

PERBANDINGAN METODE PENJADWALAN *LINE OF BALANCE* (LoB) DENGAN *PRECEDENCE DIAGRAM METHOD* (PDM) PADA PROYEK KONTRUKSI REPETITIF

(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Struktur Villa Cemongkak Pecatu Kabupaten Badung)

I Komang Alit Astrawan Putra¹, I Wayan Diasa², Ni Ketut Sri Astatu Sukawati³,
I Gusti Ngurah Eka Partama⁴, I Made Yogi Antara Putra⁵,

^{1,2,4,5} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Ngurah Rai.

³ Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar.

E-Mail : alitkori_7a@yahoo.com¹, diasawayan1963@gmail.com²,
sriastatusukawati64956@gmail.com³, epartama@gmail.com⁴, yogi.antara25@gmail.com⁵

Abstrak - Perkembangan pekerjaan konstruksi khususnya yang berskala besar pada saat ini cukup pesat. Disamping membutuhkan biaya yang besar, juga membutuhkan metode kerja yang baik agar dapat meningkatkan kualitas proyek. Para kontraktor sering kali dihadapkan dengan pekerjaan konstruksi yang terdiri dari beberapa unit yang sama seperti pada pekerjaan jalan raya, perumahan atau villa, dan pembangunan apartemen. Proyek pembangunan struktur Villa Cemongkak adalah proyek dengan jenis pekerjaan berulang. Proyek ini terdiri dari enam unit bangunan Villa yang sama. Lokasi proyek terletak di daerah Kuta Selatan tepatnya di jalan Pantai Cemongkak, Pecatu, Badung, Bali. Rencana metode penjadwalan proyek ini menggunakan metode *barchart* dalam bentuk kurva S. Proyek ini mengalami keterlambatan dalam penyelesaiannya karena dalam proses pengerjaan ada item pekerjaan yang tidak bisa dilaksanakan karena terkendala pekerjaan yang merupakan lintasan kritis dan villa yang lain masih dalam proses pekerjaan galian sehingga belum bisa dilanjutkan untuk pekerjaan item selanjutnya. Oleh karena itu, diperlukan metode penjadwalan lain untuk mengetahui efisiensi biaya dan waktu yang sesuai dibandingkan dengan kurva S. Proyek repetitif memiliki durasi item pekerjaan yang seragam dan jumlah pekerjaan yang relatif sedikit, sehingga penggunaan metode LoB dikenal lebih efektif. PDM merupakan metode jaringan kerja yang penyajiannya lebih sederhana jika diterapkan pada pekerjaan konstruksi yang repetitif. Hasil yang didapatkan dengan menggunakan metode LoB yaitu 151 hari dan metode PDM yang lebih efektif yaitu 73 hari, sehingga menghasilkan metode PDM lebih cepat pengerjaan 78 hari dibandingkan dengan metode LoB dengan biaya yang hampir mirip yaitu metode LoB membutuhkan biaya sebesar Rp. 158.951.026 dan untuk metode PDM membutuhkan biaya sebesar Rp. 155.618.055. Terdapat selisih perbandingan biaya sebesar Rp. 3.332.971.

Kata kunci : Metode penjadwalan; Proyek repetitif; *Line of Balance*; *Precedence Diagram Method*.

Abstract – The development of construction work especially the one in a big scale is quite fast. Beside needing a big cost, it also need a good working method so that the quality of the project also improve. Contractors are often faced with construction work consisting of several of the same units as in road works, housing or villas, and the construction of apartments. Cemongkak Villa structure construction project was a project with a repetitive kind type of work. This project was consisted of six same unit of villa's building. The location of the project was in South Kuta Area to be precise in Cemongkak Beach street, Pecatu, Badung, Bali. The plan of the scheduling method of this project uses the *barchart* method in the form of an S curve. This project became late in the process of completion because in the process of working, there were some work items that couldn't be done as it was hindered by the work which was a critical path and the other villa was still in the process of excavation work so the next step of the work couldn't be done. Therefore, another scheduling method is needed to find out the corresponding cost and time efficiency compared to the S curve. Repetitive project has similar work duration and amount of work which is relatively low, so the use of LoB method is known to be more effective. PDM is a network method whose presentation is simpler when applied to repetitive construction work. The result achieved with the LoB method was 151 days and PDM method which was more effective was 73 days, as a result getting PDM method with a faster working rate of 78 days than the LoB method with almost the same cost. LoB Method need Rp. 158.951.026 and PDM method need Rp. 155.618.055. There were Rp. 3.332.971 difference in cost.

