

BAB II

KERANGKA TEORITIK DAN KERANGKA BERFIKIR

2.1 Kerangka Teoritis

Kajian teori yang akan diuraikan mencakup teori – teori yang berkaitan dengan proyek konstruksi dan manajemen waktu serta beberapa penelitian terdahulu yang juga berkenaan dengan pengendalian waktu.

2.1.1 Beton Prategang

Perkembangan konstruksi dengan bahan beton di Indonesia sangatlah pesat hal tersebut didorong pengembangan bahan beton itu sendiri.

Perkembangan itu salah satunya adalah sistem *precast*. Sistem *precast* tersebut tercipta karena adanya beton prategang. Penggunaan sistem precast dapat mereduksi waktu pekerjaan antara 3,94% - 72,97% (Hatmoko & Santoso, 2015:126)

Perlu diketahui juga bahwa keunggulan – keunggulan yang signifikan dimiliki dari teknologi beton pracetak dibandingkan dengan metode konvensional, antara lain (Ervianto, 2016) :

1. Konstruksi dapat dilakukan tanpa terpengaruh oleh cuaca, karena komponen dibuat dalam satu bangunan yang tertutup.
2. Lebih hemat tenaga manusia, karena komponen pracetak dibuat dengan bantuan mesin.

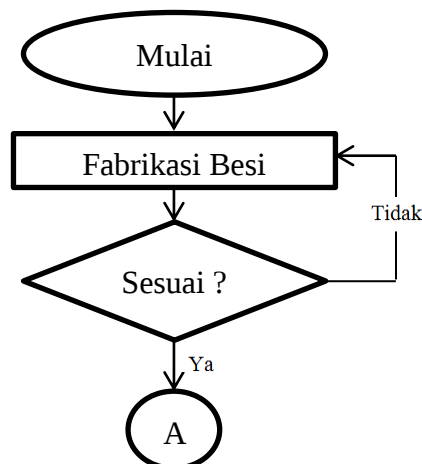
3. Kualitas yang baik dan terjaga, karena pembuatan produk pracetak didalam pabrik dengan menggunakan teknologi komputerisasi, pengendalian kualitas yang ketat, serta lingkungan kerja yang lebih mendukung didalam pabrik.
4. Produksi masal pracetak menyebabkan menggunakan mesin yang optimal sehingga dampaknya tenaga kerja menjadi sedikit.
5. Durasi pekerjaan yang lebih singkat. Pembuatan komponen pracetak dapat dilaksanakan dan disesuaikan bersamaan dengan pekerjaan struktur bawah.
6. Jumlah material yang diperlukan seperti bekisting, *scaffolding*, dapat berkurang cukup optimal.

Dengan uraian yang sudah dijabarkan diatas penggunaan beton pracetak atau sistem precast dapat berpengaruh pada pengurangan waktu pelaksanaan proyek konstruksi

2.1.2 Proses Produksi

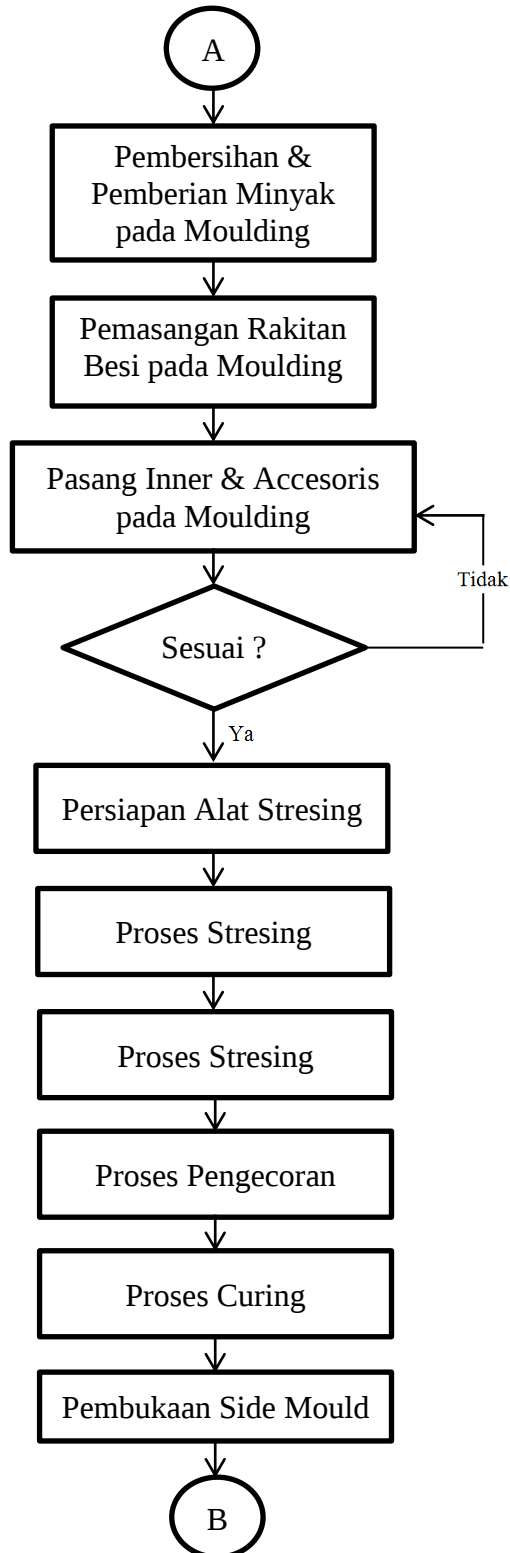
Proses produksi beton prategang bergantung pada tipe struktur yang akan dibuat. Hal seperti itu dikarenakan jenis pemberian gaya prategang, bersama besarnya ditentukan berdasarakan sistem yang dilaksanakan pada panjang bentang serta kelangsingan yang dikehendaki (Dr.Edward G. Nawy, P.E, 2001).

