

# PERBANDINGAN METODE CRITICAL PATH METHOD (CPM), PRECEDENCE DIAGRAM METHOD (PDM), DAN LINE OF BALANCE (LOB) TERHADAP PROYEK REPETITIF

Joe Daniel Hutagaol<sup>1</sup>, Sendi<sup>1</sup>, M. Agung Wibowo<sup>2</sup>, Tanto D.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.

## Abstrak

Dewasa ini perkembangan proyek konstruksi berjalan pesat dan seringkali dalam skala besar yang membutuhkan biaya besar serta memiliki metode yang dapat meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian untuk menghadapi jumlah kegiatan dan kompleksitas proyek yang cenderung bertambah. Para kontraktor seringkali dihadapkan pada proyek-proyek yang mengandung beberapa unit yang identik atau serupa, seperti segmen-semen lantai pada bangunan bertingkat banyak, unit-unit rumah pada pembangunan perumahan, dan ruas-ruas jalan pada proyek jalan raya. Tujuan dari studi kasus ini yaitu membandingkan dan menentukan lintasan kritis dari metode *Critical Path Method*, *Precedence Diagram Method*, dan *Line of Balance* untuk mencari karakter metode penjadwalan yang sesuai dengan sifat proyek repetitif serta melakukan komparasi masing-masing metode dari segi penggunaan metode, perhitungan kecepatan produksi, logika ketergantungan, hambatan pada kegiatan, serta menganalisa kelebihan dan kekurangannya. Adapun proses analisa yang dilakukan yaitu dengan membandingkan *Critical Path Method*, *Precedence Diagram Method*, dan *Line of Balance* dari proyek gedung dan jalan. Dari hasil studi literatur dan analisa data diperoleh kelebihan kekurangan secara visual yaitu *Critical Path Method* dan *Precedence Diagram Method* memiliki tampilan visual yang lebih kompleks sehingga tidak mudah untuk dipahami dan tidak dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek. Namun dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan dapat menentukan lintasan kritis proyek. *Line of Balance* memiliki tampilan visual yang sederhana dan cukup mudah untuk dipahami dan dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek, tetapi LoB tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan lintasan kritis proyek.

**Kata Kunci :** Repetitif, metode penjadwalan, *Critical Path Method* (CPM), *Precedence Diagram Method* (PDM), *Line of Balance* (LoB)

## Abstract

*Today the rapid development of the construction project running and often in large-scale costly and have a method that can improve the quality of planning and control to deal with the number and complexity of the project activities are likely to increase. The contractors are often faced with projects that contain identical or similar multiple units, such as segments on the floor of multistory buildings, housing units in the residential development, and road sections in road projects. The purpose of this study is to compare and determine the critical path of Critical Path Method, Precedence Diagram Method, and Line of Balance to find the appropriate scheduling method character for the repetitive project and compare each method in terms of the method using, the production calculation speed, the dependence logic, the constraints on the activities, and analyze the advantages and lacks. The analysis process is done by comparing the Critical Path Method, Precedence Diagram Method, and Line of Balance for building and road projects.*

*From the results of the literature study and data analysis are found the lacks and advantages visually that is Critical Path Method and Precedence Diagram Method has a more complex visual display so it is not easy to understand and can not directly detect impaired activities in project scheduling. But can show you specific logical dependency relationships between the activities and projects can determine the critical path. Line of Balance has a visual display that is simple and*

*easy enough to understand. Line of Balance can also directly detect impaired activities in project scheduling, but Line of Balance can not point to specifically logical dependency relationships between activities and projects critical path.*

**Keywords:** *Repetitive, planning and scheduling methods, Critical Path Method (CPM), Precedence Diagram Method (PDM), Line of Balance (LoB)*

## PENDAHULUAN

Dalam suatu proyek pembangunan, perencanaan merupakan masalah yang sangat penting. Perencanaan meliputi penetapan keputusan mengenai apa (*what*) yang akan dikerjakan, kapan (*when*) hal tersebut akan dikerjakan, siapa (*who*) yang akan melaksanakannya, dan bagaimana (*how*) sasaran tujuan yang akan dicapai. Sumber daya yang dimiliki perusahaan dalam melaksanakan aktifitas proyek adalah terbatas. Dengan keterbatasan-keterbatasan sumber daya tersebut, diperlukan suatu perencanaan yang matang dan baik sebagai pedoman dalam melaksanakan proyek agar dapat menggunakan sumber daya secara efisien.

Untuk mencapai tujuan tersebut maka kontraktor, *developer*, maupun pemilik proyek mempunyai jadwal pelaksanaan proyek yang sekaligus dapat mengontrol pelaksanaan proyek itu sendiri. Pada umumnya pada suatu proyek menggunakan salah satu dari beberapa metode penjadwalan proyek yang umum digunakan antara lain *Bar Chart*, *Network Diagram (Critical Path Method, Precedence Diagram Method, Project Evaluation and Review Technique)*, serta metode penjadwalan linier (*Line of Balance* dan *Time Chainage Diagram*).

*Bar Chart* merupakan bagan yang memuat suatu daftar kegiatan-kegiatan yang akan dilaksanakan, disusun secara berbaris ke bawah dimana masing-masing kegiatan memiliki waktu pelaksanaan yang diperlukan (durasi) yang ditunjukkan dalam bentuk garis berskala waktu (umumnya garis dipertebal sehingga menyerupai balok). Panjang setiap garis/balok menunjukkan lamanya waktu yang diperlukan untuk masing-masing kegiatan serta saat untuk memulai dan mengakhiri kegiatan tersebut (Soeharto, 1999).

*Critical Path Method (CPM)* adalah metode penjadwalan proyek yang diaplikasikan dalam bentuk diagram panah dimana dalam diagram ini status kegiatan ditentukan dan digambarkan dalam jaringan kerja (*network*). Urutan kegiatan yang digambarkan dalam diagram jaringan tersebut menggambarkan ketergantungan kegiatan tersebut terhadap kegiatan yang lain, dimana setiap kegiatan memiliki kurun waktu pelaksanaan yang sudah ditentukan (*deterministic*). (Laksito, 2005)

*Precedence Diagram Method (PDM)* adalah metode penjadwalan proyek dimana kegiatan dituliskan didalam *node* yang umumnya berbentuk segiempat, dengan anak panah sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Konstrain menunjukkan hubungan antar kegiatan dengan satu garis dari *node* terdahulu ke *node* berikutnya. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua *node*. (Laksito, 2005)

Metode *Project Evaluation and Review Technique (PERT)* merupakan metode penjadwalan proyek yang divisualisasikan dengan suatu grafik atau bagan yang melambangkan ilustrasi dari sebuah proyek. Diagram jaringan ini terdiri dari beberapa titik (*nodes*) yang merepresentasikan kejadian (*event*) atau suatu titik tempuh (*milestone*). Titik-titik tersebut dihubungkan oleh suatu vektor (garis yang memiliki arah) yang merepresentasikan suatu pekerjaan (*task*) dalam sebuah proyek. Arah dari vektor atau garis menunjukkan suatu urutan pekerjaan (Soeharto, 1999).

*Line of Balance (LoB)* adalah metode yang menggunakan keseimbangan operasi, yaitu tiap-tiap kegiatan adalah kinerja yang terus menerus. Metode ini dipresentasikan oleh grafik seperti dalam koordinat X-Y dari seri produksi garis. Metode ini mampu memperlihatkan pemanfaatan sumber daya, baik berupa tenaga kerja, peralatan maupun bahan tanpa terputus. (Wiranata, Dewi, dan Nuryawan, 2009)

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

- a. Membandingkan metode *Critical Path Method* (CPM), *Precedence Diagram Method* (PDM), dan *Line of Balance* (LoB) untuk mencari karakter metode penjadwalan yang sesuai dengan sifat proyek repetitif.
- b. Menentukan lintasan kritis untuk masing-masing metode penjadwalan.
- c. Melakukan komparasi masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek dari segi penggunaan metode, perhitungan kecepatan produksi, logika ketergantungan, hambatan pada aktifitas kegiatan, serta menganalisa kelebihan dan kekurangannya.

## KAJIAN PUSTAKA

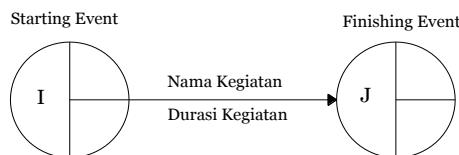
### Metode Network Diagram

Penjadwalan dengan *Network Diagram* (Diagram Jaringan Kerja) adalah diagram penjadwalan yang menunjukkan hubungan antar kegiatan/aktifitas/pekerjaan atau *event*/peristiwa/kejadian dan durasinya dalam suatu proyek. Hubungan antar kegiatan/kejadian didalam *network* merupakan hubungan yang logis. Aktifitas/ kegiatan/pekerjaan adalah bagian unit pekerjaan individual yang ada pada suatu proyek yang memerlukan waktu dan sumber daya dan merupakan lingkup pekerjaan/kegiatan proyek secara menyeluruh.

Didalam *network diagram* ada 2 metode untuk menggambarkan saat kegiatan/ aktifitas yaitu sebagai berikut.

### Activity On Arrow (AOA)

*Activity On Arrow* (AOA) yaitu kegiatan/aktifitas yang digambarkan pada anak panah (Arrow). Disini “*Node*” atau lingkaran merupakan suatu peristiwa (*event*) yang diberi nomor, seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Activity on Arrow

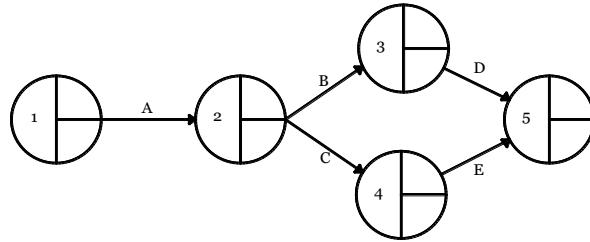
Dimana:

- I dan J adalah nomor *node*
- Nama kegiatan pada anak panah
- Durasi kegiatan pada anak panah
- Awal anak panah menunjukkan awal kegiatan dan ujung anak panah menunjukkan akhir kegiatan
- *Node* membatasi awal kegiatan (*Starting Event*) dan akhir kegiatan (*Finishing Event*).
- *Finishing Event* dari suatu kegiatan menjadi *Starting Event* kegiatan berikutnya.

Hubungan antar aktifitas adalah hubungan logis yang menunjukkan urutan konstruksi. Konstrain yang digunakan pada AOA adalah *Finish to Start* (FS) sama dengan nol / FS=0, yang artinya kegiatan yang mengikuti baru dimulai (*start*) apabila kegiatan yang mendahulunya telah selesai (*finish*). Contoh penggambaran diagram AOA adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Contoh Penggambaran Diagram Activity On Arrow

No	Kode Kegiatan	Predecessor	Successor
1	A	-	B,C
2	B	A	D
3	C	A	E
4	D	B	-
5	E	C	-



Gambar 2. Contoh Penggambaran Diagram AOA

Dimana:

- A *predecessor* B, C
- B *successor* A dan *predecessor* D
- C *successor* A dan *predecessor* E
- D *successor* B
- E *successor* C

### Activity On Node (AON)

Activity On Node (AON), yaitu kegiatan/aktifitas yang digambarkan pada *Node* (lingkaran). Di sini anak panah (Arrow) merupakan hubungan logis antar kegiatan.



