tertentu (deterministik) atau perkiraan waktu (durasi) tunggal untuk setiap aktivitas (*Single Duration Estimate*). Metode CPM atau dikenal juga dengan metode lintasan kritis, banyak digunakan kalangan industri atau proyek *engineering* konstruksi. Cara ini digunakan apabila durasi pekerjaan dapat diketahui dengan akurat dan tidak terlalu berfluktuasi.

Pada dasarnya metode CPM ini memiliki segi positif, diantaranya CPM menggunakan pola jaringan terpadu (*Network Planning*) yang terdiri dari serangkaian kegiatan satu dengan lainnya yang dimaksudkan untuk mendapatkan efisiensi kerja yang maksimal. Dalam menentukan waktu total proyek (*project time*) lebih sederhana karena waktu total proyek didapat dengan menjumlahkan durasi dari masing – masing kegiatan dan diambil waktu selesai paling akhir / besar. Sebagai angka keamanan dalam menentukan waktu selesai kegiatan digunakan waktu paling akhir (*latest finish time*). Alur dimana pada setiap kegiatannya tidak boleh terjadi keterlambatan (*slack time*) disebut Alur Kritis.

Namun metode CPM ini juga memiliki beberapa kekurangan yaitu metode ini menggunakan perkiraan waktu (durasi) untuk setiap aktifitas yang menimbulkan ketidakpastian penyelesaian proyek dan muncul kegamangan waktu nyata untuk setiap aktifitas. Angka keamanan terhadap penentuan waktu total proyek hanya dengan menggunakan waktu selesai paling akhir, dimana bila terjadi keterlambatan pada alur kritis akan mempengaruhi waktu selesai proyek secara keseluruhan.

2.2.1 Durasi Kegiatan Metode CPM

Durasi (kurun waktu) kegiatan dalam metode jaringan kerja adalah lama waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan dari awal sampai akhir. Kurun waktu ini lazimnya dinyatakan dengan jam, hari atau minggu. Pada bisnis konstruksi acapkali tersedia catatan perkiraan jumlah jam orang, untuk menyelesaikan suatu macam pekerjaan. Sampai saat ini kita telah menggunakan waktu penyelesaian suatu aktivitas (durasi) sebagai perhitungan waktu dan penjadualan proyek, namun uraian mengenai analisis unsur waktu pada tiap – tiap kegiatan yang ada hanya didasarkan pada taksiran, perkiraan, anggapan, pengalaman dan opini dari seorang estimator. Tetapi bagaimanakah cara memperkirakan waktu yang dibutuhkan oleh aktivitas – aktivitas tersebut?

Perhitungan durasi pada metode CPM digunakan untuk memperkirakan (estimasi) waktu penyelesaian aktivitas, yaitu dengan cara *Single Duration Estimate*. Cara ini dilakukan apabila durasi dapat diketahui dengan akurat dan tidak terlalu berfluktuasi.

Rumus yang digunakan untuk menghitung durasi kegiatan adalah:

$$D = \frac{V}{Pr.N} \dots\dots\dots(\text{Soeharto, 1995})$$

Keterangan :

- D = durasi kegiatan
- V = volume kegiatan
- Pr = produktivitas kerja rata-rata
- N = jumlah tenaga kerja dan peralatan

2.2.2 Jaringan Kerja Metode CPM

Untuk meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian dalam menghadapi jumlah kegiatan dan kompleksitas proyek yang cenderung bertambah, salah satu usahanya dengan menggunakan analisis jaringan kerja yang merupakan penyajian perencanaan dan pengendalian khususnya jadwal kegiatan proyek secara analitis dan sistematis. Jaringan kerja ini merupakan jaringan yang terdiri dari serangkaian kegiatan untuk menyelesaikan suatu proyek berdasarkan urutan – urutan dan ketergantungan kegiatan satu dengan kegiatan lainnya.