Pada Pabrik *Precast* Sentul produksi balok girder dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :



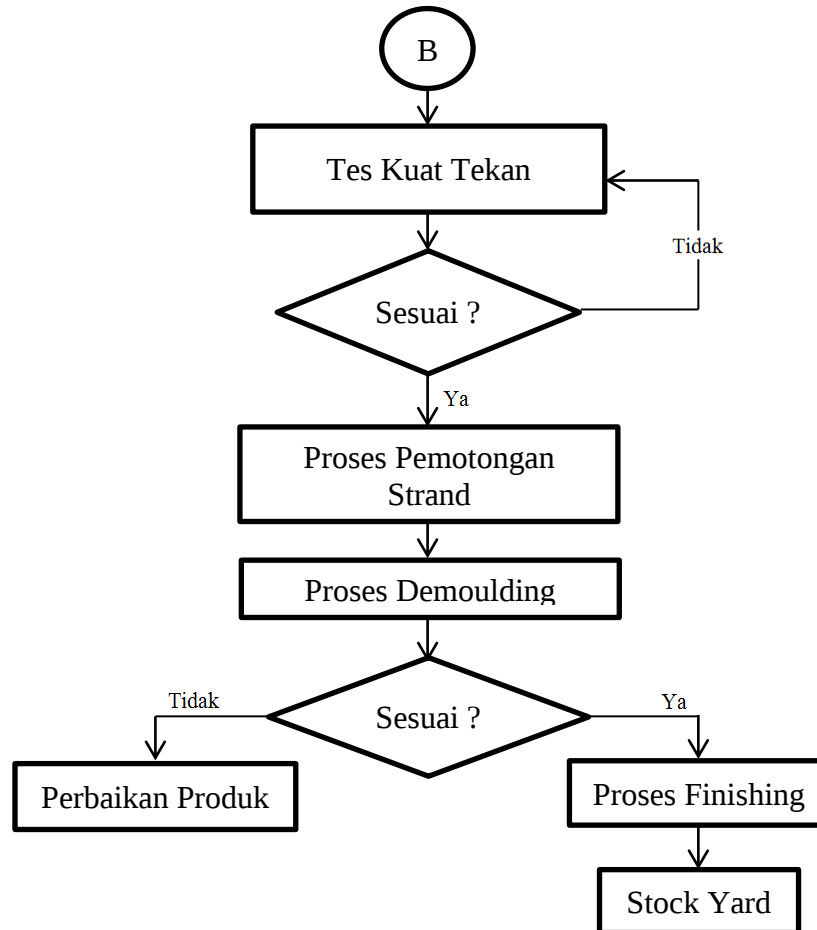
Sumber : PT. Adhi Karya (Persero)Pabrik *Precast* Sentul

Gambar 2.1 Diagram Proses Produksi Balok Girder atau U – Shape Girder



Sumber : PT. Adhi Karya (Persero)Pabrik *Precast* Sentul

Gambar 2.1 Diagram Proses Produksi Balok Girder atau U – Shape Girder



Sumber : PT. Adhi Karya (Persero)Pabrik *Precast* Sentul

Gambar 2.1 Diagram Proses Produksi Balok Girder atau U – Shape Girder (Lanjutan)

1. Proses Persiapan

Proses persiapan adalah tahapan awal sebelum memulai proses produksi. Pada proses tersebut terjadi penyediaan sumber daya yang akan digunakan selama proses produksi. Sumber daya yang disediakan tersebut harus dapat dipastikan memenuhi kriteria kualitas mutu yang ditetapkan dengan pasokan yang memadai.

2. Fabrikasi Besi

Fabrikasi besi adalah merakit batangan besi menjadi rangka balok U – Shape sebelum dilakukan proses pengecoran. Proses fabrikasi besi dilakukan secara manual menggunakan sekelompok tenaga manusia yang dikordinir mandor dan diawasi oleh



supervisor. Pada proses ini juga dilakukan pemasangan strand balok U – Shape. Strand adalah tulangan yang diberikan gaya prategang sebelum dicor.

Sumber : PT. Adhi Karya (Persero)Pabrik *Precast* Sentul

Gambar 2.2 Fabrikasi Besi

3. Pembersihan dan Pemberian Minyak Pada Moulding

Pada proses ini pembersihan dan pemberian minyak pada moulding dilakukan agar proses pembukaan moulding tidak akan merusak balok U – Shape sehingga balok U – shape memiliki bentuk yang baik. Moulding adalah seperangkat alat cetak yang digunakan selama proses pengecoran.



Sumber : PT. Adhi Karya (Persero)Pabrik *Precast* Sentul

Gambar 2.3 Pembersihan dan Pemberian Minyak Pada Moulding

4. Pemasangan Rakitan Besi Pada Moulding

Pemasangan rakitan pada moulding dilakukan setelah proses perakitan besi telah selesai dan dinyatakan sesuai dengan ketentuan yang dipersyaratkan.

Pemasangan tersebut dilakukan dengan bantuan grinter sebagai alat pengangkut dari bengkel perakitan besi ke tempat moulding.

5. Pemasangan Inner dan Acsesoris Pada Moulding

Setelah rakitan besi ditempatkan pada moulding maka proses selanjutnya adalah pemasangan inner dan acsesoris pada moulding. Inner dan acsesoris tersebut berfungsi sebagai penahan yang dibutuhkan pada saat proses prategang dilakukan pada strand.

6. Persiapan Alat Stresing

Persiapan alat stressing dilakukan setelah pemasangan inner dan acsesoris dinyatakan sesuai dengan prosedur yang ditentukan dan dapat dilanjutkan. Persiapan yang dilakukan tersebut adalah memanaskan mesin stressing dengan kurun waktu tertentu bertujuan mempersiapkan mesin.

7. Proses Stresing

Proses stressing yang dilakukan adalah penarikan pada strand dengan kekuatan maksimum yang dapat ditanggung strand.

8. Proses Pengecoran

Proses pengecoran dimulai dengan menyiapkan campuran mortar dengan perbandingan tertentu. Pada proses pencampuran mortar tersebut ditambahkan sebuah cairan yang mempercepat pengerasan.

9. Proses Curing

Proses curing dilakukan 2 jam setelah pengecoran untuk menjaga kelembapan pada beton cor. Curing tersebut dilakukan sampai proses pembukaan side moulding dilakukan.

10. Pembukaan Side Moulding

Pembukaan side moulding adalah pembukaan sisi moulding (sisi cetakan).

Proses tersebut dilakukan seksama agar tidak merusak beton cor.

11. Tes Kuat Tekan

Setelah moulding dibuka maka dilakukan tes kuat tekan pada beton. Tes tersebut dilakukan selama 24 jam.

12. Pemotongan Strand

Pemotongan strand dilakukan untuk memisahkan balok – balok girder sehingga dapat dipindahkan.

13. Proses Demoulding

Proses demoulding adalah proses pengangkatan balok girder dan persiapan untuk melakukan produksi selanjutnya. Balok girder yang dibuat kemudian di pindahkan ketempat finishing untuk melakukan pengecekan produk dan memperbaiki kecacatan.

14. Proses Perbaikan

Proses perbaikan adalah proses memperbaiki produk U – Shape setelah pelepasan balok U – Shape dari moulding. Pelepasan itu juga disertai pengecekan kondisi balok U – Shape apakah terdapat kerusakan pada produk. Dikarenakan meskipun proses pencetakan yang dilakukan sudah sesuai dengan prosedur dan menggunakan alat dan bahan yang berkualitas tetap tidak bisa menjamin produk dengan sempurna, hal itu dikarenakan proses pembuatan masih menggunakan tenaga manusia.