Gambar 3. Activity On Node

Precedence Diagram Method (PDM) merupakan jaringan kerja yang termasuk klasifikasi Activity On Node (AON). Adapun istilah-istilah yang digunakan dalam *network diagram* adalah sebagai berikut:

- **Earliest Start Time (EST)**, yaitu waktu paling awal suatu kegiatan dapat dimulai, dengan memperhitungkan waktu kegiatan yang diharapkan dan persyaratan urutan kegiatan.
- **Latest Start Time (LST)**, yaitu waktu paling lambat untuk dapat memulai suatu kegiatan tanpa penundaan keseluruhan proyek.
- **Earliest Finish Time (EFT)**, yaitu waktu paling awal suatu kegiatan dapat diselesaikan.
- **Latest Finish Time (LFT)**, yaitu waktu paling lambat untuk dapat menyelesaikan suatu kegiatan tanpa penundaan penyelesaian proyek secara keseluruhan.
- **Duration (D)**, yaitu kurun waktu kegiatan.

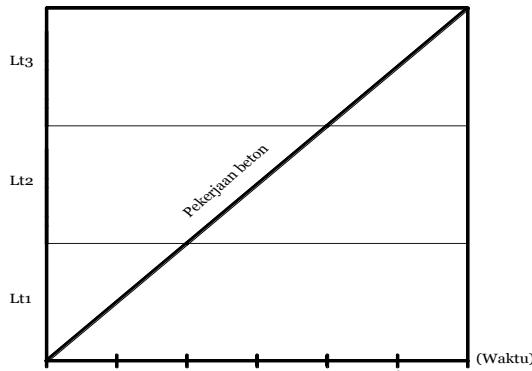
### Metode Penjadwalan Linier

Metode penjadwalan linier memberi alternatif cara penjadwalan proyek berulang baik yang bersifat horizontal maupun vertikal yang pada umumnya menggunakan metode jaringan. Proyek berulang dibagi menjadi dua kategori, yaitu proyek yang berulang karena pengulangan seragam dari unit kerja selama proyek berlangsung (seperti beberapa unit rumah yang serupa, segmen-semen lantai pada bangunan bertingkat) dan proyek yang harus berulang-ulang karena geometris *layout* seperti ruas-ruas jalan raya (Hegazy dan Wassef, 2001 dalam Arianto, 2010). Metode penjadwalan linier yang akan kita bahas yaitu *Line of Balance (LoB)*.

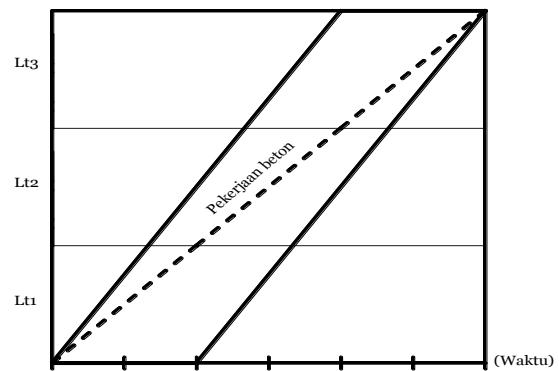
### Line of Balance (LoB)

*Line of Balance* (LoB) adalah metode yang menggunakan keseimbangan operasi, yaitu tiap-tiap kegiatan adalah kinerja yang terus menerus. Keuntungan utama dari metodologi LoB adalah menyediakan tingkat produktifitas dan informasi durasi dalam bentuk format grafik yang lebih mudah. Selain itu, plot LoB juga dapat menunjukkan dengan sekilas apa yang salah pada kemajuan kegiatan dan dapat mendeteksi potensial gangguan yang akan datang. Metode ini cukup efektif untuk digunakan pada proyek bangunan bertingkat dengan keragaman masing-masing tingkat bangunan relatif sama.

Pada metode LoB dikenal dua diagram yaitu diagram garis dan diagram *block*, kedua diagram ini mempunyai cara penggambaran yang berbeda tetapi memiliki maksud yang sama. Diagram garis digambarkan dengan garis pada sumbu koordinat dimana fungsi unit pada sumbu ordinatnya dan fungsi waktu pada sumbu absisnya, sedangkan diagram *block* digambarkan dengan garis yang mempunyai luasan pada sumbu koordinat dimana fungsi unit pada sumbu ordinatnya dan fungsi waktu pada sumbu absisnya. Sebagai contoh suatu pekerjaan beton 3 lantai mempunyai durasi 2 bulan setiap lantainya, maka pembuatan diagram LoB dengan menggunakan diagram garis pekerjaan beton tersebut adalah sebagai berikut.

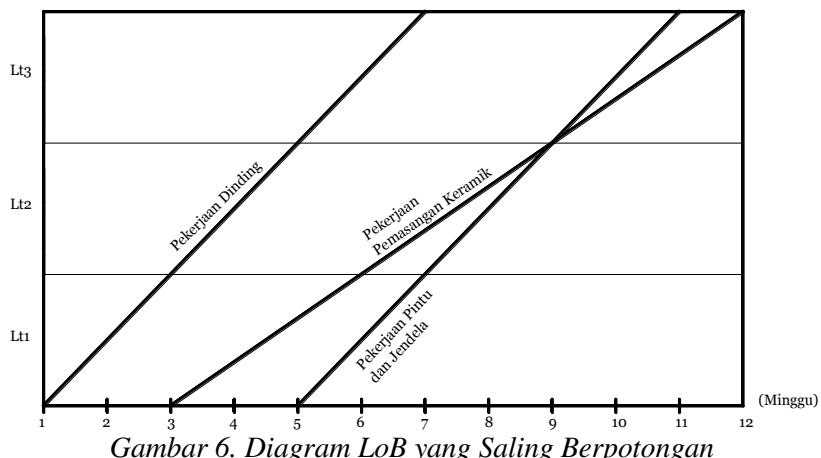


Gambar 4. LoB Pekerjaan Beton Dalam Bentuk Diagram Garis



Gambar 5. LoB Pekerjaan Beton Dalam Bentuk Diagram Block

Dalam penggunaan diagram garis maupun diagram *block* pada LoB mungkin terjadi perpotongan diagram pekerjaan yang satu dengan yang lain. Perpotongan diagram ini boleh terjadi apabila item-item pekerjaan yang berpotongan mempunyai tenaga kerja (*resource*) yang berbeda-beda dan pada lokasi pelaksanaan pekerjaan masih terdapat ruang gerak (*space*) untuk masing-masing tenaga kerja sehingga tidak saling mengganggu satu dengan yang lainnya atau boleh juga terjadi bila lokasi pekerjaan (*location*) masing-masing item pekerjaan yang berbeda-beda. Misalnya pekerjaan dinding, pekerjaan pemasangan keramik, dan pekerjaan pintu dan jendela pada proyek gedung 3 lantai. Pekerjaan dinding memiliki durasi pekerjaan 2 minggu per lantai dan dimulai pada minggu ke-1, pekerjaan pemasangan keramik memiliki durasi 3 minggu per lantai dan dimulai pada minggu ke-3, dan pekerjaan pintu dan jendela memiliki durasi 2 minggu per lantai dan dimulai pada minggu ke-5. Adapun diagram LoB-nya adalah sebagai berikut.



Pada gambar 6 diatas terlihat bahwa diagram pekerjaan pemasangan keramik dan pekerjaan pintu dan jendela saling berpotongan. Namun menurut Uher (1996) hal ini tidak menjadi masalah karena pekerjaan pemasangan keramik dan pekerjaan pintu dan jendela dapat dilakukan bersamaan dengan kondisi dimana masing-masing item pekerjaan memiliki tenaga kerja (*resource*) yang

berbeda dan terdapat ruang gerak (*space*) untuk masing-masing tenaga kerja sehingga saat pekerjaan berjalan bersamaan tiap item pekerjaan tidak saling mengganggu satu dengan yang lainnya.

### **Tinjauan Sumber Daya Atau Tingkat Produktivitas *Line of Balance***

Dalam Metode LoB ada dua istilah penting yang berhubungan dengan masing-masing kegiatan, yang pertama yaitu Tingkat Produksi Sumber Daya (*unit resource production rate = rpr*) dan yang kedua yaitu Tingkat Produksi Unit (*unit production rate = upr*). Tingkat produksi sumber daya untuk sebuah kegiatan A,  $rpr_A$ , adalah banyaknya pekerjaan yang dapat dikerjakan oleh sumber daya dalam satu satuan waktu, beberapa kalangan ada yang memakai istilah tingkat produktivitas tenaga kerja (Harris dan Ionnau, 1998 dalam Laksito, 2005).

Dalam bentuk persamaan:

$$rpr_A = \frac{Q_A}{T_A}$$

Dimana:

$rpr_A$  = Produktivitas tenaga kerja A (satuan volume pekerjaan/hari)

$Q_A$  = Banyaknya (volume) pekerjaan kegiatan A (satuan volume pekerjaan)

$T_A$  = Durasi kegiatan A (hari)

Sedangkan tingkat produksi unit adalah jumlah unit pekerjaan berulang yang dapat dikerjakan oleh regu pekerja dalam satu satuan waktu.

$$upr_A = \frac{rpr_A}{Q_A}$$

Dimana:

$upr_A$  = Tingkat produksi unit pada kegiatan A

## **METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam menyusun laporan ini langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- 1) Merumuskan masalah yang akan dibahas.
- 2) Menjabarkan tujuan dari penelitian yang dilakukan.
- 3) Melakukan studi literatur tentang metode *Critical Path Method* (CPM), *Precedence Diagram Method* (PDM), dan *Line of Balance* (LoB) untuk memahami pengertian dan penggunaan masing-masing metode.
- 4) Mengumpulkan data proyek yang bersifat repetitif dalam bentuk diagram *Bar Chart*.
- 5) Mengkonversi data yang didapatkan dalam bentuk penjadwalan *Critical Path Method* (CPM), *Precedence Diagram Method* (PDM), dan *Line of Balance* (LoB).
- 6) Mendiskusikan dan membahas setiap hasil konversi penjadwalan antara metode *Critical Path Method* (CPM), *Precedence Diagram Method* (PDM), dan *Line of Balance* (LoB).
- 7) Membandingkan setiap hasil konversi dari segi penggunaan metode, perhitungan kecepatan produksi, logika ketergantungan, hambatan pada aktifitas kegiatan, dan lintasan kritis.
- 8) Membuat kesimpulan dari hasil komparasi dan memberi saran mengenai penggunaan masing-masing metode penjadwalan sehingga mendapat hasil yang maksimal.