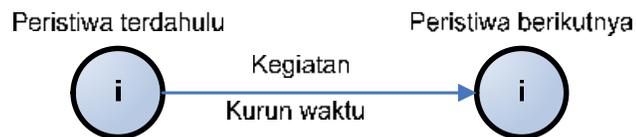
Dari segi penyusunan jadual, jaringan kerja dipandang sebagai suatu langkah penyempurnaan metode bagan balok, karena dapat memberi jawaban atas pertanyaan – pertanyaan yang belum terpecahkan oleh metode balok. Diantara berbagai versi analisis jaringan kerja yang amat luas pemakaiannya adalah metode jalur kritis CPM, PERT, dan PDM. Jaringan kerja merupakan metode yang dianggap mampu menyuguhkan teknik dasar dalam memenuhi urutan dan kurun waktu kegiatan unsur proyek dan pada gilirannya dapat dipakai untuk memperkirakan waktu penyelesaian proyek keseluruhan (Manajemen Konstruksi UGM Edisi II, 1991).

Untuk menyikapi jaringan proyek secara lengkap, dalam arti siap pakai untuk tugas – tugas perencanaan, menyusun jadual pekerjaan dan tolak ukur pengendalian, dibutuhkan proses yang panjang dan bertingkat – tingkat. Hal ini diawali dengan teknik membuat jaringan kerja dan diakhiri dengan meningkatkan kualitasnya serta memasukkan faktor – faktor lain. Diantaranya yang terpenting adalah :

a. Model Kegiatan.

Kegiatan-kegiatan yang merupakan komponen proyek dan hubungan antara satu dengan yang lainnya disajikan dengan menggunakan tanda-tanda, yaitu :

1. Kegiatan pada anak panah, atau *Activity on Arrow* (AOA). Kegiatan digambarkan dengan anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa. Ekor anak panah adalah awal dan ujungnya adalah akhir kegiatan.



Gambar 2.1. Kegiatan *Activity on Arrow*

2. Kegiatan ditulis dalam kotak atau lingkaran, yang disebut *Activity On Node* (AON). Anak panah menjelaskan hubungan ketergantungan diantara kegiatan – kegiatan.



Gambar 2.2. Kegiatan *Activity on Node*

b. Sifat Kegiatan.

Analisis jaringan kerja, memecah lingkup proyek menjadi kegiatan – kegiatan yang merupakan lingkup komponennya. Kegiatan mempunyai sifat – sifat sebagai berikut:

1. Memerlukan waktu dan sumber daya.
2. Waktu mulai dan berakhir dapat diukur / diberi tanda.
3. Dapat berdiri sendiri atau dikelompokkan menjadi paket kerja SRK (Struktur Rincian Kerja) (Soeharto,1995).

Karena jaringan kerja dimaksudkan sebagai penyajian secara grafis suatu perencanaan proyek, maka penampakan denahnya (*lay out*) harus mencerminkan maksud dengan jelas, singkat, teratur dan sederhana. Karena hal ini akan sangat membantu dalam memberi kesan bahwa pembuat jaringan kerja telah memberi perhatian penuh sampai kepada masalah yang rinci.

2.2.3 Langkah – langkah dan Perhitungan Metode CPM

2.2.3.1 Perhitungan Maju untuk Menghitung *Earliest Event Time* (EET)

Dalam mengidentifikasi jalur kritis dipakai suatu cara yang disebut hitungan maju. Prosedur menghitung waktu mulai tercepat (EET) adalah :

1. Menentukan nomor dari peristiwa – peristiwa dari kiri ke kanan, mulai dari peristiwa nomor 1 berturut – turut sampai dengan nomor maksimal.
2. Menentukan nilai EETa untuk peristiwa nomor satu (paling kiri) sama dengan nol.
3. Selanjutnya dapat dihitung nilai EETb peristiwa – peristiwa berikutnya dengan rumus di bawah. Apabila terdapat beberapa kegiatan (termasuk *dummy*) menuju atau dibatasi oleh peristiwa yang sama,

maka diambil nilai EETb yang maksimum (Manajemen Konstruksi, Tim UNDIP, 2002).