15. Proses Finishing

Proses finishing dilakukan sekaligus pada proses perbaikan.

16. Stock Yard

Penyimpanan pada stock yard adalah rangkaian penempatan balok U – Shape yang telah diproduksi.

2.1.3 Kondisi Keadaan Produksi

Dalam melaksanakan sebuah proses produksi struktur konstruksi tentunya seiring berjalannya waktu telah memiliki pencapaian tertentu. Pencapaian yang didapat tersebut adalah jumlah unit balok girder yang diproduksi, antara lain.

Tabel 2.1. Kondisi Produksi Balok U – Shape

Bulan	Jumlah Produksi (Unit)
Juni	0
Juli	0
Agustus	1
September	9
Oktober	6
November	5
Jumlah	21

Sumber : PT. Adhi Karya (Persero)Pabrik Precast Sentul

2.1.4 Waktu Pelaksanaan Pekerjaan

Waktu merupakan salah satu kriteria dari tiga kriteria utama dalam manajemen proyek konstruksi, selain dari biaya dan mutu. Sebuah proyek konstruksi selalu memiliki kerangka waktu (*time frame*) yang ditungakan dalam kontrak konstruksi sebagai durasi waktu pekerjaan (Hansen, Seng, 2015). Dan akan menjadi penting untuk menyelesaikan sebuah proyek sesuai dengan waktu yang ditetapkan,

dikarenakan dalam kontrak tersebut juga memiliki sangsi yang akan diterima jika gagal menyelesaikan pekerjaan pada waktunya.

Penjadwalan atau pengaturan waktu adalah pengaturan rincian yang diperlukan untuk melaksanakan suatu perencanaan proyek. Dimulai dengan taraf desain, dikembangkan pada waktu pemberian kontrak kemudian digunakan sebagai dasar pengendalian selama proyek berlangsung (Imam Soeharto, 1995).

Pada saat ini terdapat beberapa metode pengendalian waktu yang sedang berkembang, yaitu LoB dan CPM

2.1.4.1 LoB (*Line of Balancing*)

Line of Balance (LoB) merupakan metode linier yang awalnya dibuat untuk melakukan manajemen pada kegiatan berbasis produksi.

Line of Balance (LoB) adalah metode penjadwalan dengan menggunakan sumbu koordinat, yaitu absis dan ordinat. Absis menunjukkan waktu kerja dan ordinat menunjukkan jumlah unit pekerjaan atau lokasi kegiatan yang akan dilaksanakan, sedangkan garis miring menunjukkan jenis kegiatan sekaligus kecepatan pekerjaan (Saad A. Suhail & Richard H. Neale, 1994).

Kemiringan menunjukkan tingkat produktifitas dari kegiatan tersebut, semakin tegak garis alir pekerjaan tersebut maka akan semakin tinggi tingkat produktifitasnya.

LoB juga berfungsi sebagai media *control* dan *monitoring*, karena bisa digunakan untuk menunjukkan jumlah pekerjaan yang selesai dalam jumlah tertentu, sehingga tingkat produksi bisa dikontrol apakah sesuai dengan rencana awal. Seperti metode manajemen lainnya metode LoB juga memiliki keunggulan dan kelemahan pada penggunaannya, berikut adalah keunggulan dan kelemahan metode LoB.

Tabel 2.2. Kelebihan dan Kelemahan Metode *Line of Balance* (LoB)

Kelebihan	Kelemahan
Task ditmpatkan ke stasiun berdasarkan urutan kelompok. Kelompok yang lebih awal, yaitu kelompok yang dimana task – task yang terdapat pada kelompok – kelompok setelahnya bergantung pada task – task yang berada pada kelompok tersebut.	Metode yang rumit meskipun hanya terdiri dari dua langkah, yaitu mengelompokkan dan menempatkan task kedalam stasiun.

Sumber : New Methodology to Integrate CPM and LoB Journal Engineering and Management (1994)

Pada metode LoB terdapat beberapa istilah yang sering digunakan dengan makna tertentu yang perlu diketahui, antara lain:

A. *Work Element*

Work Element atau elemen kerja adalah bagian dari seluruh proses yang dilakukan.

B. Waktu Operasi

Waktu standart yang digunakan untuk melakukan suatu operasi.

C. *Cycle Time*

Cycle Time merupakan waktu yang diperlukan untuk membuat satu unit produk pada satu stasiun. Apabila waktu produksi dan target produksi telah ditentukan, maka waktu siklus dapat diketahui dari hasil bagi waktu produksi dan target produksi

Dalam mendesain keseimbangan lintasan produksi untuk sejumlah produk tertentu, waktu siklus harus sama atau lebih besar dari waktu operasi terbesar yang merupakan penyebab terjadinya *bottle neck* kemacetan. Dan waktu siklus harus sama

atau lebih kecil dari jam kerja efektif per hari dibagi jumlah produksi per hari yang secara sistematis dinyatakan sebagai berikut.

$$t_i \max \leq CT \leq P/Q$$

Dimana :

$t_i \max$: Waktu operasi terbesar pada lintasan

CT : Waktu siklus

P : Jam kerja efektif per hari

Q : Jumlah produksi per hari

D. *Work Stasion*

Work Stasion adalah tempat pada lini perakitan dimana proses perakitan dilakukan. Setelah menentukan interfal waktu siklus, maka jumlah stasiun kerja efisien dapat ditetapkan dengan rumus sebagai berikut:

$$K \min = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{C}$$

Dimana :

T_i : Waktu operasi / elemen ($i= 1,2,3,\dots,n$)

C : Waktu siklus stasiun kerja

n : Jumlah elemen

Kmin : Jumlah stasiun minimal

E. Efisiensi *Work Stasion*

Efisiensi *work stasion* digunakan untuk mengetahui persentase perbandingan antara total waktu dalam *work stasion* dengan *cycle time*.

F. *Stasion Time* dan *Idle Time*

Stasion time merupakan jumlah waktu dari elemen kerja yang dilakukan pada stasiun kerja yang sama, sedangkan *idle time* merupakan selisih antara *cycle time* dengan *stasion time*.

G. *Line Efficiency*

Line efficiency adalah rasio dari total waktu distasiun kerja dibagi dengan waktu siklus dikali jumlah stasiun kerja.