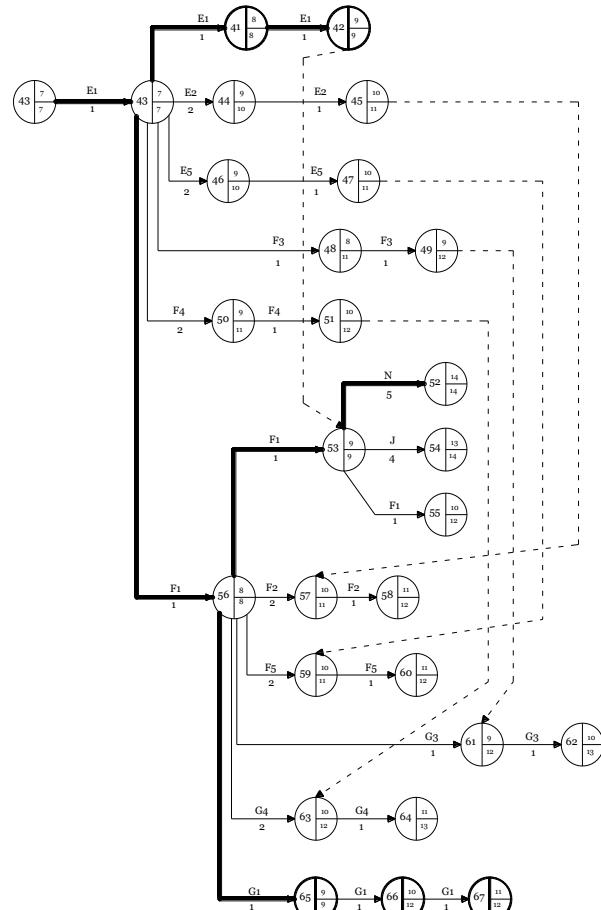
## **HASIL dan PEMBAHASAN**

### **1. Hasil Pembahasan *Critical Path Method* (CPM)**

Pada diagram CPM dapat dilihat secara spesifik bahwa hubungan logika ketergantungan yang dipakai pada semua item pekerjaan yaitu *Finish to Start* (FS). Begitu juga dengan waktu penyelesaian proyek yang dapat diperkirakan karena dihitung secara matematis. Selain itu pada metode CPM juga dapat dilihat adanya lintasan kritis pada suatu jadwal proyek sehingga bila terjadi keterlambatan pada pekerjaan proyek, prioritas pekerjaan yang akan dievaluasi menjadi lebih mudah dilakukan. Item-item pekerjaan yang dilalui oleh lintasan kritis tersebut akan diawasi

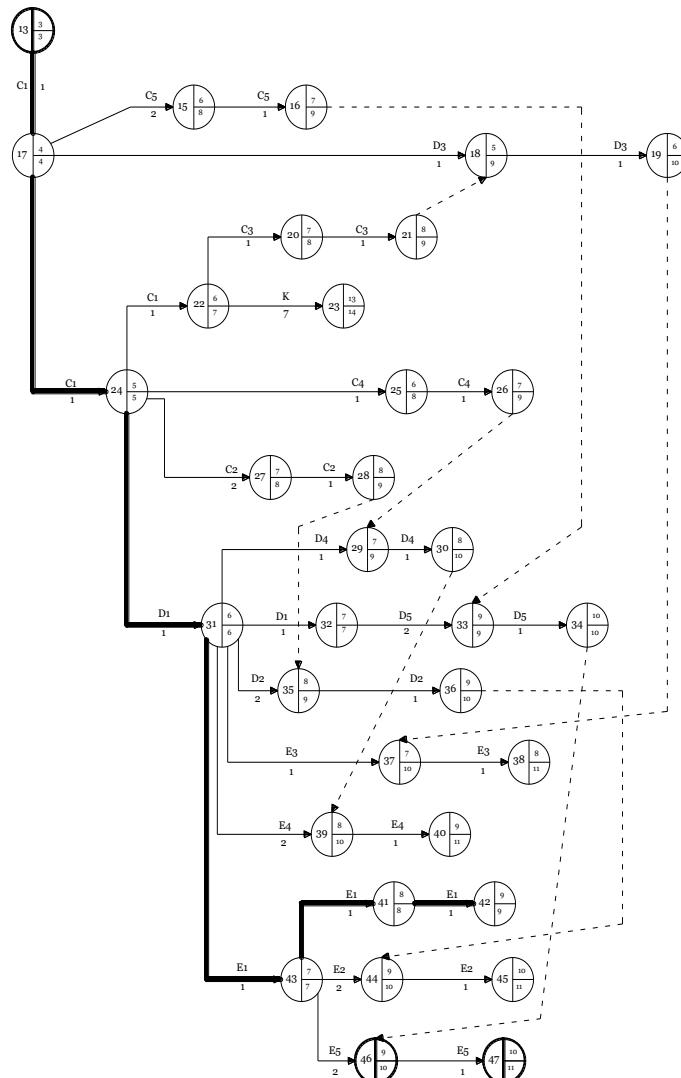
secara ketat agar tidak mengalami keterlambatan karena dapat menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.

Selain kelebihan CPM diatas, ada juga kelemahan pada metode CPM. Hal ini terjadi jika terdapat item kegiatan yang tumpang tindih pada metode CPM suatu proyek dan terdapat item kegiatan yang berulang sehingga penggunaan *dummy* menjadi berlebihan. Begitu juga bila tedapat hubungan logika ketergantungan *Start to Start* yang menyebabkan suatu item pekerjaan dibuat dalam beberapa segmen karena dalam metode CPM hanya mengenal hubungan logika ketergantungan *Finish to Start* (FS) sehingga membuat CPM penjadwalan proyek menjadi sulit untuk dimengerti oleh banyak orang.

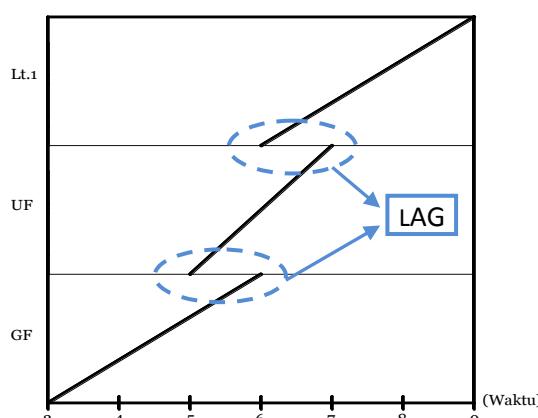


Gambar 7. Penggunaan Dummy dan Pemecahan Kegiatan Pada Critical Path Method

Terlihat pada gambar 7 diatas bahwa item pekerjaan E1 dan F1 masing-masing dipecah menjadi 3 segmen dan dihubungkan dengan dummy untuk menggambarkan hubungan logika ketergantungan kegiatan yang berulang dan tumpang tindih.



Gambar 8. Sampel CPM Proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu Untuk Analisa Inefisiensi Sumber Daya



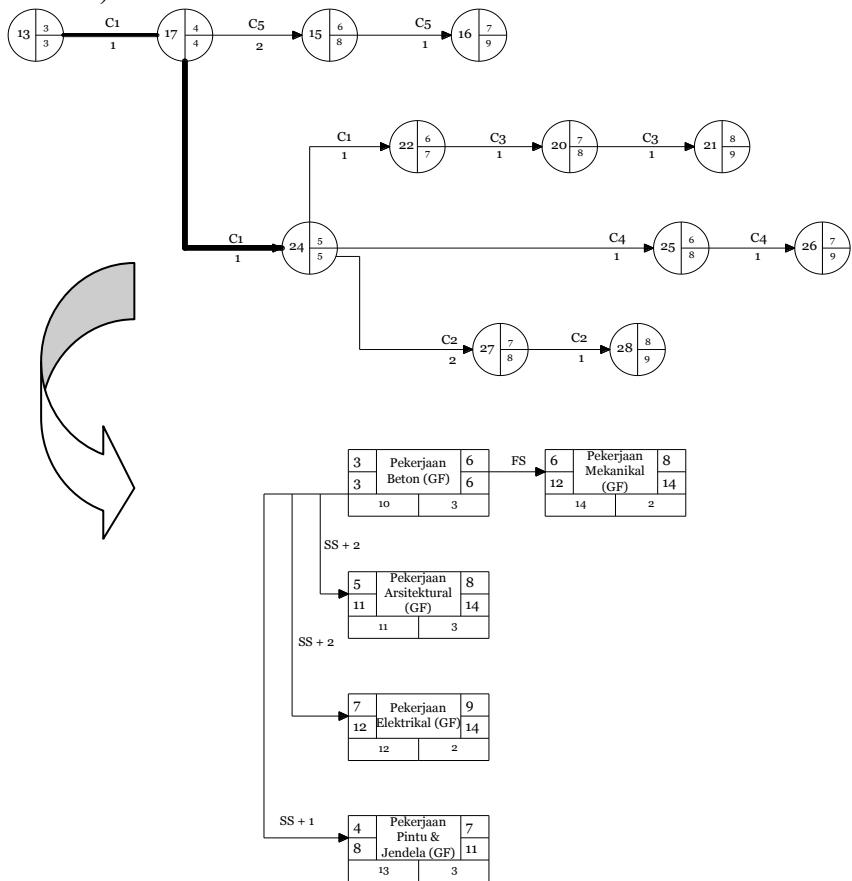
Gambar 9. Inefisiensi Sumber Daya Karena Adanya Lag yang Terjadi Pada Item Pekerjaan Beton Ground Floor, Upper Floor, dan Lantai 1

Pada metode CPM tidak dapat diidentifikasi tingkat produktifitas kegiatan berulang sehingga tidak dapat mendeteksi inefisiensi penggunaan alokasi sumber daya yang disebabkan oleh berhentinya suatu pekerjaan. Terlihat pada gambar 9 diatas adanya percepatan dari waktu mulainya

suatu item pekerjaan mendahului item pekerjaan sebelumnya. Hal ini menyebabkan adanya penambahan sumber daya manusia untuk mengerjakan item pekerjaan yang mulai dikerjakan sebelum pekerjaan yang mendahulunya selesai. Dengan demikian dapat ditunjukkan bahwa CPM tidak dapat mempertahankan kontinyuitas tingkat produktifitas kegiatan berulang sehingga terjadi inefisiensi penggunaan alokasi sumber daya akibat terdapatnya penumpukan pekerjaan pada suatu waktu.