Keywords: Scheduling Method; Repetitive Project; *Line of Balance*; *Precedence Diagram Method*.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan struktur Villa Cemongkak merupakan pelaksanaan pekerjaan konstruksi dengan jenis pekerjaan berulang. Proyek ini terdiri dari enam unit bangunan Villa yang sama. Lokasi proyek terletak di daerah Kuta Selatan tepatnya di jalan Pantai Cemongkak, Pecatu, Badung, Bali. Metode penjadwalan pada proyek ini menggunakan metode *barchart* dalam bentuk kurva S. Proyek ini mengalami keterlambatan dalam penyelesaiannya karena dalam proses pengerjaan ada item pekerjaan yang tidak bisa dilaksanakan karena terkendala pekerjaan yang belum selesai. Oleh karena itu, diperlukan metode penjadwalan lain untuk mengetahui efisiensi waktu dan biaya yang lebih baik dibandingkan dengan kurva S.

Metode *Line of Balance* (LoB) sangat tepat digunakan dalam pelaksanaan proyek konstruksi multiunit yang banyak melakukan pekerjaan berulang, terutama proyek dengan kuantitas pekerjaan yang relatif sedikit dengan durasi item pekerjaan yang relatif seragam. Selain itu *Precedence Diagram Method* (PDM), menjadi salah satu metode jaringan kerja dengan penyajian yang lebih sederhana jika diterapkan pada proyek dengan pekerjaan repetitive dan dapat memberikan informasi yang lebih mendetail serta mampu menghasilkan penjadwalan proyek dengan penggunaan tenaga kerja yang *continue*. Oleh karena itu penulis ingin melakukan kajian *reschedule*/penjadwalan ulang terhadap proyek pembangunan struktur Villa Cemongkak melalui perbandingan dua metode yaitu metode LoB dengan PDM.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah perbandingan metode penjadwalan *Line of Balance* (LoB) dengan *Precedence Diagram Method* (PDM) pada proyek Pembangunan Struktur Villa Cemongkak?
2. Bagaimanakah efisiensi waktu dan biaya pekerjaan struktur Villa Cemongkak

dengan metode *Line of Balance* (LoB) dan *Precedence Diagram Method* (PDM)?

Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui perbedaan metode penjadwalan *Line of Balance* (LoB) dengan *Precedence Diagram Method* (PDM) pada proyek Pembangunan Struktur Villa Cemongkak.
2. Untuk mengetahui efisiensi waktu dan biaya pekerjaan struktur Villa Cemongkak dengan metode *Line of Balance* (LoB) dan *Precedence Diagram Method* (PDM).

Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti
Untuk memahami teknik penjadwalan yang efektif pada proyek repetitif melalui metode penjadwalan *Line of Balance* (LoB) dan *Precedence Diagram* (PDM).
2. Bagi Perusahaan Jasa Kontruksi
Sebagai bahan pertimbangan untuk menggunakan metode yang tepat pada suatu proyek konstruksi dengan jenis pekerjaan berulang (repetitif).

Batasan Masalah

Sesuai latar belakang dan rumusan masalah yang telah dipaparkan di atas maka perlu adanya batasan masalah agar tujuan penelitian dapat terarah dengan jelas. Batasan masalah tersebut antara lain:

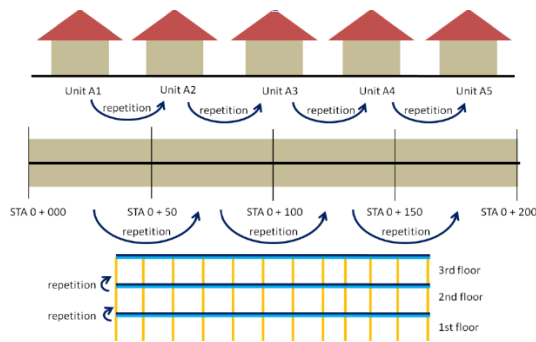
1. Kajian ini dilakukan dari sisi manajemen proyek konstruksi.
2. Penelitian ini merupakan penjadwalan ulang proyek dengan enam unit bangunan Villa yang sama melalui perbandingan dua metode yaitu LoB dengan PDM pada pembangunan struktur Villa Cemongkak.

TINJAUAN PUSTAKA

Proyek Kontruksi

Menurut Kerzner (2006) dalam Dwipayana (2018) proyek konstruksi ialah merupakan suatu rangkaian kegiatan yang memiliki

keterkaitan dalam mendapatkan tujuan tertentu (bangunan/konstruksi) dalam batasan waktu, biaya dan mutu tertentu. Pekerjaan konstruksi repetitif ialah konstruksi yang didalamnya terdapat kegiatan - kegiatan yang diulang dalam unit yang sama. Contoh tipikal konstruksi repetitif adalah sebagai berikut:



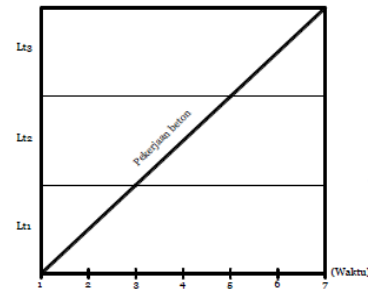
Gambar 1. Ilustrasi Proyek Repetitif
Sumber: Aulia (2017)

Line of Balance (LoB)

LoB merupakan metode yang menggunakan keseimbangan operasi, dimana tiap kegiatan ialah kinerja yang terus menerus. Keuntungan metode LoB ialah menyediakan tingkat produktivitas dan informasi durasi berupa format grafik yang lebih sederhana. Metode ini dikenal efektif digunakan pada proyek bangunan bertingkat dengan keragaman tingkat bangunan yang relatif sama (Hutagaol, 2011).

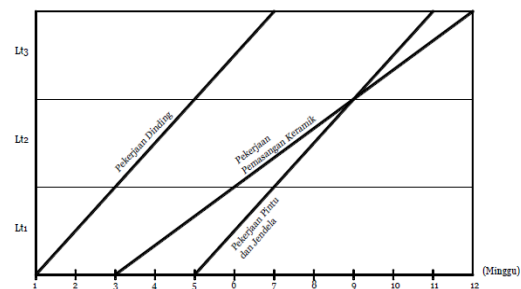
a. Metode Penjadwalan *Line of Balance*

Dalam metode LoB dikenal adanya diagram *block* dan diagram garis. Diagram *block* digambarkan melalui garis yang mempunyai luasan pada sumbu koordinat dimana fungsi unit pada sumbu ordinatnya dan fungsi waktu pada sumbu absisnya, sedangkan diagram garis digambarkan melalui garis pada sumbu koordinat dimana fungsi unit pada sumbu ordinatnya dan fungsi waktu pada sumbu absisnya.



Gambar 2. LoB Pekerjaan Beton Dalam Bentuk Diagram Garis
Sumber: Hutagaol (2013)

Penggunaan diagram *block* atau diagram garis memungkinkan adanya perpotongan diagram pekerjaan antara pekerjaan satu dengan pekerjaan lainnya. Perpotongan diagram ini diperbolehkan jika item pekerjaan tersebut mempunyai tenaga kerja (*resource*) yang berbeda dan masih terdapat ruang gerak (*space*) pada lokasi pekerjaan dari masing - masing tim kerja sehingga tidak saling mengganggu antara satu dengan yang lainnya (Hutagaol, 2011).

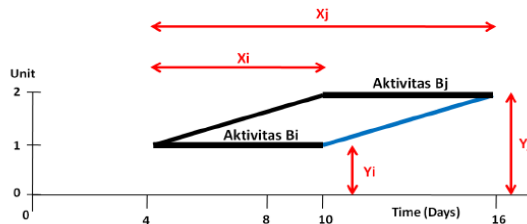


Gambar 3. Diagram LoB yang Saling Berpotongan
Sumber: Hutagaol (2013)

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa diagram pekerjaan pemasangan keramik dan pekerjaan pintu dan jendela saling berpotongan. Menurut Uher (1996) dalam Hutagaol (2011) tidak menjadi masalah karena pekerjaan pemasangan keramik, pekerjaan pintu dan jendela dapat dilakukan bersamaan dengan kondisi terdapat ruang gerak (*space*) dari masing - masing tenaga kerja dan setiap item pekerjaan mempunyai tenaga kerja (*resource*) yang berbeda sehingga saat pekerjaan dilaksanakan bersamaan tidak saling mengganggu satu dengan yang lainnya.

b. Tingkat Produksi *Line of Balance* (LoB)

Tingkat produksi sebagai fungsi linear LOB menjelaskan setiap garis LOB yang mewakili setiap pekerjaan mempunyai kemiringan garis konstan/gradien (m) yang menunjukkan durasi atau waktu produksi (Hutagaol, 2011). Jika telah diketahui kemiringan garis, dilanjutkan menentukan nilai pada setiap titik disepanjang garis yang sama dengan menggunakan persamaan linear.



Gambar 4. Line of Balance sebagai Fungsi Linear

Sumber: Aulia (2017)

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

Dimana:

m = kecepatan produksi pekerjaan yang ditinjau,

Y_j = unit keseluruhan pekerjaan yang ditinjau,

Y_i = unit ke-1 = 1,

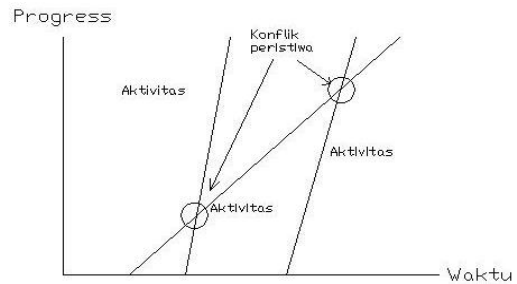
X_j = durasi keseluruhan pekerjaan yang ditinjau,

X_i = durasi pekerjaan setiap siklus

c. Analisis *Line of Balance* (LoB)

Proses penjadwalan dengan LOB melibatkan beberapa tahapan antara lain (Budayana, 2018): Menentukan diagram logika untuk menunjukkan urutan produksi satu siklus pekerjaan berulang, kemudian mengestimasi jumlah tim kerja dalam setiap aktivitas, setelah itu menyiapkan rencana LoB, selanjutnya menentukan rencana waktu *buffer*, dan yang terakhir menggambar grafik LoB.