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^K ST_i}{(K)(CT)} \times 100\%$$

Dimana :

ST_i : Waktu stasiun di stasiun ke 1

K : Jumlah banyaknya stasiun kerja

CT : Waktu siklus

H. *Balance Delay*

Balance delay sering disebut *balancing loss*, adalah ukuran dari ketidak efisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu mengenggur sebenarnya disebabkan karena pengalokasian yang kurang sempurna diantara stasiun – stasiun kerja. Balance delay ini dinyatakan dalam persentase. Balance delay dapat dirumuskan.

$$D = \frac{(n \times C) - \sum_{i=1}^n t_i}{(n \times C)} \times 100\%$$

Dimana :

n : Jumlah stasiun kerja

C : Waktu siklus terbesar dalam stasiun kerja

$\sum t_i$: Jumlah waktu operasi dari setiap operasi

t_i : Waktu produksi

D : *Balance delay* (%)

I. *Smoothness Index*

Smoothness index adalah suatu indeks yang menunjukkan kelancaran relative dari penyeimbang lini perakitan tertentu.

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^K (STi \max - STi)^2}$$

Dimana :

St max : Maksimum waktu di stasiun

Sti : Waktu stasiun distasiun kerja ke – i

J. *Output Production*

Output Production adalah jumlah waktu efektif yang tersedia dalam satu periode dibagi dengan *cycle time*.

$$Q = T/CT$$

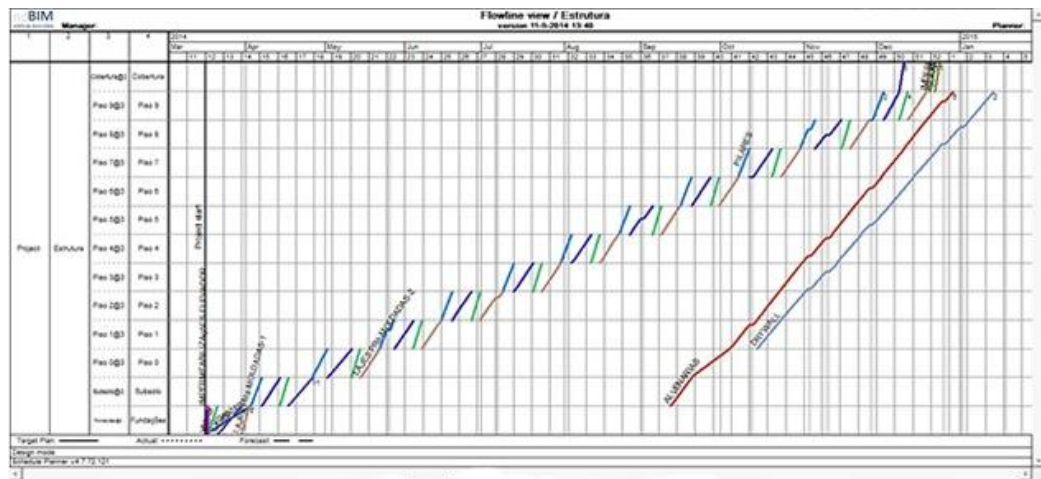
Dimana :

T : Jam kerja efektif penyelesaian produk

C : Waktu siklus terbesar

Selain istilah yang terdapat pada proses perhitungan tersebut terdapat juga istilah pada grafik yang menjadi akhir dari proses LoB antara lain *Lead Time*, *Interupsi*, *Buffer Time*, dan *Restraint*.

Lead time merupakan waktu yang harus dilalui suatu pekerjaan sampai seluruh pekerjaan selesai.

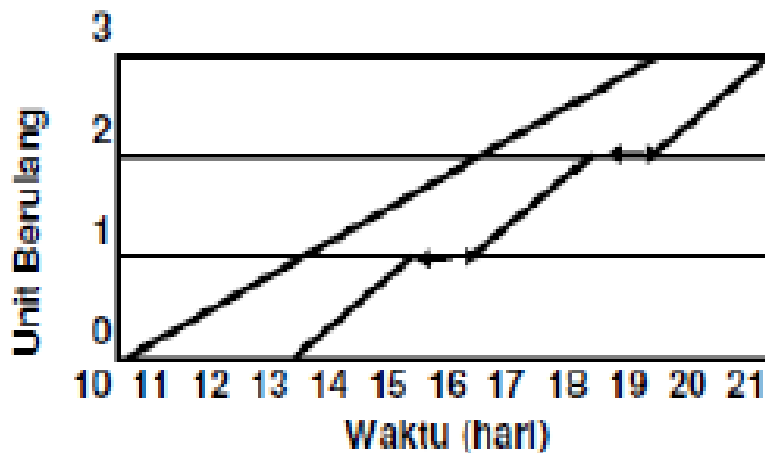


Example of a project LOB representation

Sumber : New Methodology to Integrate CPM and LoB Journal Engineering and Management (1994)

Gambar 2.4 Contoh Grafik Line of Balance (LoB)

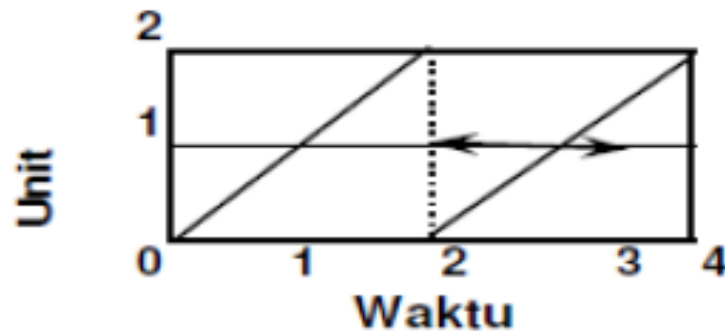
Interupsi adalah penghentian atau penundaan kegiatan untuk suatu waktu tertentu dengan ditunjukkan garis mendatar pada garis alir kegiatan. Hal tersebut dapat disebabkan oleh banyak hal antara lain sumber daya yang terhenti, dan kesulitan teknis sebagainya.



Sumber : New Methodology to Integrate CPM and LoB Journal Engineering and Management (1994)

Gambar 2.5 Contoh Interupsi Pada Potongan Grafik Line of Balance (LoB)

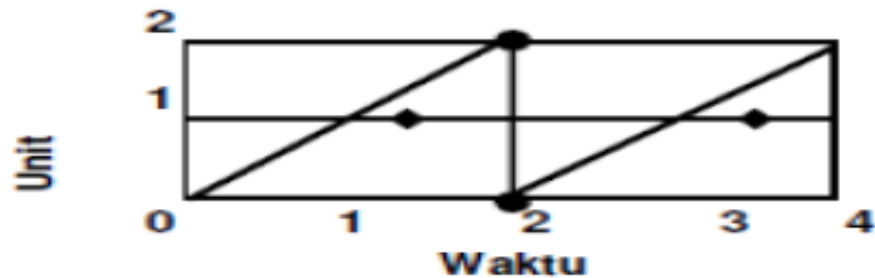
Restraint adalah waktu tunggu yang terjadi antara selesainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan yang lainnya.