## 2. Hasil Pembahasan *Precedence Diagram Method (PDM)*

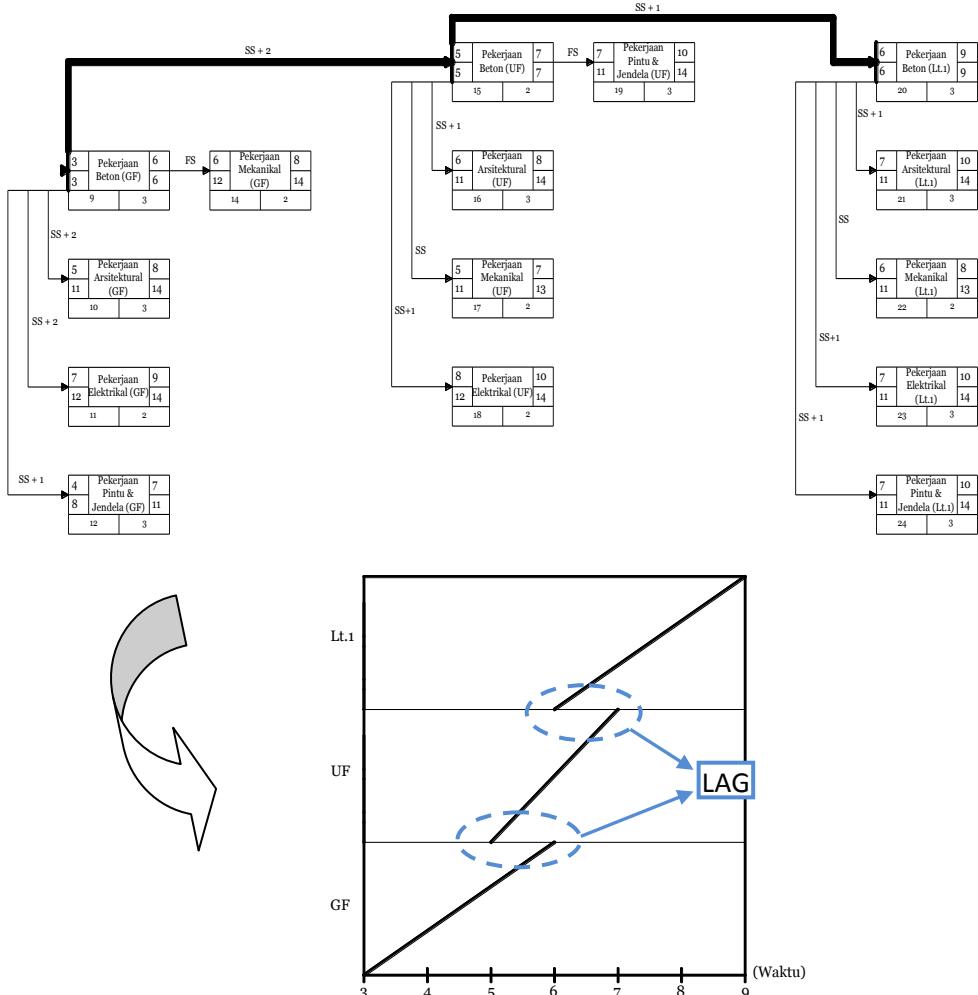
Pada dasarnya perhitungan pada PDM ini mempunyai kesamaan dengan CPM, hanya yang membedakan adalah pada pemakaian hubungan ketergantungan, dimana PDM mempunyai empat hubungan ketergantungan. Sehingga diagram PDM tersebut nampak relatif lebih sederhana bila dibandingkan dengan CPM dikarenakan hubungan *overlapping* dari kegiatan yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan. Oleh karena itu, metode ini lebih cocok bila digunakan untuk penjadwalan kegiatan yang tumpang tindih atau berulang dari pada menggunakan CPM (lihat gambar 10 dibawah ini)



Gambar 10. Diagram CPM yang Dikonversi Ke Bentuk PDM

Terlihat dari gambar 10 diatas, tampilan diagram PDM nampak lebih sederhana bila dibandingkan dengan diagram CPM, dengan item kegiatan yang lebih sedikit. Dari 12 item kegiatan dengan menggunakan CPM bisa menjadi 5 item kegiatan dengan PDM. Oleh karena itu, dari segi tampilan PDM ini lebih cocok digunakan untuk proyek yang mempunyai kegiatan tumpang tindih atau *overlapping* dari pada CPM. Selain tampilannya yang relatif sederhana, diagram PDM juga dapat menunjukkan hubungan logika ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan yang lain secara spesifik. PDM juga dapat menunjukkan lintasan kritis kegiatan proyek sehingga apabila terjadi keterlambatan proyek, prioritas pekerjaan proyek yang akan dikoreksi menjadi mudah dilakukan. Selain memiliki beberapa kelebihan diatas, PDM masih tetap belum dapat memperlihatkan perhitungan kecepatan produksi dan hambatan atau gangguan antar

kegiatan, sehingga untuk kegiatan yang berulang akan dijumpai adanya penumpukan pekerjaan. Misalnya pada item pekerjaan beton apabila di transfer ke dalam bentuk diagram LoB maka akan terlihat adanya penumpukan kegiatan seperti gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11. Diagram PDM yang Dikonversi ke Diagram LoB

Terlihat pada gambar 11 diatas adanya percepatan dari waktu mulainya suatu item pekerjaan mendahului item pekerjaan sebelumnya. Hal ini menyebabkan adanya penambahan sumber daya manusia untuk mengerjakan item pekerjaan yang mulai dikerjakan sebelum pekerjaan yang mendahulunya selesai. Dengan demikian dapat ditunjukkan bahwa PDM tidak dapat mempertahankan kontinyuitas tingkat produktifitas kegiatan berulang sehingga terjadi inefisiensi penggunaan alokasi sumber daya akibat terdapatnya penumpukan pekerjaan pada suatu waktu.

### 3. Hasil Pembahasan Line of Balance (LoB)

#### LoB Proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu

Dalam mengaplikasikan metode LoB pada suatu penjadwalan proyek harus memperhatikan item pekerjaannya karena tidak semua item pekerjaan dapat dijadwalkan dengan metode LoB ini, hanya item pekerjaan yang berulang saja yang dapat dijadwalkan.

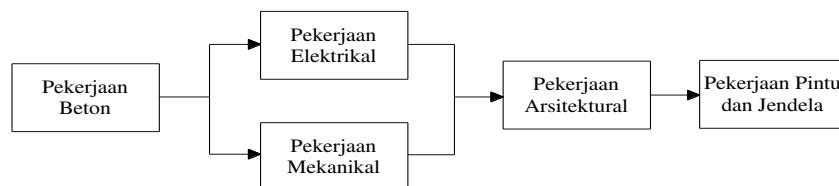
Dalam mengaplikasikan metode LoB pada suatu penjadwalan proyek harus memperhatikan item pekerjaannya karena tidak semua item pekerjaan dapat dijadwalkan dengan metode LoB ini, hanya item pekerjaan yang berulang saja yang dapat dijadwalkan, seperti contoh di bawah ini, item pekerjaan yang berulang pada proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu yang berdasarkan data *Bar Chart*-nya terdapat pada tujuh lantai tipikal. Item-item pekerjaan tiap lantai tipikal terdiri dari

pekerjaan beton, arsitektural, mekanikal, elektrikal, pintu dan jendela. Asumsi durasi per siklus pekerjaan berdasarkan pada data durasi *Bar Chart* di tiap lantai tipikal adalah sebagai berikut.

*Tabel 2 Daftar Paket Pekerjaan Pada Tiap Lantai Tipikal*

NO	Item Pekerjaan	Durasi per Siklus pekerjaan (bulan)
1	Pekerjaan Beton	3
2	Pekerjaan Arsitektural	3
3	Pekerjaan Mekanikal	2
4	Pekerjaan Elektrikal	3
5	Pekerjaan Pintu dan Jendela	3

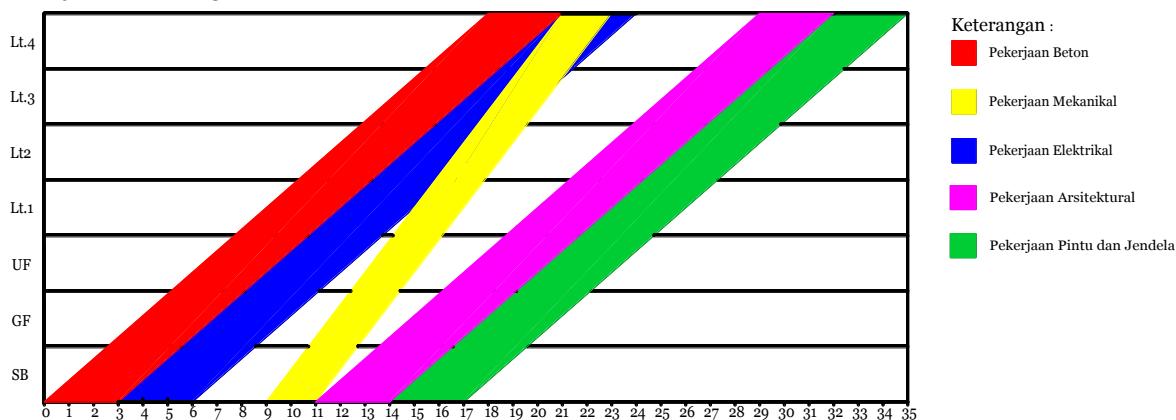
Sebelum membuat diagram LoB, terlebih dahulu dibuat hubungan logika ketergantungan dari paket pekerjaan tersebut. *Network diagram* dari paket pekerjaan tiap lantai tipikal adalah sebagai berikut.



*Gambar 12. Hubungan Logika Ketergantungan Paket Pekerjaan Proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu*

Setelah itu waktu *Start* dan *Finish* dari paket pekerjaan keseluruhan tujuh lantai tipikal proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu dihitung. Sebagai contoh : Total durasi dari paket pekerjaan beton adalah : 3 bulan/lantai X 7 lantai = 21 bulan. Adapun durasi dari keseluruhan paket pekerjaan diatas ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Berdasarkan perhitungan tabel 2 diatas, diperkirakan waktu untuk penyelesaian lantai pertama adalah pada bulan ke-17, yaitu waktu penyelesaian dari siklus pertama pada paket pekerjaan pintu dan jendela (14+3bulan). *Delivery rate* untuk tiap lantai berikutnya adalah tiap 3 bulan sesudahnya. Jadi total durasi waktu penyelesaian proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu adalah 35 bulan. Diagram LoB pada proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu ditunjukkan oleh gambar dibawah ini.