$$EETb = (EETa + Dab) \max$$

Dimana :

EETa = Waktu mulai paling cepat (*Earliest Event Time*) dari event a

EETb = Waktu mulai paling cepat (*Earliest Event Time*) dari event b

Dab = Durasi untuk melaksanakan kegiatan antara event a dan b

2.2.3.2 Perhitungan Mundur Untuk Menghitung *Latest Event Time* (LET)

Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu atau tanggal paling akhir untuk memulai dan mengakhiri masing – masing kegiatan, tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan yang dihasilkan dari hitungan maju.

Prosedur menghitung saat paling lambat (LET) adalah :

1. Menentukan nilai LET peristiwa terakhir (paling kanan) sesuai dengan nilai EET kegiatan terakhir.
2. Selanjutnya dapat dihitung nilai LETa peristiwa – peristiwa dari kanan ke kiri, dengan rumus di bawah, dengan memperhatikan kegiatan-kegiatan yang berasal dari peristiwa tertentu.
3. Bila terdapat lebih dari satu kegiatan (termasuk *dummy*) berasal dari peristiwa tertentu, maka dipilih nilai LETa yang minimum. (Manajemen.Konstruksi, Tim UNDIP, 2002).

$$LETa = (LETb - Dab) \min$$

Dimana :

LETa = Waktu mulai paling lambat (*Latest Event Time*) dari event a

LETb = Waktu mulai paling lambat (*Latest Event Time*) dari event b

Dab = Durasi untuk melaksanakan kegiatan antara event a dan b

2.2.4 Float (Penundaan)

Float (Penundaan) adalah waktu yang diperbolehkan kegiatan bisa ditunda, maka *float* total menunjukkan jumlah waktu yang diperbolehkan kegiatan bisa ditunda tanpa mempengaruhi jadwal proyek secara keseluruhan. Jumlah waktu tersebut sama dengan jumlah waktu yang didapat bila semua kegiatan terdahulu dimulai seawal mungkin, dan kegiatan berikutnya dimulai selambat mungkin (Manajemen Konstruksi, Tim UNDIP, 2002).

Float total ini dimiliki bersama oleh semua kegiatan yang ada pada jalur yang bersangkutan, ini berarti bila salah satu kegiatan memakainya maka *float* total yang tersedia untuk kegiatan – kegiatan lain yang berada pada jalur tersebut sama dengan *float* total semula dikurangi bagian yang telah terpakai.

Nilai *float* total suatu kegiatan sama dengan waktu paling akhir terjadinya peristiwa berikutnya (LET_b) dikurangi durasi kegiatan yang bersangkutan (D_{ab}), dikurangi waktu paling awal terjadinya peristiwa terdahulu (EET_a) (Manajemen Konstruksi, Tim UNDIP, 2002).

$$TF = LET_b - D_{ab} - EET_a$$

Disamping *float* total, masih ada *float* lain yang menjadi bagian dari *float* total seperti *float* bebas dan *float* interferen. *Float* bebas suatu kegiatan adalah jumlah waktu yang diperkenankan untuk suatu kegiatan boleh ditunda atau terlambat, tanpa mempengaruhi atau menyebabkan keterlambatan pada kegiatan berikutnya (Manajemen Konstruksi, Tim UNDIP, 2002).