Sumber : New Methodology to Integrate CPM and LoB Journal Engineering and Management (1994)

Gambar 2.6 Contoh Restraint Pada Potongan Grafik Line of Balance (LoB)

Buffer adalah jarak yang diperlukan antara dua kegiatan. Jarak tersebut dapat berupa lokasi (buffer lokasi) maupun waktu (buffer waktu). Buffer waktu memiliki dua konsep yaitu buffer waktu minimum atau buffer waktu maksimum.



Sumber : New Methodology to Integrate CPM and LoB Journal Engineering and Management (1994)

Gambar 2.7 Contoh Buffer Pada Potongan Grafik Line of Balance (LoB)

2.1.4.2 Critical Paht Method (CPM)

Metode *Critical Paht Method* (CPM) merupakan bagian dari metode *Activity On Arrow* (AOA) dimana metode CPM tersebut menunjukkan aktifitas – aktifitas penting yang pengerjaannya tidak boleh tertunda karena dapat memperlambat waktu penyelesaian proyek. Pada metode CPM serangkaian aktifitas proyek disusun dengan cara jaringan. Jaringan menunjukkan susunan logis antar kegiatan, hubungan timbal balik antara pembiayaan dengan waktu penyelesaian proyek, dan berguna dalam merencanakan urutan kegiatan yang saling tergantung dihubungkan dengan waktu penyelesaian proyek yang diperlukan (Dipohusodo, 1996).

Kegiatan – kegiatan penting yang saling terhubung tersebut pada metode CPM disebut jalur kritis. Jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen – komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu tercepat (Ir. Irika Wideasanti, MT & Lenggogeni, MT, 2013). Pada metode CPM terdapat beberapa kelemahan dan kelebihan sebagai berikut :

Tabel 2.3. Kelebihan dan Kelemahan Metode *Critical Paht Method* (CPM)

No	Kelebihan	Kelemahan
1	Menghemat waktu dan biaya proyek.	Pekerjaan yang terlalu banyak dapat membingungkan.
2	Alat komunikasi yang efektif	Penilaian durasi hanya berdasarkan perkiraan yang logis
3	Sangat berguna untuk mengetahui pekerjaan mana yang bersifat kritis	Penilaian interpendensi pekerjaan
4	Dapat digunakan untuk menghitung toleransi keterlambatan suatu pekerjaan yang tidak bersifat kritis	Pembuatan dan pembacaan jadwal yang lebih sulit

Sumber : New Methodology to Integrate CPM and LoB Journal Engineering and Management (1994)

Seperti yang sudah dijelaskan pada uraian diatas bahwa metode CPM merupakan bagian dari metode AOA maka untuk mendapatkan jalur kritis CPM perlu membuat diagram AOA untuk menjelaskan uraian kegiatan aktifitas proyek. Setelah diagram AOA yang menjelaskan aktifitas proyek dibuat maka dilakukan suatu perhitungan waktu untuk mengetahui durasi proyek. Perhitungan tersebut adalah perhitungan maju dan perhitungan mundur. Ada beberapa istilah yang terlibat sehubungan dengan perhitungan maju dan perhitungan mundur metode AOA sebagai berikut (Ir. Irika Widiyanti, M.T & Lenggogeni, M.T., 2013) :

A. *Early Start (ES)*

Early Start (ES) adalah waktu paling awal sebuah kegiatan dapat dimulai setelah kegiatan sebelumnya selesai. Bila waktu kegiatan dinyatakan atau berlangsung dalam jam, maka waktu ini adalah jam paling awal kegiatan dimulai.

B. *Late Start (LS)*

Late Start (LS) adalah waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat diselesaikan tanpa menghambat penyelesaian jadwal proyek.

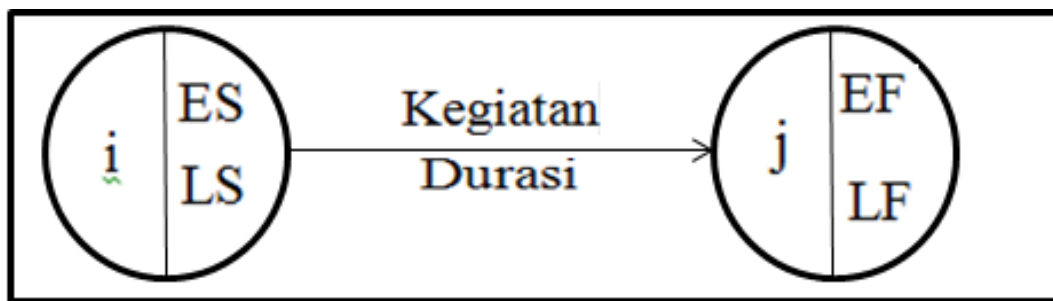
C. *Early Finish (EF)*

Early Finish (EF) adalah waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat diselesaikan jika dimulai pada waktu paling awalnya dan diselesaikan dengan durasinya. Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu merupakan ES kegiatan berikutnya.

D. *Late Finish (LF)*

Late Finish (LF) adalah waktu paling akhir sebuah kegiatan dapat dimulai tanpa memperlambat penyelesaian proyek.

Berikut adalah potongan dari jaringan kerja AOA dengan penempatan ES, LS, EF, dan LF.



Sumber : Manajemen Konstruksi (2013)

Gambar 2.8 ES, LS, EF, LF

Seperti telah disebutkan diatas, untuk mendapatkan angka – angka ES, LS, EF, dan LF, maka dikenal dua perhitungan dalam jaringan kerja AOA, yaitu perhitungan maju dan perhitungan mundur. Berikut adalah penjelesan kedua perhitungan tersebut.

1. Perhitungan Maju

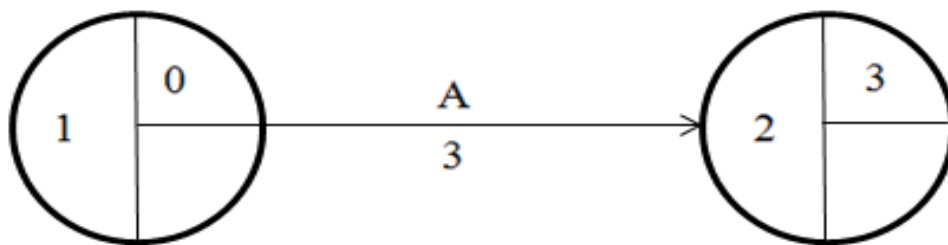
Dalam mengidentifikasi sebuah jalur kritis dipakai suatu cara perhitungan maju dengan aturan – aturan yang berlaku sebagai berikut (Ir. Irika Wideasanti, M.T., & Lenggogeni, M.T, 2013).