*Gambar 13. Diagram LoB Proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu*

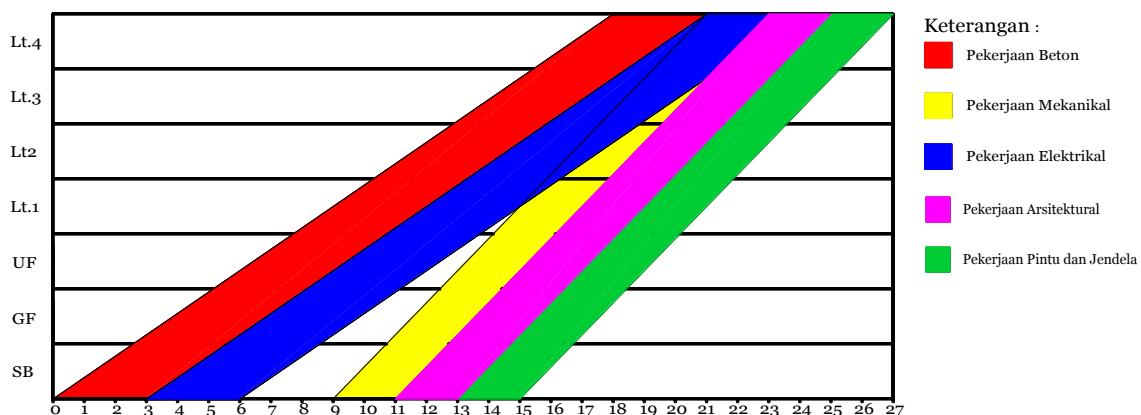
Dari diagram LoB gambar 13 diatas, pekerjaan yang saling mengganggu dapat dengan mudah terdeteksi, yaitu: paket pekerjaan mekanikal memotong paket pekerjaan elektrikal. Selain itu dengan jelas dapat diperlihatkan bahwa dengan mempercepat siklus waktu dari paket pekerjaan arsitektural dan paket pekerjaan pintu dan jendela, maka durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan dapat dikurangi. Misalnya siklus pekerjaan arsitektural dan siklus pekerjaan pintu dan jendela masing-masing dipercepat dari 3 bulan per siklus pekerjaannya menjadi 2 bulan per siklus

pekerjaannya, maka durasi dari keseluruhan paket pekerjaan proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu berubah menjadi sebagai berikut.

*Tabel 3 Perbaikan 1 LoB Schedule Pada Proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu*

Item Pekerjaan	Duras/siklus pekerjaan (bulan)	Durasi Total	Start Paket	Finish Paket
Pekerjaan Beton	3	21	0	21
Pekerjaan Mekanikal	2	14	9	23
Pekerjaan Elektrikal	3	21	3	24
Pekerjaan Arsitektural	2	14	11	25
Pekerjaan Pintu dan Jendela	2	14	13	27

Berdasarkan perhitungan tabel 3 diatas, diperkirakan waktu penyelesaian untuk lantai pertama adalah pada bulan ke-15, yaitu waktu penyelesaian dari siklus pertama pada paket pekerjaan pintu dan jendela (13+2 bulan) dan total durasi penyelesaian proyek adalah 27 bulan. Jadi waktu penyelesaian proyek menjadi lebih cepat 8 bulan dari jadwal LoB semula, yaitu dari 35 bulan menjadi 27 bulan. Adapun diagram LoB perbaikan 1 pada proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu adalah sebagai berikut.



*Gambar 14. Perbaikan 1 Diagram LoB Proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu*

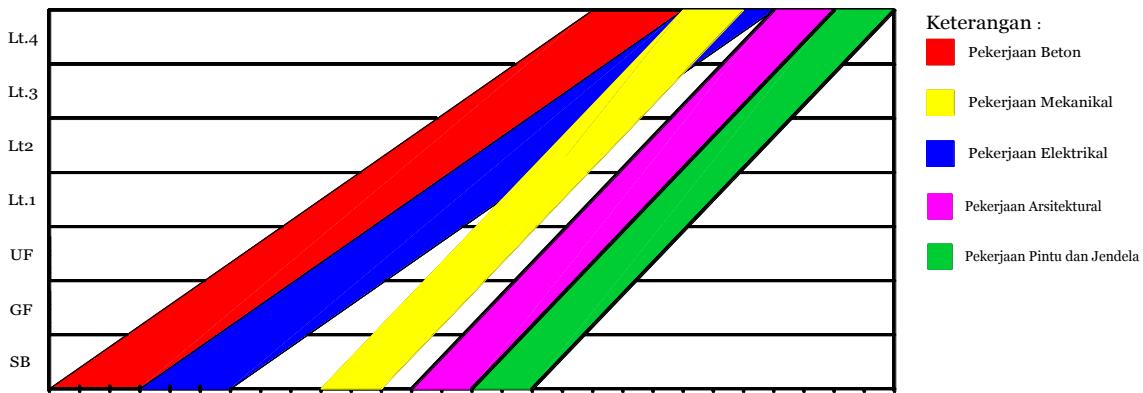
Dari diagram perbaikan 1 gambar 14 diatas, tampak durasi penyelesaian proyek menjadi lebih cepat namun masih terdapat adanya kegiatan yang saling mengganggu, yaitu pada paket pekerjaan elektrikal, paket pekerjaan mekanikal, dan paket pekerjaan arsitektural. Oleh karena itu, agar tidak saling mengganggu jalannya pekerjaan sebaiknya paket pekerjaan arsitektural dan paket pekerjaan pintu dan jendela digeser setelah paket pekerjaan elektrikal selesai. Sedangkan untuk pekerjaan mekanikal tidak perlu digeser terhadap pekerjaan elektrikal karena dua item pekerjaan tersebut dapat dilakukan bersamaan dan masing-masing pekerjaan tersebut tidak saling mengganggu. Sehingga durasi dari keseluruhan paket pekerjaan proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu menjadi sebagai berikut.

*Tabel 4 Perbaikan 2 LoB Schedule Pada Proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu*

Item Pekerjaan	Duras/siklus pekerjaan (bulan)	Durasi Total	Start Paket	Finish Paket
Pekerjaan Beton	3	21	0	21
Pekerjaan Mekanikal	2	14	9	23
Pekerjaan Elektrikal	3	21	3	24
Pekerjaan Arsitektural	2	14	12	26
Pekerjaan Pintu dan Jendela	2	14	14	28

Berdasarkan perhitungan tabel 4 diatas, diperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan menjadi 28 bulan dengan penyelesaian untuk lantai pertama adalah pada bulan ke-16 yaitu waktu penyelesaian siklus pertama pada paket pekerjaan pintu dan jendela (14+2 bulan).

Adapun diagram LoB perbaikan 2 pada proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu adalah sebagai berikut.



Gambar 15. Perbaikan 2 Diagram LoB Proyek Pembangunan Hotel Merapi Merbabu

Dari diagram perbaikan 2 gambar 15 tampak durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan menjadi 28 bulan, dimana lebih cepat 7 bulan dari jadwal LoB yang semula 35 bulan dan sudah tidak ada lagi kegiatan yang saling mengganggu. Perbaikan tersebut dilakukan dengan cara menggeser paket pekerjaan arsitektural yang semula dimulai pada bulan ke-11 menjadi bulan ke-12 dan paket pekerjaan pintu dan jendela yang semula dimulai pada bulan ke-13 menjadi bulan ke-14.

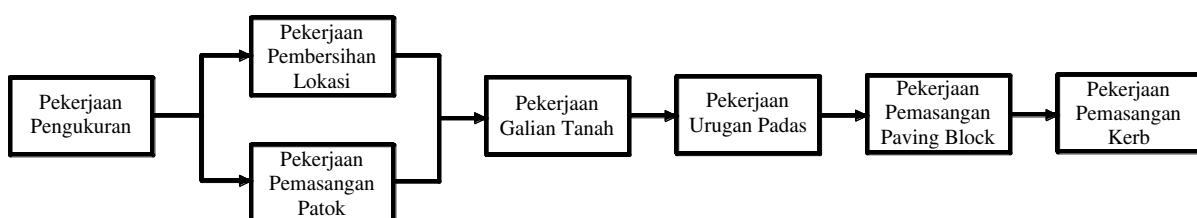
### LoB Proyek Peningkatan Jalan dan Pembuatan Saluran Pondok Pati

Pada tipikal pekerjaan peningkatan jalan Pondok Pati dibagi menjadi 2 *section*, yaitu *section* 1 dari STA 0+000 sampai STA 0+116,5 dan *section* 2 dari STA 0+116,5 sampai STA 0+233. Divisi pekerjaan tiap *section* tersebut terdiri dari pekerjaan Pengukuran, Pembersihan Lokasi, Pemasangan Patok, Galian Tanah dibuang keluar lokasi, Urugan Padas, Pemasangan *Paving Block* abu-abu (tebal 10cm, K-400) dengan pasir 6cm, dan Pemasangan *Kerb* tipe A (15/20X30X50). Adapun daftar divisi pekerjaan dan durasi dari paket pekerjaan tiap *section* adalah sebagai berikut.

Tabel 5 Daftar Divisi Pekerjaan Peningkatan Jalan Pondok Pati

No	Divisi	Durasi Per Siklus Pekerjaan (Hari)
1	Pekerjaan pengukuran	2
2	Pekerjaan pembersihan lokasi	2,5
3	Pekerjaan pemasangan patok	3,5
4	Pekerjaan galian tanah dibuang keluar lokasi	9,5
5	Pekerjaan urugan padas	7
6	Pekerjaan pemasangan <i>paving block</i> abu-abu (tebal 10cm, K-400) dengan pasir 6cm	24,5
7	Pekerjaan pemasangan <i>kerb</i> tipe A (15/20X30X50)	10,5

Sebelum membuat diagram LoB lebih dahulu dibuat logika ketergantungan dari paket pekerjaan tersebut. *Network diagram* dari divisi tiap *section* pekerjaan tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 16. Hubungan Logika Ketergantungan Paket Pekerjaan Peningkatan Jalan

Setelah itu waktu *Start* dan *Finish* dari divisi pekerjaan keseluruhan dari 2 *section* tipikal pekerjaan peningkatan jalan tersebut dihitung. Sebagai contoh total durasi dari paket pekerjaan pengukuran adalah 2 hari/*section* X 2 *section* = 4 hari. Adapun durasi dari keseluruhan paket pekerjaan peningkatan jalan ditunjukkan pada tabel 5.6 dibawah.

Karena durasi waktu siklus pekerjaan bervariasi untuk tiap divisi pekerjaan, maka apabila durasi divisi pekerjaan yang mengikuti (*successor*) lebih cepat, dijadwalkan dari akhir divisi pekerjaan yang mendahului (*predecessor*) atau dengan kata lain menggunakan hubungan logika ketergantungan *Finish to Finish*. Sedangkan bila durasi dari *successor* lebih lambat maka dijadwalkan setelah siklus pertama dari divisi pekerjaan yang mendahului (*predecessor*) selesai atau dengan kata lain menggunakan hubungan logika ketergantungan *Start to Start* (SS).

Sebagai contoh divisi pekerjaan pemasangan *kerb* (lihat tabel 5) didefinisikan memiliki total yang lebih cepat dari paket pekerjaan pemasangan *paving block*. Oleh karena itu, paket pekerjaan pemasangan *kerb* dijadwalkan dari akhir divisi pekerjaan yang mendahului, yaitu dari akhir divisi pemasangan *paving block* pada hari ke-70, sehingga diharapkan paket pekerjaan pemasangan *kerb* akan selesai pada hari ke-80,5 (70 + 10,5 hari).