Nilai *float* bebas suatu kegiatan dapat dihitung dengan rumus :

$$FF = EET_b - D_{ab} - EET_a$$

Dimana :

FF = Free Float (Float bebas)

EET_b = Waktu mulai paling awal kegiatan b

Dab = Durasi kegiatan ab

EETa = Waktu mulai paling awal kegiatan a

Float interferen adalah selisih waktu antara *float* total dengan *float* bebas, yang berarti *float* interferen adalah bila suatu kegiatan menggunakan sebagian dari *float* interferen (IF) sehingga kegiatan nonkritis berikutnya pada jalur tersebut perlu dijadwalkan lagi (digeser) meskipun tidak sampai mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan (Manajemen Konstruksi, Tim UNDIP, 2002).

$$IF = TF - FF$$

2.3 Metode LoB (*Line of Balance* – Garis keseimbangan)

Teknik *Line of Balance* bermula dari Goodyear pada awal tahun 1940-an yang kemudian dikembangkan oleh Angkatan Laut Amerika Serikat pada kurun waktu 1950-an sebagai alat pengendali proyek berulang (Turban 1968, Johnston 1981, Lutz Dan Halpin 1992). LoB pertama diberlakukan bagi pengendalian produksi dan pabrikasi industri, dengan sasaran untuk mencapai atau mengevaluasi suatu alir lini produk jadi. (*Line of Balance* 1962, Johnston 1981, Al Sarraj 1990).

Konsep dasar LoB telah diterapkan oleh industri konstruksi sebagai metode perencanaan dan penjadualan (Lumsden 1968, Khisty 1970). Beberapa usaha memodifikasi teknik basis dasar LoB atau untuk mengembalikan variasi nama dengan cara yang berbeda telah pula dibuat, antara lain meliputi diagram kecepatan (Roech 1972), teknik perencanaan konstruksi (CPT) (Peer dan Selinger 1973), metode produksi vertikal (VPM) (O'Brien 1975), metode penjadualan linier (LSM) (Johston 1981), metode penjadualan ruang waktu (TSSM) (Stradal Dan Cacha 1982), dan model proyek berulang (RPM) (Reda 1990).

Teknik garis keseimbangan didasarkan pada asumsi bahwa tingkat produksi untuk suatu aktivitas adalah seragam. Dengan kata lain, nilai produksi dari suatu aktivitas adalah linear dimana waktu direncanakan pada satu poros, pada umumnya horisontal, dan unit atau langkah – langkah dari suatu aktivitas

pada poros yang vertikal. Nilai produksi dari suatu aktivitas adalah keserongan lini produksi dan dinyatakan dalam kaitan dengan waktu / unit.

Metode LoB memanipulasi perkiraan waktu pekerjaan dan ukuran jumlah maksimum pekerja untuk menghasilkan diagram. Perkiraan waktu pekerjaan dan ukuran jumlah maksimum pekerja pada umumnya didapat melalui interaksi langsung dari penjadualan, manajer lokasi, atau berhubungan dengan para pemborong yang mengetahui banyak kondisi yang real di lapangan. Banyaknya unit yang diproduksi direncanakan mengisi waktu.

Dengan kata lain, garis keseimbangan adalah teknik perencanaan produksi yang hanya berlaku untuk suatu konstruksi yang berulang – ulang. Satu dari keuntungannya ialah baik aspek – aspek detail maupun menyeluruh dari perencanaan dan kontrol yang digambarkan pada suatu diagram. Semua aktifitas dianggap kritis. Aktifitas dianggap sebagai urutan rantai tunggal (Burgess & White, 1990).

Line of Balance sangat dibutuhkan pada perencanaan dan pengawasan sebagai monitor dan alat kontrol, sehingga setiap jenis kegiatan akan selesai tepat waktu dan juga suatu kegiatan akan dapat di *overlapping* oleh kegiatan lain jika secara teknik memenuhi syarat.