- A. Kecuali kegiatan awal, maka suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan yang mendahuluinya (*Predecessor*) telah selesai.
- B. Waktu paling awal kegiatan adalah 0 (nol)

- C. Waktu selesai paling awal suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan.

$$EF = ES + D \text{ atau}$$

$$EF (i-j) = ES (i-j) + D (i-j)$$



Sumber : Manajemen Konstruksi (2013)

Gambar 2.9 Contoh Perhitungan Maju

- D. Bila suatu kegiatan memiliki dua kegiatan atau lebih kegiatan pendahulunya, maka ES nya adalah terbesar dari kedua kegiatan tersebut.

2. Perhitungan Mundur

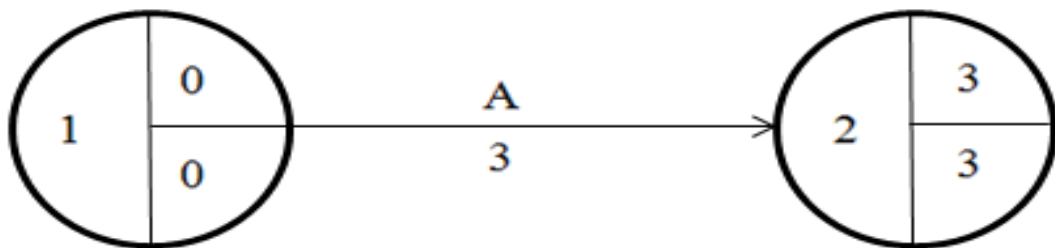
Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu dan tanggal paling akhir kita “masih” dapat memulai dan mengakhiri kegiatan tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari perhitungan maju. Aturan yang berlaku dalam perhitungan mundur adalah sebagai berikut (Ir. Irika Wideasanti, M.T., & Lenggogeni, M.T, 2013).

- A. Hitung mundur dimulai dari ujung kanan, yaitu dari hari paling akhir proyek suatu jaringan kerja

B. Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan adalah sama dengan waktu selesai paling akhir, dikurangi kurun waktu durasi kegiatan yang bersangkutan, atau

$$LS = LF - D$$

C. Bila suatu jaringan memiliki dua atau lebih kegiatan berikutnya, maka waktu paling akhir (LF) kegiatan tersebut sama dengan waktu paling akhir (LS) kegiatan nerikutnya yang terkecil.



Sumber : Manajemen Konstruksi (2013)

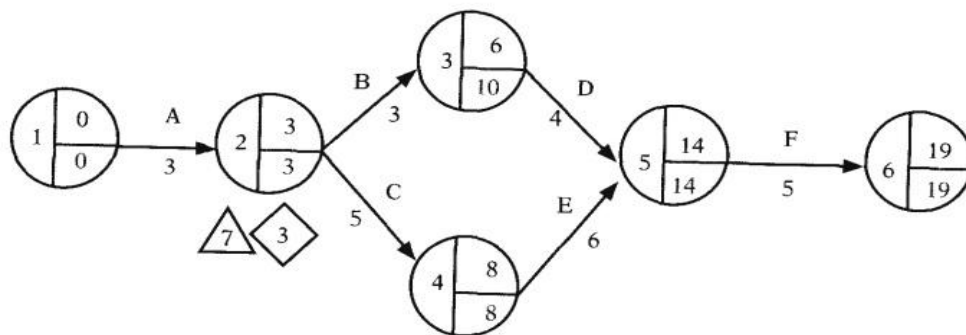
Gambar 2.10 Contoh Perhitungan Mundur

3. Metode Jalur Keritis

Metode Jalur kritis atau *Critical Path Method* (CPM) adalah jalur yang memiliki rangkaian komponen – komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat (Ir. Irika Wideasanti, M.T., & Lenggogeni, M.T, 2013).

Jalur kritis terletak pada kegiatan – kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat, akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian keseluruhan proyek, yang disebut kegiatan kritis (Ir.Irika Wideasanti, M.T & Lenggogeni, M.T., 2013). Sifat jalur kritis yaitu.

- A. Pada kegiatan pertama $ES = LS = 0$
- B. Pada kegiatan terakhir $LF = EF$
- C. Total Float $TF = 0$



Sumber : Manajemen Konstruksi (2013)

Gambar 2.11 Contoh Kegiatan Kritis

Pada contoh perhitungan diatas ditunjukkan jalur kritis yang terjadi adalah pada lintasan dengan kegiatan A – C – E – F. Contoh dan perhitungan diatas menunjukkan proses perkiraan waktu penyelesaian proyek yang umumnya tidak sama dengan total waktu hasil jumlah kurun waktu masing – masing kegiatan yang menjadi unsur proyek, karena adanya kegiatan yang paralel.

4. *Total Float*

Total Float atau Float Total adalah jumlah waktu yang diperkenankan sesuatu kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal proyek secara keseluruhan.

Jumlah waktu tersebut sama dengan waktu yang didapat bila semua kegiatan terdahulu dimulai seawall mungkin, sedangkan semua kegiatan berikutnya dimulai selambat mungkin (Soeharto, 1995).

Float total ini dimiliki bersama oleh semua kegiatan yang ada pada jalur yang bersangkutan. Hal ini berarti bila salah satu kegiatan telah memakainya, maka float total yang tersedia untuk kegiatan – kegiatan lain yang berada pada jalur tersebut sama dengan total float semula, dikurangi bagian yang telah dipakai (Ir.Irika Widiasanti, M.T & Lenggogeni, M.T., 2013).

Rumus dalam menghitung total float adalah sebagai berikut:

A. Total Float suatu kegiatan sama dengan waktu selesai paling akhir, dikurangi waktu selesai paling awal. Atau waktu mulai paling akhir dikurangi waktu mulai paling awal kegiatan.

B. Rumus : $TF = LF - EF = LS - ES$

Dapat dinyatakan sebagai berikut.

A. Total Float sama dengan waktu paling akhir terjadinya node berikutnya $L(j)$, dikurangi waktu paling awal terjadinya node terdahulu $E(i)$, dikurangi waktu kegiatan yang bersangkutan $D(i-j)$.

B. Rumus : $TF = L(j) - E(i) - D(i-j)$

Salah satu syarat yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan kritis atau berada pada jalur kritis adalah jika kegiatan tersebut memiliki $TF = 0$.