Pada metode LoB garis yang dihasilkan tidak diperbolehkan saling berpotongan. Dengan demikian garis kegiatan satu dengan garis kegiatan yang lain tidak boleh saling memotong atau terus sejajar. (Budayana, 2018).



Gambar 5. Konflik Penjadwalan LoB yang Harus Dihindari

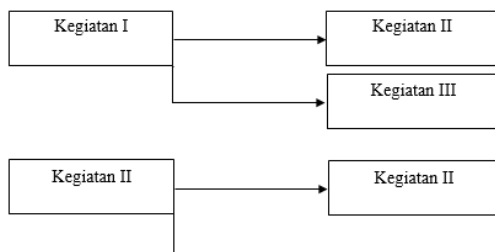
Sumber: Budayana (2018)

Metode Precedence *Diagram Method* (PDM)

PDM merupakan jaringan kerja yang termasuk dalam klasifikasi *Activity on Node* (AON). Kegiatan ditulis dalam node dan anak panah sebagai petunjuk hubungan antar kegiatan yang saling berkaitan. Dalam PDM diperkenankan adanya hubungan tumpang tindih (*overlapping*) dengan maksud suatu pekerjaan selanjutnya bisa dikerjakan tanpa harus menunggu pekerjaan pendahulunya (*predecessor*) selesai, sehingga dalam PDM sering terjadi *dummy* yaitu tidak mengenal istilah kegiatan semu antara dua kegiatan yang tidak membutuhkan waktu dan sumber daya. Dalam PDM mengenal lebih dari satu pembatasan antara kegiatan yaitu *Start to Start* (SS), *Start to Finish* (SF), *Finish to Start* (FS), *Finish to Finish* (FF). Dengan demikian dalam PDM diperbolehkan suatu kegiatan dimulai sebelum kegiatan yang mendahuluinya selesai 100% (Setiawan & Primbodo, 2004).

- Finish to Start* (FS) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktifitas berikutnya tergantung pada selesainya aktifitas sebelumnya.
- Start to Start* (SS) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas sesudahnya tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya.
- Finish to Finish* (FF) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya tergantung pada selesainya aktivitas sebelumnya.
- Start to Finish* (SF) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya.

Kadang-kadang dijumpai satu kegiatan memiliki hubungan *constraint* dengan lebih dari satu kegiatan lain yang disebut multi *constraint* (Setiawan & Primbodo, 2004).



Gambar 6. Multi Constraint

Sumber: Setiawan dan Primbodo (2004)

1. Analisis dan Identifikasi Jalur Kritis
Bertambahnya kegiatan yang digunakan akan menyebabkan perhitungan untuk mengidentifikasi kegiatan pada jalur kritis menjadi lebih kompleks. Oleh karena itu, dalam analisis dibutuhkan analisis hubungan kegiatan dan *constraint* yang terkait (Setiawan & Primbodo, 2004).
2. *Float*
Tenggang waktu (*float*) ialah merupakan waktu yang diperkenankan untuk menggeser - geser kegiatan suatu proyek, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan (Setiawan & Primbodo, 2004).

Anggaran Biaya Proyek

Menurut Djojowiriono (1984) dalam Yasa (2020) menjelaskan bahwa anggaran biaya proyek adalah biaya yang dibutuhkan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi. Setelah itu akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek.

Instrumen Penelitian

Instrumen Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Autocad*, *Microsoft Project*, dan *Microsoft Excel*. *Autocad* akan digunakan sebagai alat bantu dalam penjadwalan LoB dan *Microsoft Excel* akan digunakan untuk alat bantu dalam analisis dari metode LoB dan PDM. Sedangkan *Microsoft Project* akan

digunakan sebagai alat bantu dalam penjadwalan PDM

METODOLOGI

Rancangan Penelitian

Untuk jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif. Penelitian kualitatif merupakan penelitian tentang riset yang bersifat deskriptif dan cenderung menggunakan analisis (Dwipayana, 2018). Adapun tahapan-tahapan dalam penelitian yang dilakukan adalah:

1. Persiapan
Hal yang perlu dipersiapkan dalam penelitian ini merupakan alat-alat yang membantu/menunjang proses penelitian, seperti program *microsoft excel*, *microsoft project* dan program *auto CAD*.
2. Identifikasi Masalah
Dengan mengidentifikasi permasalahan dari penelitian ini bertujuan agar kita dapat memahami data apa saja yang perlu dicari ke lapangan.
3. Pengumpulan Data
Dalam pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer berupa durasi dan metode pelaksanaan, sedangkan data sekunder berupa gambar rencana dan waktu pelaksanaan proyek.
4. Analisis Data
Dari data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis data. Analisis data ini diawali dengan mengidentifikasi item-item pekerjaan berdasarkan gambar rencana jalan tersebut. Kemudian dilakukan perhitungan volume pekerjaan. Setelah itu menentukan durasi tiap-tiap pekerjaan. Jika volume dan durasi pekerjaan sudah diketahui kemudian dilakukan penjadwalan dengan metode PDM dan LoB untuk memperoleh waktu proyek.
5. Kesimpulan dan Saran
Setelah waktu proyek tersebut diperoleh berdasarkan metode penjadwalan yang digunakan, kemudian kedua hasil tersebut dibandingkan, sehingga diperoleh kesimpulan dan saran dalam penggunaan metode yang paling efektif pada proyek tersebut.

Penentuan Sumber Daya

Dalam penelitian ini diperlukan beberapa jenis data, seperti data primer dan data sekunder. Data primer adalah data utama yang akan dibuat yaitu durasi dan metode pelaksanaan. Sedangkan data sekunder adalah data pendukung yang dibutuhkan pada penelitian ini, data gambar rencana dan waktu pelaksanaan proyek.

Lokasi dan Waktu

Adapun untuk objek studi adalah proyek Pembangunan Struktur Villa Cemongkak di Pantai Cemongkak, Desa Pecatu, Kec. Kuta Selatan, Kab. Badung, Bali. Pemilihan proyek ini sebagai objek studi dikarenakan proyek ini memiliki pekerjaan berulang (repetitif), yang memungkinkan dapat dibahas dan dianalisis dari segi penjadwalan proyek dengan menggunakan LoB dan PDM. Untuk waktu penelitian akan dilaksanakan selama 3 bulan.

Jenis dan Sumber Data

Dalam penelitian ini jenis dan sumber data digolongkan dengan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari sumber langsung. Data primer dapat berupa opini subjek secara individual atau kelompok, hasil observasi terhadap suatu benda (fisik), kejadian atau kegiatan, dan hasil pengujian. Maka dari itu data yang akan digunakan pada penelitian, antara lain: Kebutuhan pekerja, kebutuhan material, kebutuhan alat, kebutuhan biaya, ketode pelaksanaan.

2. Data Sekunder

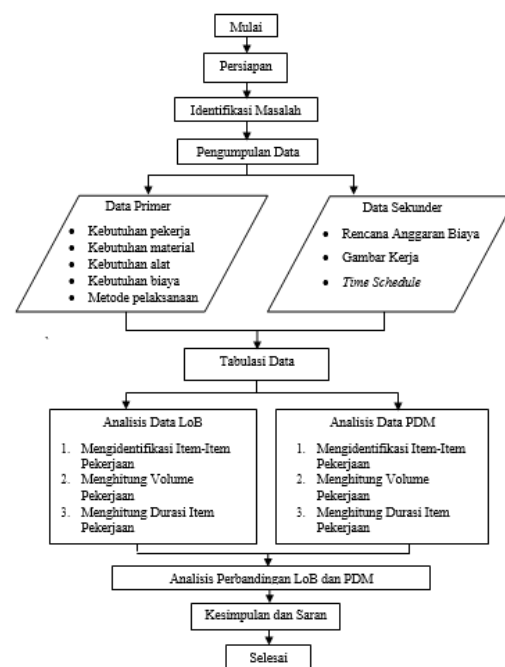
Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara. Data sekunder berupa dokumen dari instansi terkait, antara lain:

- Rencana Anggaran Biaya (RAB)
- Rencana Kerja dan Syarat – syarat (RKS)
- *Shop Drawing*
- *Time Schedule*

Analisis Data

Untuk analisis data dalam penelitian ini, penjadwalan Pembangunan Struktur Villa Cemongkak di Pantai Cemongkak, Kec. Kuta Selatan menggunakan metode penjadwalan PDM dan LoB dengan instrumen atau alat penelitian yaitu Microsoft Excel, Auto CAD, dan Microsoft Project. Adapun langkah-langkah analisis data atau tahapan pengolahan data dalam penelitian ini adalah: Mengidentifikasi Item-item Pekerjaan, menghitung Volume Pekerjaan, mengidentifikasi Durasi dan Tenaga Kerja, penjadwalan Metode *Line of Balance* (LoB), penjadwalan Metode *Precedence Diagram Method* (PDM).

Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 7. Kerangka Pikir Penelitian

PEMBAHASAN

Gambaran Umum

Proyek Pembangunan Struktur Villa Cemongkak Pecatu merupakan proyek pembangunan villa pribadi yang dikerjakan oleh *Saga Contractor* yang dimulai dari bulan Agustus 2019. Villa Cemongkak Pecatu merupakan proyek dengan jenis pekerjaan repetitif yang berlokasi di Jalan Pantai Cemongkak Pecatu Badung.

Rencana waktu pelaksanaan Proyek Struktur Villa Cemongkak dimulai dari tanggal 5 Agustus 2019 sampai dengan 4 Januari 2020. Proyek Struktur Villa Cemongkak Pecatu memiliki luas 374 m² dengan 6 unit villa yang masing-masing memiliki luas 62.34 m².

Metode Pelaksanaan

Adapun metode pelaksanaan Proyek Pembangunan Struktur Villa Cemongkak adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan Bowplank, dilakukan sebelum pekerjaan galian dimulai untuk mencari titik dari pondasi dan sloof yang akan digali.
2. Pekerjaan Galian, dilakukan sebelum pekerjaan pondasi dimulai untuk mencari kedalaman pondasi dan sloof sesuai perencanaan.
3. Pekerjaan Urugan Pasir, dilakukan setelah pekerjaan galian selesai.
4. Pekerjaan Rabat Lantai Kerja, dilakukan setelah urugan pasir selesai rabatan lantai kerja baru bisa dimulai, untuk mendapatkan perataan dari bidang yang akan dikerjakan.
5. Pekerjaan Pondasi Setempat, dilakukan setelah rabat lantai kerja selesai. Pondasi setempat berfungsi mengalirkan beban dari bangunan ke tanah.
6. Pekerjaan Urugan Kembali, dilakukan setelah pekerjaan pondasi selesai.
7. Pekerjaan Instalasi Air Kotor, dilakukan sebelum pengecoran dari sloof dan sebelum urugan dilakukan.
8. Pekerjaan Sloof, dilakukan setelah pekerjaan pondasi selesai dan bersamaan dengan pekerjaan instalasi air kotor.
9. Pekerjaan Perataan Pemadatan Tanah, dilakukan setelah pekerjaan sloof dan pipa terpasang.
10. Pekerjaan Plat Lantai 1 & 2, dilakukan setelah pekerjaan perataan dan pemadatan tanah selesai. Dan pekerjaan plat lantai 2 bersamaan dengan pekerjaan balok lantai 2.
11. Pekerjaan Pembersihan Kelebihan Tanah, dilakukan setelah pemadatan tanah selesai dan sebelum pekerjaan plat lantai 1 dikerjakan.
12. Pekerjaan Kolom Lantai 1 & 2, dilakukan setelah pekerjaan sloof selesai.
13. Pekerjaan Balok, dilakukan setelah pekerjaan kolom selesai dan bersamaan dengan pekerjaan plat lantai 2.
14. Pekerjaan Kolom Praktis dan Balok Latei, dilakukan setelah pekerjaan plat lantai 1 selesai
15. Pekerjaan Struktur Baja Lantai Mezanine, dilakukan setelah pekerjaan plat lantai 2 selesai
16. Pekerjaan Tangga, dilakukan setelah pekerjaan lantai mezzanine selesai.
17. Pekerjaan Pemasangan Dinding Lantai 1 & 2, dilakukan setelah pekerjaan kolom selesai
18. Pekerjaan Struktur Atap, dilakukan setelah pekerjaan ring balok selesai.
19. Pekerjaan Finish Atap, dilakukan setelah pekerjaan struktur atap selesai dikerjakan
20. Pekerjaan Plesteran Dinding, dilakukan setelah pemasangan dinding bata selesai
21. Pekerjaan Acian Dinding, dilakukan setelah pekerjaan plesteran dinding selesai

Perhitungan Volume

Perhitungan volume direkap sesuai dengan item pekerjaan yang didapat dari koordinasi dengan pihak kontraktor dari penawaran pertama ke pihak owner. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan volume pekerjaan yang didapat dari perhitungan gambar struktur dan arsitektur. Perhitungan dari volume pekerjaan dilampirkan pada lampiran dengan hitungan per unit villa. Rekapitulasi volume untuk satu unit villa adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Rekapitulasi Volume