Sedangkan divisi pekerjaan pembersihan lokasi adalah contoh dari divisi pekerjaan yang mengikuti (*successor*) yang lebih lambat dari *predecessor*-nya yaitu pekerjaan pengukuran. Oleh karena itu pekerjaan pembersihan lokasi dijadwalkan setelah siklus pertama divisi pekerjaan pengukuran selesai, yaitu pada hari ke-2 (0+2 hari), sehingga diharapkan divisi pekerjaan pembersihan lokasi selesai pada hari ke-7 (2+5 hari). Untuk lebih jelasnya ditunjukkan pada tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6 LoB Schedule Paket Pekerjaan Peningkatan Jalan Pondok Pati

No	Divisi	Durasi Per Siklus Pekerjaan (Hari)	Durasi Total	Start Paket	Finish Paket
1	Pekerjaan pengukuran	2	4	0	4
2	Pekerjaan pembersihan lokasi	2,5	5	2	7
3	Pekerjaan pemasangan patok	3,5	7	2	9
4	Pekerjaan galian tanah dibuang keluar lokasi	9,5	19	5,5	24,5
5	Pekerjaan urugan padas	7	14	17,5	31,5
6	Pekerjaan pemasangan <i>paving block</i> abu-abu (tebal 10cm, k400) dengan pasir 6cm	24,5	49	24,5	73,5
7	Pekerjaan pemasangan <i>kerb</i> tipe A (15/20x30x50)	10,5	21	63	84

Berdasarkan perhitungan tabel 6 diatas diperkirakan waktu untuk penyelesaian *section* 1 adalah 71 hari, yaitu waktu penyelesaian dari siklus pertama pada divisi pekerjaan pemasangan *kerb* (60,5+10,5 hari). *Delivery rate* untuk tiap *section* berikutnya adalah tiap 10,5 hari sesudahnya. Jadi, total durasi waktu penyelesaian proyek adalah 81,5 hari. Adapun diagram LoB pada proyek Peningkatan Jalan Pondok Pati ditunjukkan pada gambar 16 dibawah.

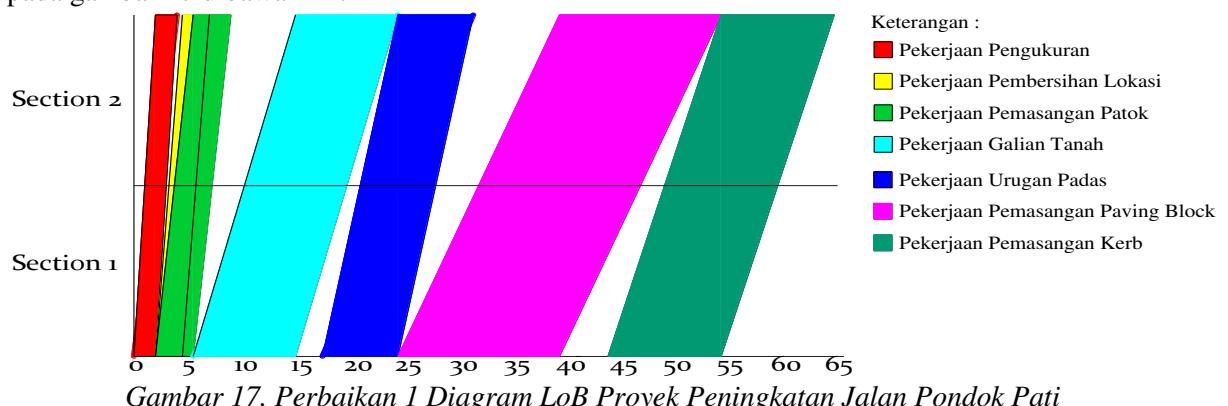


Dari diagram diatas, pekerjaan yang saling berpotongan dapat dengan mudah terdeteksi, yaitu pada divisi pekerjaan pembersihan lokasi dan divisi pekerjaan pemasangan patok, tetapi kedua item pekerjaan tersebut dapat dikerjakan secara bersamaan karena tidak saling mengganggu. Selain itu, dengan jelas dapat diperlihatkan bahwa dengan mempercepat siklus waktu dari paket pekerjaan pemasangan *paving block*, maka durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan dapat dikurangi. Misalnya siklus waktu pekerjaan pemasangan *paving block* dipercepat dari 24,5 hari/*section* menjadi 15 hari/*section*, maka durasi keseluruhan paket pekerjaan proyek Peningkatan Jalan Pondok Pati berubah sebagai berikut.

*Tabel 7 Perbaikan LoB Schedule Paket Pekerjaan Peningkatan Jalan Pondok Pati*

No	Divisi	Durasi Per Siklus Pekerjaan (Hari)	Durasi Total	Start Paket	Finish Paket
1	Pekerjaan pengukuran	2	4	0	4
2	Pekerjaan pembersihan lokasi	2,5	5	2	7
3	Pekerjaan pemasangan patok	3,5	7	2	9
4	Pekerjaan galian tanah dibuang keluar lokasi	9,5	19	5,5	24,5
5	Pekerjaan urugan padas	7	14	17,5	31,5
6	Pekerjaan pemasangan <i>paving block</i> abu-abu (tebal 10cm, K-400) dengan pasir 6cm	15	30	24,5	54,5
7	Pekerjaan pemasangan <i>kerb</i> tipe A (15/20x30x50)	10,5	21	44	65

Berdasarkan perhitungan tabel 7 diatas diperkirakan waktu penyelesaian untuk *section* 1 adalah pada hari ke-54,5, yaitu waktu penyelesaian dari siklus pertama pada divisi pekerjaan pemasangan *kerb* (44+10,5 hari). *Delivery rate* untuk setiap *section* berikutnya adalah tiap 10,5 hari sesudahnya. Adapun diagram perbaikan LoB proyek Peningkatan Jalan Pondok Pati ditunjukkan pada gambar 17 dibawah ini.



*Gambar 17. Perbaikan 1 Diagram LoB Proyek Peningkatan Jalan Pondok Pati*

Dari diagram perbaikan 2 pada gambar 17 diatas, tampak durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan menjadi 65 hari dimana lebih cepat 16,5 hari dari jadwal LoB yang semula 84 hari dan sudah tidak ada lagi kegiatan yang saling mengganggu.

#### **LoB Pekerjaan Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati**

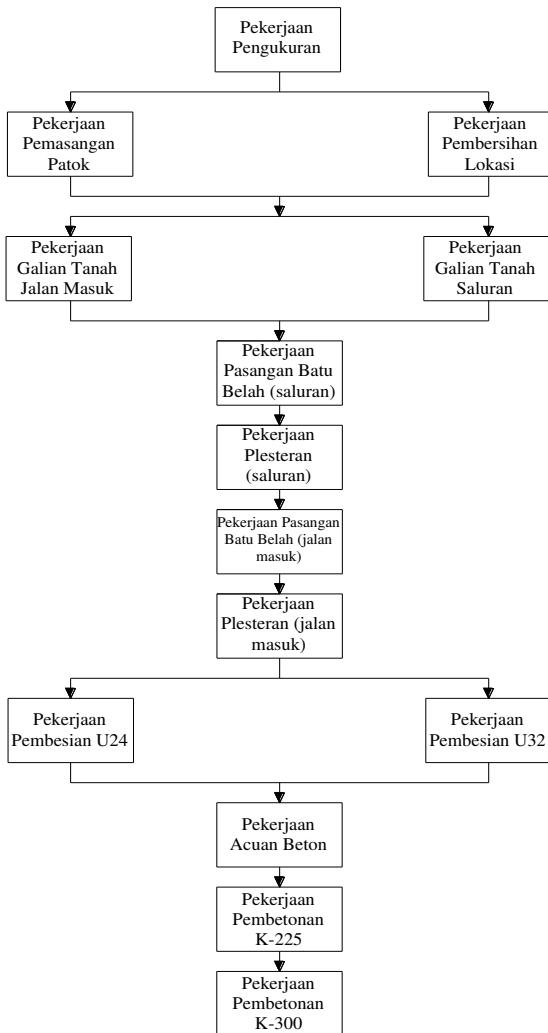
Untuk proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati ini juga merupakan proyek linier, dimana yang menyebabkan berulang adalah geometri *layout*-nya. Proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati mempunyai panjang 304m. Pada pembuatan penjadwalan dengan metode LoB diasumsikan proyek ini terbagi dalam 2 *section*, yaitu *section* 1 dari STA 0+000 sampai STA 0+152 dan *section* 2 dari STA 0+152 sampai STA 0+304.

Proyek ini terbagi menjadi 2 bagian pekerjaan yang berbeda, yaitu pembuatan saluran dan pelebaran jalan. Divisi dari pekerjaan tiap *section* tersebut terdiri dari pekerjaan pengukuran, pembersihan lokasi, pemasangan patok, galian tanah disekitar jalan masuk, galian tanah untuk saluran, pasangan batu belah 1,5, plesteran 1,5, sedangkan untuk pelebaran jalan masuk mempunyai divisi pekerjaan yaitu pekerjaan pasangan batu belah 1,5, plesteran 1,5, pembesian U24, pembesian U23, beton K-225 untuk perlakuan, beton K-300 untuk plat beton, dan acuan beton. Adapun daftar divisi pekerjaan dan durasi pekerjaan daripada tiap *section* adalah sebagai berikut.

*Tabel.8 Daftar Divisi Pekerjaan Proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati*

No	Divisi	Durasi Pekerjaan per Siklus (Hari)
1	Pekerjaan pengukuran	2
2	Pekerjaan pembersihan lokasi	2,5
3	Pekerjaan pemasangan patok	3,5
4	Pekerjaan galian tanah disekitar jalan masuk	7
5	Pekerjaan galian tanah untuk saluran	7
6	Pekerjaan pasangan batu belah 1,5	14
7	Pekerjaan plesteran 1,5	10,5
8	Pekerjaan pasangan batu belah 1,5	7
9	Pekerjaan plesteran 1,5	7
10	Pekerjaan pembesian U24	7
11	Pekerjaan pembesian U32	7
12	Pekerjaan beton K-225 untuk perlakuan	3,5
13	Pekerjaan beton K-300 untuk plat beton	3,5
14	Pekerjaan acuan beton	3,5

Sebelum membuat diagram LoB, terlebih dahulu dibuat hubungan logika ketergantungan dari paket kegiatan tersebut dibuat. Adapun *network diagram* dari divisi pekerjaan tiap *section* adalah sebagai berikut.



*Gambar 18. Network Diagram Dari Divisi Pekerjaan Proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati*

Setelah itu waktu *start* dan *finish* dari divisi pekerjaan keseluruhan 2 *section* proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati dihitung. Sebagai contoh total durasi dari pekerjaan acuan beton adalah 7 hari/*section* X 2 *section* = 14 hari. Adapun keseluruhan durasi paket pekerjaan diatas ditunjukkan pada tabel 5.9 dibawah.