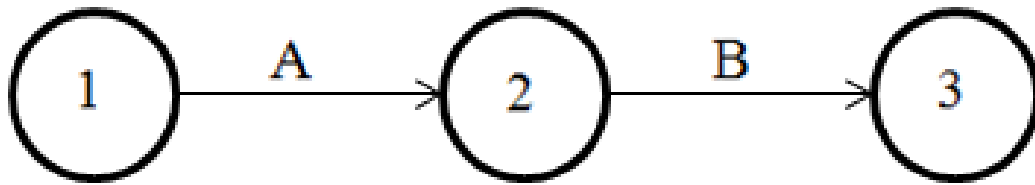
5. *Free Float*

Disamping Total Float, dikenal juga *Free Float* (FF) atau Float Bebas. FF terjadi bila semua kegiatan pada jalur yang bersangkutan mulai seawall mungkin

(Ir.Irika Wideasanti, M.T & Lenggogeni, M.T., 2013). Besarnya FF suatu kegiatan sama dengan sejumlah waktu dimana penyelesaian kegiatan tersebut dapat ditunda tanpa mempengaruhi waktu mulai paling awal waktu dari kegiatan berikutnya (Soeharto, 1995).

Perhitungan Float Bebas dapat dilakukan sebagai berikut.

- A. Float bebas suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal (ES) dari kegiatan berikutnya, dikurangi waktu paling awal (EF) kegiatan yang dimaksud.
- B. Jadi, bila rangkaian terdiri dari kegiatan A(1-2) dan B(2-3) dengan node 1,2,3, maka kegiatan A mempunyai Float bebas ;



Sumber : Manajemen Konstruksi (2013)

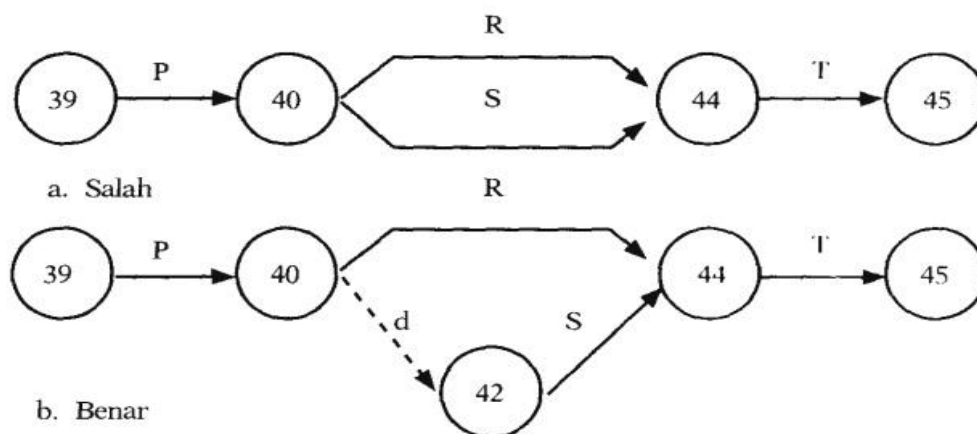
Gambar 2.12 Contoh Free Float

- C. Rumus : $FF(1-2) = ES(2-3) - EF(1-2)$.

6. Aktivitas *Dummy*

Aktivitas Dummy adalah penggunaan aktivitas ketika ada kasus – kasus yang menunjukkan kesulitan yang terjadi jika hanya menggunakan satu anak panah untuk beberapa kegiatan dan memastikan bahwa setiap aktivitas memiliki nomor nodenya (Callahan, 1992, as cited Wideasanti & Lenggogeni, 2013).

Aktivitas *dummy* tidak memiliki durasi ketergantungan dengan aktivitas lain, dan selalu ditampilkan dalam bentuk anak panah dengan garis putus – putus (Ir.Irika Wideasanti, M.T & Lenggogeni, M.T., 2013).



Sumber : Manajemen Konstruksi (2013)

Gambar 2.13 Contoh Penggunaan Dummy

2.2 Penelitian Relevan

Untuk mendukung penelitian ini berikut dikemukakan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian :

1. Teguh Broto (2010), Universitas Muhammadiyah Malang dengan judul Perencanaan Line Balancing Guna Meningkatkan Output Produksi. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan data dengan menggunakan Software QS (*Quantitative System*) diberikan hasil dengan sebagai berikut ;

- A. Lintasan keseimbangan yang paling optimal untuk tipe produk ARM 15 adalah dengan kriteria berikut; waktu siklus 248,3 detik, jumlah stasiun kerja 7 stasiun, *persentase balance delay* 21.54881, persentase efisiensi 78.45119, output produksi per hari 116 unit.
 - B. Lintasan keseimbangan yang paling optimal untuk tipe produk BED 15 adalah dengan kriteria sebagai berikut; waktu siklus 240 detik, jumlah stasiun kerja 6 stasiun, *persentase balance delay* 16.45417, persentase 83.5483, output produksi per hari 120 unit.
 - C. Kondisi optimal seperti pada point a dan b, maka terjadi peningkatan produksi tiap – tiap tipe produk sebagai berikut; untuk ARM 15 peningkatan produksi sebesar 2.5 unit per hari dengan peningkatan efisiensi 17.95119%, untuk BED 15 peningkatan output produksi sebesar 42.56 unit per hari dengan peningkatan efisiensi sebesar 18.8383%.
2. Faundra Pratama. P (2016), Universitas Hasanudin dengan judul Penjadwalan Pengadaan Material Proyek Pelebaran Ruas Jalan Panciro – Gaselong Batas Takalar Kabupaten Gowa.

Pada penelitian ini diberikan hasil dengan sebagai berikut :

- A. Perencanaan penjadwalan pengadaan material memiliki dua tahap analisa yakni, analisa volume kebutuhan material dan penjadwalan dengan menggunakan metode *Line of Balance* (LoB). Volume material yang dibutuhkan di lokasi, dalam hal ini volume kebutuhan material per minggu pada tiap pekerjaan. Jumlah total volume material yang dibutuhkan dibagi

dengan jumlah durasi pekerjaan menghasilkan volume kebutuhan material yang harus disediakan dilokasi tiap minggunya.

B. Dari hasil penjadwalan dan alokasi material dengan menggunakan metode *Line of Balance* (LoB), bias diketahui dengan lebih detail waktu pelaksanaan pekerjaan tiap stasiun disertai kebutuhan tiap stasiun. Dalam hal ini terdapat 11 item pekerjaan. Untuk pekerjaan galian biasa dikerjakan selama 3 minggu di sta(0+000 s/d 2+350). Untuk pekerjaan penyiapan badan jalan dikerjakan selama 2 minggu di sta(0+000 s/d 2+350). Untuk pekerjaan timbunan pilihan dikerjakan selama 2 minggu di sta(0+000 s/d 2+350). Untuk pekerjaan lapis fondasi agregat kelas B dikerjakan selama 3 minggu di sta(0+000 s/d 2+350). Untuk pekerjaan lapis fondasi kelas A dikerjakan selama 3 minggu di sta(0+000 s/d 2+350). Untuk pekerjaan lapis resap pengikat dikerjakan selama 1 minggu di sta(0+000 s/d 2+350). Untuk pekerjaan Laston Lapis antara (AC – BC) dikerjakan selama 2 minggu di sta(0+000 s/d 2+350). Untuk Lapis perekat dikerjakan selama 2 minggu di sta(0+000 s/d 2+350). Untuk pekerjaan Lasto Lapis Aus (AC – WC) dikerjakan selama 3 minggu di sta(0+000 s/d 2+350). Untuk pekerjaan timbunan biasa pada bahu jalan dikerjakan selama 3 minggu di sta(0+000 s/d 2+350). Dan pekerjaan bahu jalan dikerjakan selama 3 minggu di sta(0+000 s/d 2+350).