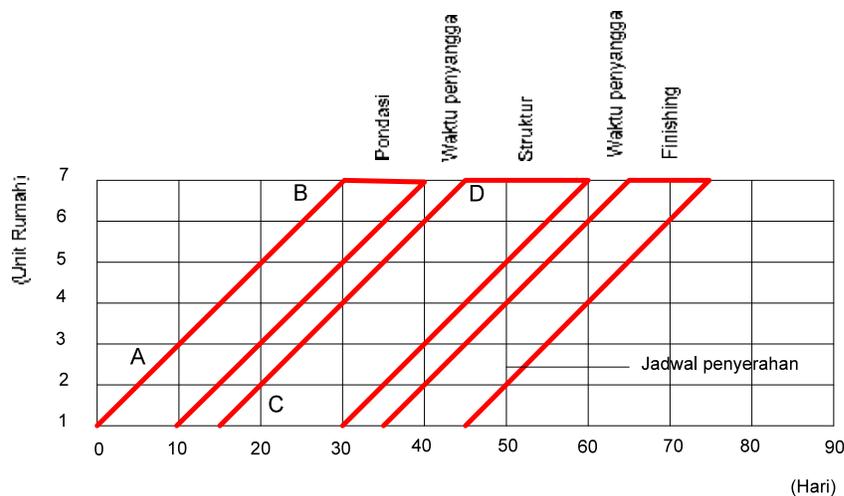
2.3.1 Penjadualan Metode LoB

Penjadualan metode *Line of Balance* digunakan pada suatu proyek konstruksi yang mempunyai kegiatan yang berulang. Kelebihan penggunaan metode *Line of Balance* pada suatu proyek konstruksi adalah baik aspek – aspek kegiatan maupun kegiatan menyeluruh dari pelaksanaan dan kontrol digambarkan pada satu diagram. Sebelum penggambaran diagram LoB, terlebih dulu diperkirakan tingkat pengontrolan yang meliputi seluruh kelompok kerja. Di samping itu, faktor – faktor variabel seperti cuaca buruk, keterlambatan material, dan kekurangan tenaga kerja tidak diperhitungkan, dalam artian tidak akan mempengaruhi semua pekerjaan dengan sama, akan tetapi untuk mengatasi adanya masalah yang berkaitan dengan faktor – faktor tersebut maka *buffer time* disisipkan di antara setiap pekerjaan. Semua aktifitas dianggap kritis, aktifitas dianggap sebagai urutan rantai tunggal.

Persyaratan yang harus di penuhi dalam penggunaan metode LoB adalah :

1. Harus ada tahap – tahap kegiatan yang jelas dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi.
2. Waktu pelaksanaan tiap – tiap kegiatan dalam suatu proyek konstruksi harus diketahui.

Oleh karena itu metode LoB sangat cocok digunakan pada proyek – proyek berulang seperti pembangunan gedung berlantai banyak yang memiliki kesamaan tiap lantainya, pembangunan perumahan, jaringan pipa dan konstruksi jalan (KG Lockyer, A Muhlemann, J Oakland, 1994).



Gambar 2.3 Grafik *Line of Balance*

(Sumber : Thomas E Uher, 1996)

Ket : 1. Titik A mulai pekerjaan pondasi untuk rumah ke-1 dengan durasi 10 hari dan titik B awal mulai pekerjaan pondasi untuk rumah ke-7 dengan durasi yang sama.

2. Titik C mulai pekerjaan struktur rumah ke-1 dan titik D mulai pekerjaan struktur rumah ke-7, dimulai setelah pekerjaan pondasi dan setelah perkiraan waktu penyangga disetujui antara pekerjaan pondasi dengan pekerjaan struktur.
3. Pada akhir penggambaran grafik LoB dapat diketahui jadwal penyerahan berapa unit rumah perminggu.

Langkah-langkah dalam metode LoB (Thomas E Uher, 1996) :