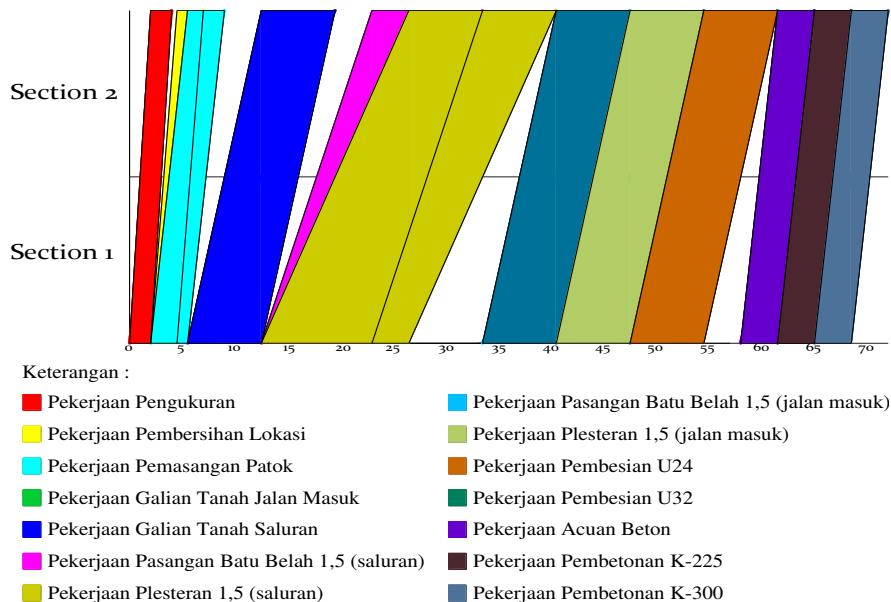
Karena durasi waktu siklus pekerjaan bervariasi untuk tiap divisi pekerjaan, maka apabila durasi pekerjaan yang mengikuti (*successor*) lebih cepat dari *predecessor*-nya, maka dijadwalkan dari akhir divisi pekerjaan mendahului (*predecessor*) atau dengan kata lain menggunakan logika ketergantungan *Finish to Finish*. Sedangkan bila durasi *successor* lebih lambat, maka dijadwalkan setelah siklus pertama dari divisi pekerjaan yang mendahului (*predecessor*) selesai atau dengan kata lain menggunakan logika ketergantungan *Start to Start*.

Sebagai contoh divisi pekerjaan acuan beton (lihat tabel 9) didefinisikan mempunyai durasi total yang lebih cepat dari divisi pekerjaan pemasangan U32. Oleh karena itu paket pekerjaan acuan beton dijadwalkan diakhir divisi pekerjaan yang mendahului, yaitu dari akhir divisi pemasangan U24 pada hari ke-61,5 sehingga diharapkan paket pekerjaan acuan beton akan selesai pada hari ke-65 (61,5+3,5 hari). Sedangkan divisi pekerjaan pembersihan lokasi adalah contoh dari divisi pekerjaan yang mengikuti (*successor*) yang lebih lambat dari *predecessor*-nya yaitu divisi pekerjaan pengukuran. Oleh karena itu, divisi pekerjaan pembersihan lokasi dijadwalkan setelah siklus pertama divisi pekerjaan pengukuran selesai. Yaitu pada hari ke-2 (0+2 hari). Untuk lebih lengkapnya lihat tabel 9 dibawah ini.

*Tabel 9 LoB Schedule Proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati*

No	Divisi	Durasi Pekerjaan per Siklus (Hari)	Durasi Total	Start Paket	Finish Paket
1	Pekerjaan pengukuran	2	4	0	4
2	Pekerjaan pembersihan lokasi	2,5	5	2	7
3	Pekerjaan pemasangan patok	3,5	7	2	9
4	Pekerjaan galian tanah disekitar jalan masuk	7	14	5,5	19,5
5	Pekerjaan galian tanah untuk saluran	7	14	5,5	19,5
6	Pekerjaan pasangan batu belah 1,5	14	28	12,5	40,5
7	Pekerjaan plesteran 1,5	10,5	21	12,5	33,5
8	Pekerjaan pasangan batu belah 1,5	7	14	33,5	47,5
9	Pekerjaan plesteran 1,5	7	14	40,5	54,5
10	Pekerjaan pembesian U24	7	14	47,5	61,5
11	Pekerjaan pembesian U32	7	14	47,5	61,5
12	Pekerjaan acuan beton	3,5	7	58	65
13	Pekerjaan beton K-225 untuk perletakan	3,5	7	61,5	68,5
14	Pekerjaan beton K-300 untuk plat beton	3,5	7	65	72

Berdasarkan perhitungan tabel 9 diatas untuk penyelesaian *section* 1 adalah pada hari ke-68,5 yaitu waktu penyelesaian siklus pertama pada divisi pekerjaan beton K-300 (65+3,5 hari). *Delivery rate* untuk setiap *section* berikutnya adalah 3,5 hari sesudahnya. Jadi total durasi penyelesaian proyek adalah 72 hari. Adapun diagram LoB pada proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati sebagai berikut.



*Gambar 19. Diagram LoB Proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati*

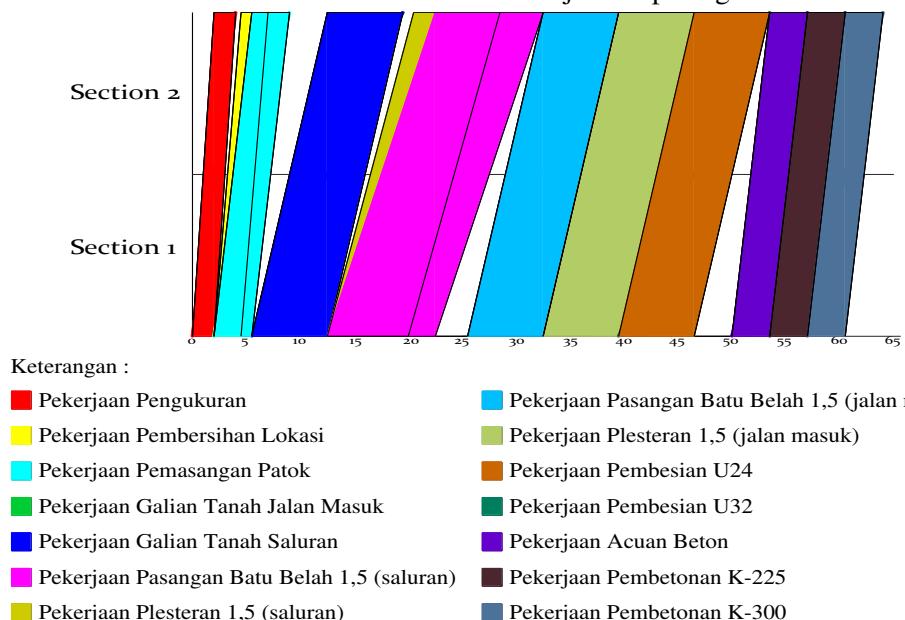
Dari diagram LoB pada gambar 19 diatas, pekerjaan yang saling berpotongan dapat dengan mudah terdeteksi, yaitu pada divisi pekerjaan pembersihan lokasi dan divisi pekerjaan pemasangan patok, divisi pekerjaan pasangan batu belah dan divisi pekerjaan plesteran, serta ada empat divisi pekerjaan yang saling berimpitan yaitu divisi pekerjaan galian tanah disekitar jalan masuk berimpitan dengan divisi pekerjaan galian tanah saluran, serta divisi pekerjaan pembesian U24 berimpitan dengan divisi pekerjaan pembesian U32. Selain itu, dengan jelas dapat diperlihatkan bahwa dengan mempercepat siklus waktu dari paket pekerjaan pasangan batu belah 1,5 dan plesteran 1,5 pada pelebaran jalan, maka durasi pekerjaan proyek secara keseluruhan dapat

dikurangi. Misalnya siklus pekerjaan pasangan batu belah 1,5 pada pelebaran jalan dipercepat dari 14 hari per *section* menjadi 10 hari per *section* serta siklus pekerjaan plesteran 1,5 pada pelebaran jalan dipercepat dari 10,5 hari per *section* menjadi 8 hari per *section*, maka durasi dari keseluruhan paket pekerjaan proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati sebagai berikut.

*Tabel 10 Perbaikan 1 LoB Schedule Pada Proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati*

No	Divisi	Durasi Pekerjaan per Siklus (Hari)	Durasi Total	Start Paket	Finish Paket
1	Pekerjaan pengukuran	2	4	0	4
2	Pekerjaan pembersihan lokasi	2,5	5	2	7
3	Pekerjaan pemasangan patok	3,5	7	2	9
4	Pekerjaan galian tanah disekitar jalan masuk	7	14	5,5	19,5
5	Pekerjaan galian tanah untuk saluran	7	14	5,5	19,5
6	Pekerjaan pasangan batu belah 1,5	10	20	12,5	32,5
7	Pekerjaan plesteran 1,5	8	16	12,5	28,5
8	Pekerjaan pasangan batu belah 1,5	7	14	25,5	39,5
9	Pekerjaan plesteran 1,5	7	14	32,5	46,5
10	Pekerjaan pembesian U24	7	14	39,5	53,5
11	Pekerjaan pembesian U32	7	14	39,5	53,5
12	Pekerjaan acuan beton	3,5	7	50	53,5
13	Pekerjaan beton K-225 untuk perletakan	3,5	7	53,5	60,5
14	Pekerjaan beton K-300 untuk plat beton	3,5	7	57	64

Berdasarkan perhitungan tabel 5.10 diatas, diperkirakan waktu penyelesaian untuk *section* 1 adalah pada hari ke-60,5, yaitu waktu penyelesaian dari siklus pertama pada divisi pekerjaan pembetonan K-300 (57+3,5 hari). *Delivery rate* untuk tiap *section* berikutnya adalah tiap 3,5 hari sesudahnya. Jadi, waktu penyelesaian proyek menjadi lebih cepat 8 hari dari jadwal LoB semula, yaitu dari 72 hari menjadi 64 hari. Adapun diagram LoB perbaikan 1 pada proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



*Gambar 20. Perbaikan 1 Diagram LoB proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati*

Dari diagram perbaikan 1 diatas, tampak durasi penyelesaian proyek menjadi lebih cepat, namun masih terdapat adanya kegiatan yang saling berpotongan yaitu pada divisi pekerjaan pembersihan lokasi yang berpotongan dengan divisi pekerjaan pemasangan patok dan divisi pekerjaan pasangan batu belah yang berpotongan dengan divisi pekerjaan plesteran. Untuk divisi pekerjaan pembersihan lokasi yang berpotongan dengan divisi pekerjaan pemasangan patok tidak saling mengganggu sehingga dapat dikerjakan bersamaan (lihat sub bab 2.3.3.3). Tetapi untuk divisi pekerjaan pasangan batu belah yang berpotongan dengan divisi pekerjaan plesteran akan saling mengganggu bila dikerjakan secara bersamaan.