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN
	LANTAI 1		
I	PEKERJAAN PERSIAPAN		
1	Pek. Pengukuran dan pas. bowplank	50.40	m ¹
II	PEKERJAAN GALIAN DAN URUGAN		
1	Perataan dan Pemadatan Tanah	39.60	m ²
2	Urugan Pasir	3.84	m ³
3	Galian tanah	36.81	m ³
4	Urugan Kembali Pondasi	35.91	m ³
5	Pembersihan Kelebihan Tanah	0.90	m ³
III	PEKERJAAN PONDASI		
1	Rabat Lantai Kerja	1.57	m ³
2	Pondasi plat setempat 100x100x25	1.40	m ³
3	Sloof SP. 15x30	1.62	m ³
IV	PEKERJAAN STRUKTUR & BETON		
	Lantai 1		
1	Plat lantai 1 t=100 mm	3.14	m ³
2	Kolom Praktis 15/15	0.47	m ³
3	Kolom Struktur K 15/30	0.81	m ³
4	Balok Latei 15/15	0.10	m ³
	Lantai Mezanine		
1	Kolom Praktis 15/15	0.10	m ³
2	Kolom Struktur K 15/20	0.23	m ³
3	Balok B1 15/30	1.38	m ³
4	Balok RB 15/15	0.60	m ³
5	Plat lantai 2 (Balkon) t=120 mm	0.76	m ³
V	PEKERJAAN PEMBESIAN		
	Lantai 1		
1	Pondasi plat setempat 100x100x25	192.56	Kg
2	Sloof SP. 15x30	226.19	Kg
3	Plat lantai 1 t=100 mm	31.35	m ²
4	Kolom Praktis 15/15	48.12	Kg
5	Kolom Struktur K 15/30	136.54	Kg
6	Balok Latei 15/15	10.41	Kg
	Lantai Mezanine		
1	Kolom Struktur KP. 15/15	10.69	Kg
2	Kolom Struktur K 15/20	39.74	Kg
3	Balok B1 15/30	193.79	Kg
4	Balok RB 15/15	58.97	Kg
5	Plat lantai 2 (Balkon) t=120 mm	12.60	m ²
VI	PEKERJAAN BEKISTING		

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN
	Lantai 1		
1	Pondasi plat setempat 100x100x25	5.60	m ³
2	Sloof SP. 15x30	21.54	m ³
3	Plat lantai 1 t=100 mm	3.14	m ³
4	Kolom Praktis 15/15	12.60	m ³
5	Kolom Struktur K 15/30	16.20	m ³
6	Balok Latei 15/15	2.07	m ³
	Lantai Mezanine		
1	Kolom Struktur KP. 15/15	2.70	m ³
2	Kolom Struktur K 15/20	5.25	m ³
3	Balok B1 15/30	23.03	m ³
4	Balok RB 15/15	7.98	m ³
5	Plat lantai 2 (Balkon) t=120 mm	6.30	m ³
VII	PEKERJAAN STRUKTUR BAJA		
	Lantai Mezanine		
1	CNP 150x50x20x2,3	311.93	Kg
2	Penutup Lantai Multiplek	15.47	m ²
	Tangga		
1	CNP 150x50x20x2,3	210.35	Kg
2	Besi Siku 40.40.4	68.63	Kg
3	Plat Simpul	0.36	Kg
	Atap		
1	WF 150x75x5x7	37.80	Kg
2	CNP 150x50x20x2,3	140.07	Kg
3	CNP 125x50x20x2.3	243.90	Kg
4	Ikatan Angin	32.93	Kg
5	Sagrod	8.73	Kg
6	Plat Simpul	1.64	Kg
VIII	PEKERJAAN DINDING, PLESTERAN & ACIAN		
	Lantai 1		
1	Pasangan dinding bata	85.12	m ²
2	Plesteran 1:5	170.24	m ²
3	Acian Skimcoat S200	170.24	m ²
	Lantai 2		
1	Pasangan dinding bata	52.46	m ²
2	Plesteran 1:5	104.91	m ²
3	Acian Skimcoat S200	104.91	m ²
IX	PEKERJAAN ATAP		
1	Rangka atap galvalum	48.60	m ²
2	Penutup Atap Onduvilla	48.60	m ²
3	Nok Atap Onduvilla	9.00	m ¹
4	Talang Seng Galvalume	9.00	m ¹
5	Rangka Talang	9.00	m ¹

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN
6	Rangka Liplank Kalsiboard	10.80	m ¹
7	Liplank Kalsiboard / Woodplank double	10.80	m ¹
X	PEKERJAAN INSTALASI AIR KOTOR		
1	Instalasi Pipa Air Kotor 2 1/2"	5.5	m ¹
2	Instalasi Pipa Air Kotor 4"	9.55	m ¹

Sumber : Analisis Data, 2021

Perhitungan Durasi

dengan detail perhitungan terlampir.