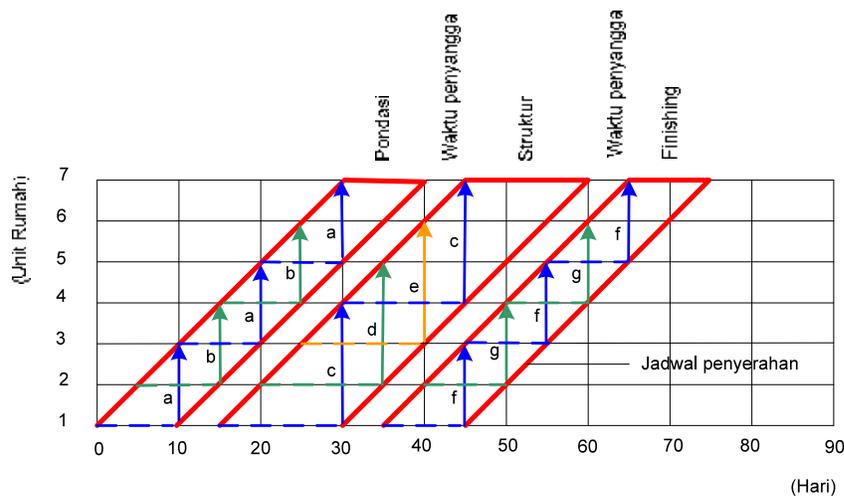
1. Menentukan lamanya waktu (*duration / lead time*) untuk pelaksanaan tiap komponen, misalnya pada gambar 2.3 *duration / lead time* untuk pekerjaan pondasi adalah 10 hari, pekerjaan struktur adalah 15 hari, dan pekerjaan finishing 10 hari.
2. Menentukan waktu penyerahan ataupun asumsi berapa unit tiap minggu bisa laku terjual, yang merupakan perkiraan awal pada perencanaan kemudian di cocokkan pada diagram LoB. Misalkan pada gambar 2.3 total unit perminggu yang diserahkan di gambarkan pada garis yang menandai selesainya pekerjaan *finishing*, yaitu 2 unit rumah perminggu.
3. Menentukan waktu penyangga (*buffer time*) yang merupakan perkiraan besarnya waktu yang dibutuhkan untuk mengantisipasi adanya keterlambatan pada suatu kegiatan, pada gambar 2.3 dimisalkan besarnya waktu penyangga untuk setiap kegiatan adalah 3 hari.
4. Menggambar diagram LoB.
5. Menyesuaikan grafik LoB dengan kondisi proyek dilapangan.
6. Menggunakan jadwal LoB sebagai alat kontrol.

2.3.2 Perencanaan Sumber Daya Manusia pada Metode LoB

Pada metode LoB perhitungan tenaga kerja menggunakan data perhitungan setiap kegiatan, yang dimulai dari kegiatan paling awal berdasarkan rencana jaringan kerja sampai dengan kegiatan paling akhir dalam rencana jaringan kerja. Dari perkiraan pada saat perencanaan didapat data teoritis dari jumlah orang yang dibutuhkan untuk setiap jenis kegiatan yang

kemudian dibentuk kelompok – kelompok tersendiri. Misalnya untuk pekerjaan pondasi dibuat dua kelompok kerja A dan B, yang dalam pelaksanaannya bekerja secara berurutan sesuai diagram LoB.

Berbeda dengan proyek yang telah memiliki durasi pasti, faktor sumber daya manusia bias saja tidak diperhitungkan. Mengingat faktor mesin / alat untuk pembangunan suatu proyek juga memiliki peranan penting, walaupun operasionalnya dijalankan oleh manusia.



Gambar 2.4. Penerapan Sumber Daya Manusia dalam Metode LoB

(Sumber : Thomas E Uher, 1996)