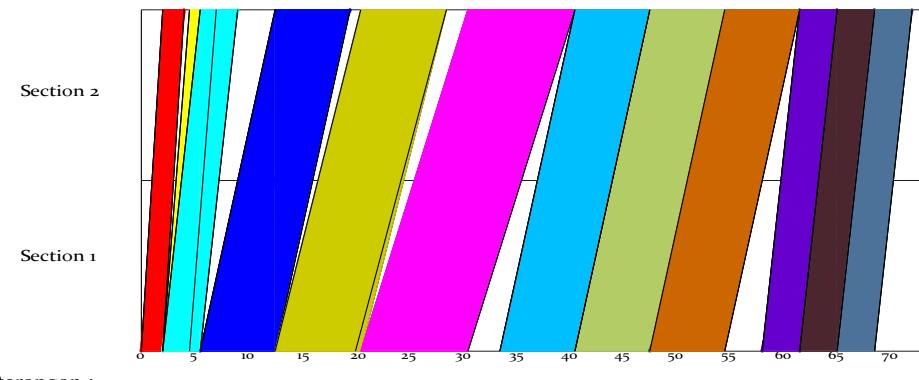
Kemudian ada empat divisi pekerjaan yang saling berimpitan yaitu divisi pekerjaan galian tanah disekitar jalan masuk berimpitan dengan divisi pekerjaan galian tanah saluran, serta divisi pekerjaan pembesian U24 berimpitan dengan divisi pekerjaan pembesian U32. Untuk keempat item pekerjaan ini tidak saling mengganggu walaupun dikerjakan secara bersamaan karena lokasi masing-masing pekerjaan yang berbeda.

Oleh karena itu, agar tidak saling mengganggu jalannya pekerjaan sebaiknya divisi pekerjaan plesteran 1,5 (saluran) digeser setelah divisi pekerjaan pasangan batu belah 1,5 (saluran). Sehingga durasi dari keseluruhan paket pekerjaan proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati berubah menjadi sebagai berikut.

*Tabel 11 Perbaikan 2 LoB Schedule Pada Proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati*

No	Divisi	Durasi Pekerjaan per Siklus (Hari)	Durasi Total	Start Paket	Finish Paket
1	Pekerjaan pengukuran	2	4	0	4
2	Pekerjaan pembersihan lokasi	2,5	5	2	7
3	Pekerjaan pemasangan patok	3,5	7	2	9
4	Pekerjaan galian tanah disekitar jalan masuk	7	14	5,5	19,5
5	Pekerjaan galian tanah untuk saluran	7	14	5,5	19,5
6	Pekerjaan pasangan batu belah 1,5	10	20	12,5	32,5
7	Pekerjaan plesteran 1,5	8	16	24,5	40,5
8	Pekerjaan pasangan batu belah 1,5	7	14	32,5	46,5
9	Pekerjaan plesteran 1,5	7	14	39,5	53,5
10	Pekerjaan pembesian U24	7	14	46,5	60,5
11	Pekerjaan pembesian U32	7	14	46,5	60,5
12	Pekerjaan acuan beton	3,5	7	57	64
13	Pekerjaan beton K-225 untuk perlletakan	3,5	7	60,5	67,5
14	Pekerjaan beton K-300 untuk plat beton	3,5	7	64	71

Berdasarkan perhitungan tabel 11 diatas, diperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan menjadi 71 hari dengan penyelesaian untuk *section 1* adalah pada hari ke-67,5, yaitu waktu penyelesaian dari siklus pertama pada divisi pekerjaan beton K-300 (64+3,5 hari). Adapun perbaikan 2 diagram LoB pada proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati adalah sebagai berikut.



Keterangan :

- |   |   |
|---|---|
| ■ Pekerjaan Pengukuran                        | ■ Pekerjaan Pasangan Batu Belah 1,5 (jalan masuk) |
| ■ Pekerjaan Pembersihan Lokasi                | ■ Pekerjaan Plesteran 1,5 (jalan masuk)           |
| ■ Pekerjaan Pemasangan Patok                  | ■ Pekerjaan Pembesian U24                         |
| ■ Pekerjaan Galian Tanah Jalan Masuk          | ■ Pekerjaan Pembesian U32                         |
| ■ Pekerjaan Galian Tanah Saluran              | ■ Pekerjaan Acuan Beton                           |
| ■ Pekerjaan Pasangan Batu Belah 1,5 (saluran) | ■ Pekerjaan Pembetonan K-225                      |
| ■ Pekerjaan Plesteran 1,5 (saluran)           | ■ Pekerjaan Pembetonan K-300                      |

*Gambar 21. Perbaikan 2 Diagram LoB proyek Pembuatan Saluran dan Pelebaran Jalan Akses Jln.Pondok Pati*

Dari diagram perbaikan 2 diatas, tampak durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan menjadi 71 hari, dimana lebih lama 7 hari dari jadwal LoB yang semula 64 hari dan sudah tidak ada lagi kegiatan yang saling mengganggu.

Dari perbandingan masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang dibahas, maka dapat dibuat analisa komparasi baik dari segi penggunaan metode, perhitungan kecepatan produksi, logika ketergantungan, lintasan kritis, maupun hambatan pada aktifitas kegiatan. Adapun perbandingan yang dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian dan dapat dilihat pada tabel 5.12 berikut ini.

*Tabel 12 Analisa Komparasi Dari Segi Penggunaan Metode, Perhitungan Kecepatan Produksi, Logika Ketergantungan, Lintasan Kritis, dan Hambatan Pada Aktifitas Kegiatan*

NO	Perbandingan Metode Perencanaan dan Penjadwalan Proyek	<i>Critical Path Method</i>	<i>Precedence Diagram Method</i>	<i>Line of Balance</i>
1.	<b>Penggunaan Metode</b>	Mudah untuk diperbarui bila terjadi perubahan rencana saat proyek berlangsung dan cocok untuk proyek yang kompleks.	Sesuai untuk proyek dengan kegiatan <i>overlapping</i> .	Sesuai untuk proyek repetitif dan linier, mudah untuk diperbarui bila terjadi perubahan rencana saat proyek berlangsung.
2.	<b>Perhitungan Kecepatan Produksi</b>	Pada metode CPM tidak memberikan informasi mengenai perhitungan kecepatan produksi	Pada metode PDM tidak memberikan informasi mengenai perhitungan kecepatan produksi	Dengan cara membagi jumlah item kegiatan dengan durasi.
3.	<b>Logika Ketergantungan</b>	Menggunakan hubungan logika ketergantungan FS ( <i>Finish to Start</i> ) saja.	Menggunakan empat jenis hubungan logika ketergantungan yaitu: <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Start to Start (SS)</i></li> <li>- <i>Finish to Start (FS)</i></li> <li>- <i>Start to Finish (SF)</i></li> <li>- <i>Finish to Finish (FF)</i></li> </ul>	Metode LoB tidak mengenal adanya hubungan logika ketergantungan.
4.	<b>Lintasan Kritis</b>	Pada CPM lintasan kritis dari item-item pekerjaan proyek dapat diketahui	Pada PDM lintasan kritis dari item-item pekerjaan proyek dapat diketahui	Pada LoB lintasan kritis dari item-item pekerjaan proyek tidak dapat diketahui
5.	<b>Hambatan Pada Aktifitas Kegiatan</b>	Pada metode CPM tidak dapat memperlihatkan adanya hambatan pada masing-masing aktivitas kegiatan	Pada metode PDM tidak dapat memperlihatkan adanya hambatan pada masing-masing aktivitas kegiatan	

Dari tabel 12 diatas dapat dilihat kekurangan dan kelebihan pada masing-masing metode sehingga dapat dipilih metode mana yang sesuai dengan karakteristik dari proyek konstruksi yang dikerjakan. Pemilihan metode yang tepat akan membantu dalam peningkatan pengendalian waktu dan biaya dalam pelaksanaan proyek sehingga dapat tercapai efisiensi yang diharapkan.

## KESIMPULAN

Dari hasil studi literature dan analisa data untuk membandingkan metode penjadwalan *Critical Path Method* (CPM), *Precedence Diagram Method* (PDM), dan *Line of Balance* (LoB) diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

- 1) Pada proyek yang menjadi studi kasus masih menggunakan metode *Bar Chart* dalam penjadwalan konstruksinya sehingga bisa dikatakan metode *Bar Chart* masih populer dibidang konstruksi.
- 2) Secara visual masing-masing metode penjadwalan memiliki kelebihan kekurangan sebagai berikut.
  - *Bar Chart* memiliki tampilan visual yang sederhana dan mudah untuk dimengerti, tapi tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan lintasan kritis proyek. *Bar Chart* juga tidak dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek.
  - *Critical Path Method* (CPM) dan *Precedence Diagram Method* (PDM) memiliki tampilan visual yang lebih kompleks sehingga tidak mudah untuk dipahami namun dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan dapat menentukan lintasan kritis proyek, sehingga dapat diketahui kegiatan yang menjadi prioritas apabila terjadi keterlambatan pada pekerjaan proyek. *Critical Path Method* (CPM) dan

- Precedence Diagram Method* (PDM) ini tidak dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek.
- *Line of Balance* (LoB) memiliki tampilan visual yang sederhana dan cukup mudah untuk dipahami. LoB juga dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek, tetapi LoB tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan dan lintasan kritis proyek.
- 3) Dalam hal penggunaan sumber daya perlu diketahui nilai dari tingkat produktivitasnya dan yang dapat menunjukkan tingkat produktivitas adalah metode *Line of Balance* (LoB) sedangkan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *Precedence Diagram Method* (PDM) tidak memberikan informasi mengenai hal ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arianto, A. (2010). Eksplorasi Metode Bar Chart, CPM, PDM, PERT, LoB, dan Time Chainage Diagram Dalam Penjadwalan Proyek Konstruksi. (Tesis). Semarang. Universitas Diponegoro.
- Armeyn. (2003). “Manfaat Repetitive Project Modeling (RPM) Pada Penjadwalan Pekerjaan Pembangunan Jembatan” dalam *Jurnal R & B*. Vol.3 No. 1 2003.
- Laksito, B. (2005). *Studi Komparatif Penjadwalan Proyek Konstruksi Repetitif Menggunakan Metode Penjadwalan Berulang (RSM) dan Metode Diagram Preseden (PDM)*. Surakarta: Media Teknik Sipil.
- Mawdesley, M., Askew, W., and O'Reilly, M. (1997). *Planning and Controlling Construction Projects (The Best Laid Plans...)*. England: Addison Wesley Longman.
- Nugraha, P., Sutjipto, R., dan Natan, I. (1986). *Manajemen Proyek Konstruksi 2*. Surabaya: Kartika Yudha.
- Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. Jakarta: Erlangga.
- Tim Penulis Dosen Perguruan Tinggi Swasta. (1998). *Ilmu Manajemen Konstruksi Untuk Perguruan Tinggi*. Jakarta: UPT Penerbitan Universitas Tarumanegara.
- Uher, T.E. (1996). *Programming and Scheduling Techniques*. Australia: Construction Project Management and Economics Unit, School of Building, University of NSW.
- Wiranata, Anak A., Dewi, A.A. Diah P., dan Nuryawan, Made I. (2009). “Penggunaan Metode Penjadwalan Berulang (Repetitive Scheduling Method) Pada Pengerjaan Proyek Perumahan” dalam *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. Vol.13 No. 2 2009.