3. Leston Hari Aryono (2014), Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan judul Evaluasi Pengendalian Biaya dan Waktu menggunakan Metode CPM

pada Proyek Jembatan Limpas Pengkol Kecamatan Karanggede Kabupaten Boyolali.

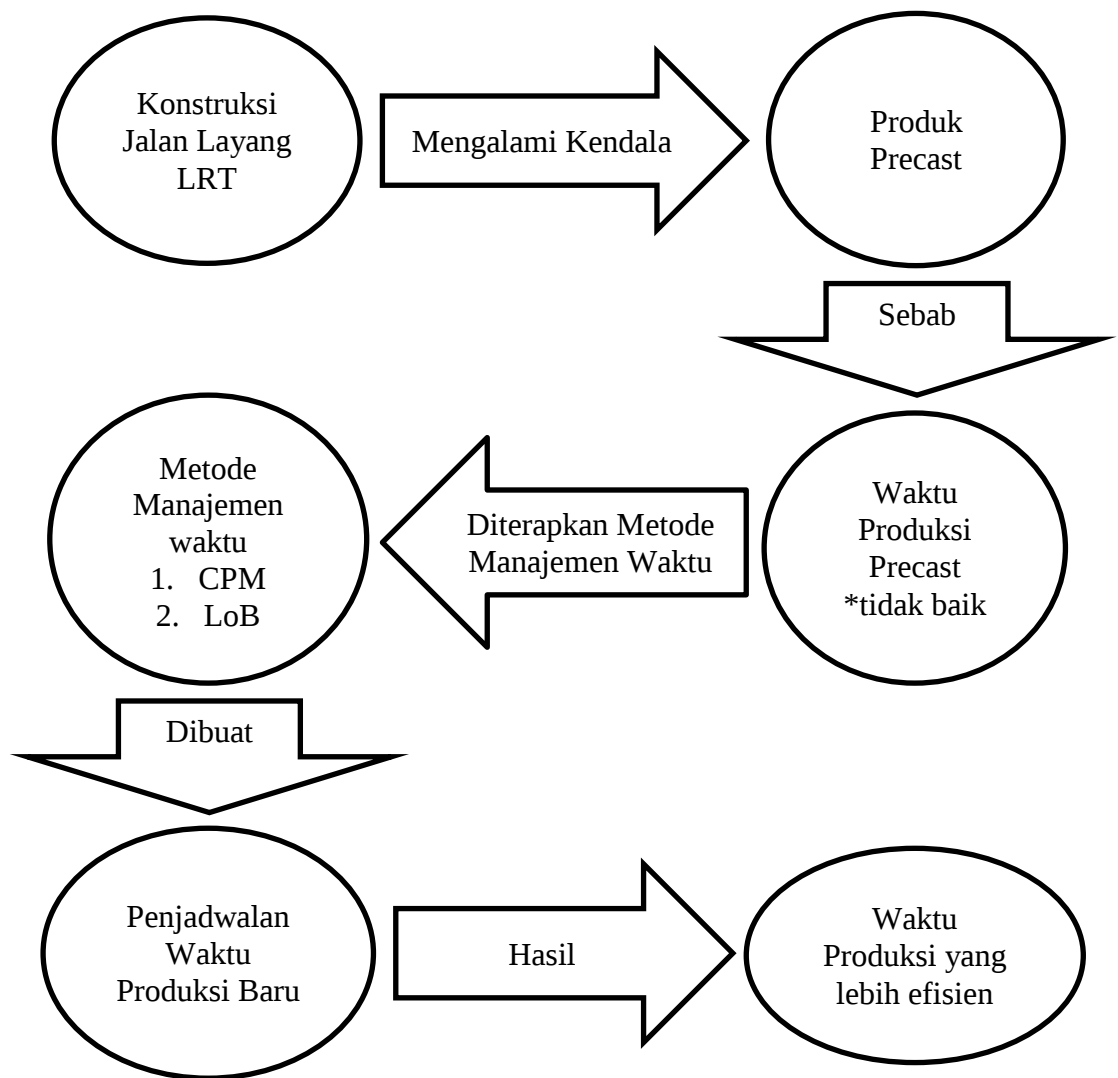
Proyek. Studi Kasus : Proyek Jembatan Limpas Pengkol Kecamatan Karanggede Kabupaten Boyolali.

Dari hasil penelitian didapat perbandingan biaya dan waktu normal dan setelah dilakukan alternative pekerjaan dari biaya normal Rp.311.614.402.87 menjadi Rp.362.193.457.77 dengan waktu kritis selama 27 hari diperoleh incremental cost sebesar Rp.50.579.077.54.

2.3 Kerangka Berfikir

Sebuah proyek konstruksi selalu menghadapi masalah keterlambatan, keterlambatan tersebut terjadi tidak hanya karena masalah yang terjadi pada lokasi proyek tetapi juga pada proses pengadaan struktur seperti precast. Pengadaan produk precast sendiri sangat bergantung pada proses produksi pabrik, yang selalu mengalami kendala. Kendala yang terjadi terkadang bukan karena bahan baku yang kurang dan terlambat datang tetapi juga kurang cakapnya pengendalian waktu yang dimiliki. Pengendalian waktu yang baik tersebut dapat dilakukan dengan metode manajemen yang sesuai dan dapat digunakan dengan fleksibel, sehingga dapat menyesuaikan dengan keadaan. Dari banyak metode manajemen yang ada, metode CPM dan LoB adalah metode yang fleksibel yang dapat digunakan sesuai dengan keadaan sehingga mampu menghasilkan pengendalian waktu yang baik.

Berdasarkan uraian kerangka berfikir diatas maka dapat digambarkan alur kerangka berfikir peneliti sebagai berikut.



Gambar 2.14 Alur Kerangka Berfikir

2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka berpikir tersebut bahwa dan teori yang sudah dijabarkan diduga bahwa penggunaan metode LoB yang diintegrasikan dengan metode CPM diduga memberikan dampak positif pada proses manajemen pengendalian waktu pada proses produksi pre cast balok girder pada proyek jalan layang

LRT.