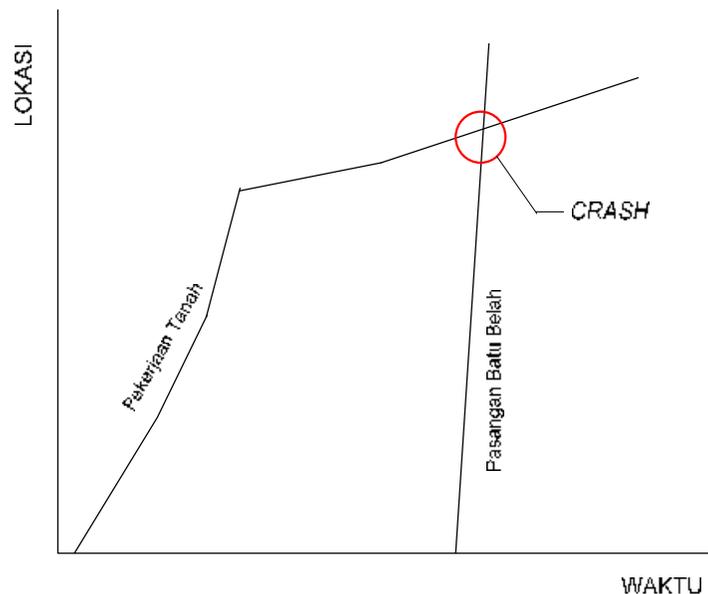
Ket. : a,b,c,d,e,f,g = kelompok kerja

Kelompok kerja a memulai pekerjaan pondasi pada rumah ke-1 yang diikuti kelompok kerja b pada rumah ke-2. Setelah menyelesaikan pekerjaan pondasi rumah ke-1, kelompok kerja a memulai pekerjaan yang sama untuk rumah ke-3 dan kelompok kerja b untuk rumah ke-4 dan seterusnya.

2.3.3 Buffer Time (Waktu Penyangga)

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, ada saatnya pekerjaan dengan pekerjaan yang lain terjadi gangguan. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut, maka dipakai alternative memperlambat suatu pekerjaan atau memberi waktu penyangga (*buffer time*).

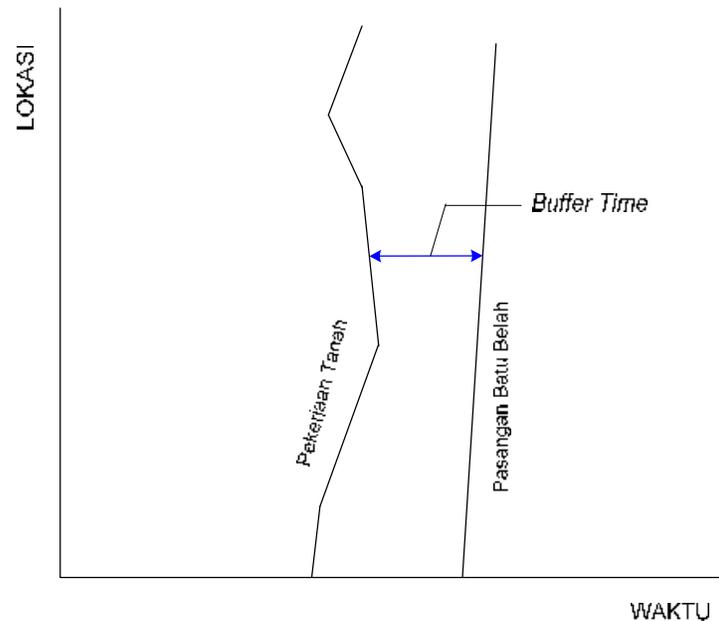
Waktu penyangga (*buffer time*) dapat diartikan jarak atau waktu di antara dua aktifitas. Waktu penyangga (*buffer time*) dapat mempengaruhi mulainya dan berakhirnya suatu aktivitas (Callahan, M.T, 1999).



Gambar 2.5 Activity Interference

(Sumber : Calahan MT, 1999)

Ket : Karena pekerjaan tanah mendahului pekerjaan pasangan batu belah dan durasi dari pekerjaan tanah bisa lebih lama dari pekerjaan pasangan batu kali, maka dapat terjadi benturan (*Crash*), dengan kata lain pekerjaan batu kali tidak dapat dikerjakan secara terus menerus dikarenakan pekerjaan tanah belum selesai.



Gambar 2.6 *Buffer Time*

(Sumber : Callahan MT, 1999)

Ket : Untuk menghindari adanya gangguan pada pekerjaan pasangan batu belah yang disebabkan belum selesainya pekerjaan tanah, sebagai alternatif adalah memperlambat awal mulainya pekerjaan pasangan batu kali dengan menggunakan waktu penyangga (*buffer time*).

2.3.4 Langkah – langkah dan Perhitungan Metode LoB

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas, dalam perencanaan dan pengendalian proyek dengan metode *Line of Balance*, faktor tenaga kerja merupakan faktor yang terpenting dengan tidak mengesampingkan faktor – faktor yang lain seperti material.

Perhitungan tenaga kerja menggunakan data perhitungan setiap kegiatan, yang dalam hal ini dimulai dari kegiatan pondasi dan berakhir dengan kegiatan pengecatan.

Langkah – langkah perhitungan tersebut adalah :

1. *Manhours* untuk setiap rumah yang didapat dari perkiraan saat perencanaan.
2. Jumlah teoritis dari orang yang dibutuhkan, didapatkan dari jumlah *manhours* untuk setiap rumah dikalikan dengan tingkat penyerahan yang dibutuhkan untuk setiap minggu dan dibagi dengan jumlah jam kerja dalam seminggu dengan anggapan a hari kerja seminggu dan b jam kerja sehari (Thomas E.Uher, 1996).

Jika dirumuskan : $N = \frac{M.x}{a.b}$ (1)

keterangan : N = jumlah teoritis tenaga kerja yang dibutuhkan

M = *manhours*

x = tingkat penyerahan (rumah / minggu)

a = jumlah hari kerja dalam seminggu

b = jumlah jam kerja dalam sehari

3. Jumlah orang setiap rumah adalah merupakan perkiraan praktis tentang jumlah orang yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan untuk satu rumah.
4. Jumlah orang yang sebenarnya, adalah nilai teoritis (N) yang diperbaiki dengan perkiraan jumlah orang setiap rumah.
5. Jumlah kelompok kerja pada satu rumah.
6. Tingkat sebenarnya dari produksi rumah setiap minggu, adalah jumlah orang sebenarnya, dikalikan dengan tingkat produksi/minggu dibagi dengan jumlah teoritis dari orang yang dibutuhkan (Thomas E.Uher, 1996).

Jika dirumuskan : $R = \frac{A.x}{N}$ (2)

keterangan : R = tingkat sebenarnya dari produksi (rumah/minggu)

A = jumlah tenaga kerja sebenarnya

x = tingkat penyerahan

N = jumlah teoritis tenaga kerja yang dibutuhkan

7. Waktu yang dibutuhkan untuk pertukaran kelompok kerja dalam menyelesaikan pekerjaan pada satu rumah, besarnya adalah jumlah *manhours* setiap rumah dibagi dengan perkalian jumlah jam kerja dalam satu hari dan jumlah orang setiap rumah (Thomas E.Uher, 1996).

jika dirumuskan : $t = \frac{M}{b.n}$ (3)

keterangan : t = waktu yang dibutuhkan untuk pertukaran kelompok kerja dalam menyelesaikan pekerjaan pada 1 rumah

M = *manhours*

n = jumlah tenaga kerja setiap rumah

b = jumlah jam kerja dalam sehari

8. Waktu yang dibutuhkan antara permulaan setiap kegiatan pada rumah pertama dan permulaan kegiatan yang sama pada rumah terakhir, besarnya adalah jumlah unit rumah dikurangi satu, dikalikan dengan hari kerja seminggu, dibagi dengan tingkat sebenarnya produksi rumah setiap minggu (Thomas E.Uher, 1996).

jika dirumuskan : $T = \frac{a.(m-1)}{R}$ (4)

keterangan : T = waktu antara permulaan kegiatan rumah pertama dengan kegiatan yang sama pada rumah terakhir

m = jumlah unit rumah

R = tingkat sebenarnya produksi rumah / minggu

a = jumlah hari kerja dalam seminggu

9. Waktu penyangga minimal, ditentukan berdasarkan pengalaman dan ramalan yang akan dihadapi.

10. *Hand over rate* = $\frac{\text{jumlah unit}}{\text{finish unit terakhir} - \text{finish unit pertama}}$

(Thomas E. Uher, 1996).