Adapun hasil perhitungan durasi pekerjaan

Tabel 2. Rekapitulasi Durasi

NO	ITEM PEKERJAAN	DURASI (HARI)
1	Pekerjaan Bowplank	2
2	Pekerjaan Galian	3
3	Pekerjaan Urugan Pasir	1
4	Pekerjaan Pondasi Setempat	4
5	Pekerjaan Urugan Kembali	2
6	Pekerjaan Instalasi Air Kotor	2
7	Pekerjaan Sloof	5
8	Pekerjaan Perataan Dan Pemadatan, Dan Plat Lantai	8
9	Pekerjaan Kolom Struktur Lantai 1	5
10	Pekerjaan Kolom Praktis & Balok Latei	7
11	Pekerjaan Balok, Plat Lantai 2	9
12	Pekerjaan Lantai Mezanine	4
13	Pekerjaan Tangga	4
14	Pekerjaan Dinding Lantai 1	2
15	Pekerjaan Kolom Lantai 2	6
16	Pekerjaan Ring Balok	4
17	Pekerjaan Struktur Atap	8
18	Pekerjaan Finish Atap	11
19	Pekerjaan Plesteran Lantai 1	5
20	Pekerjaan Dinding Lantai 2	3
21	Pekerjaan Acian Lantai 1	6
22	Pekerjaan Plesteran Lantai 2	4
23	Pekerjaan Acian Lantai 2	4

Sumber : Analisis Data, 2021

Penjadwalan *Line of Balance* (LoB)

Proses penyusunan penjadwalan LoB dilakukan dengan mengelompokkan item-item pekerjaan pada pembangunan proyek struktur villa cemongkak. Ini dikelompokkan dan diurutkan berdasarkan logika ketergantungan antar pekerjaannya. Kemudian menentukan

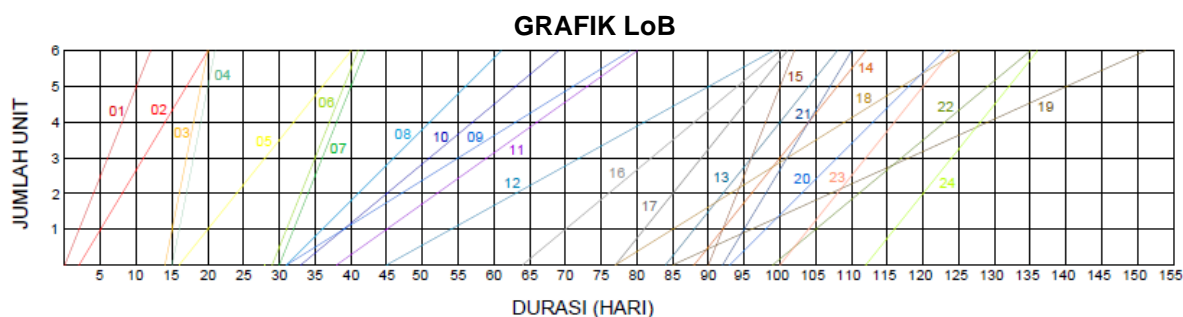
durasi setiap item pekerjaan tersebut, dan menentukan pengelompokan tenaga kerja yang akan digunakan seperti kelompok pekerjaan pasangan, pekerjaan kayu, pekerjaan beton, pekerjaan atap, dan pekerjaan sanitair. Selanjutnya adalah menentukan waktu mulai dari masing-masing item pekerjaan

berdasarkan metode pelaksanaan yang telah dibuat.

Tabel 3. Penjadwalan LoB

NO	ITEM PEKERJAAN	KODE	DURASI PEKERJAAN (HARI)	TOTAL DURASI (HARI)	START PAKET (HARI)	TANGGA L MULAI (START)	FINISH PAKET (HARI)	TANGGAL SELESAI (FINISH)
1	PEKERJAAN BOWPLANK		2	12	-	8/5/2019	12.00	8/17/2019
2	PEKERJAAN GALIAN		3	18	2.00	8/7/2019	20.00	8/25/2019
3	PEKERJAAN URUGAN PASIR		1	6	14.00	8/19/2019	20.00	8/25/2019
4	RABAT LANTAI KERJA		1	6	15.00	8/20/2019	21.00	8/26/2019
5	PEKERJAAN PONDASI SETEMPAT		4	24	16.00	8/21/2019	40.00	9/14/2019
6	PEKERJAAN URUGAN KEMBALI		2	12	29.00	9/3/2019	41.00	9/15/2019
7	PEKERJAAN INSTALASI AIR KOTOR		2	12	30.00	9/4/2019	42.00	9/16/2019
8	PEKERJAAN SLOOF		5	30	31.00	9/5/2019	61.00	10/5/2019
9	PEKERJAAN PERATAAN DAN PEMADATAN, DAN PLAT LANTAI		8	48	31.00	9/5/2019	79.00	10/23/2019
10	PEKERJAAN KOLOM STRUKTUR LANTAI 1 & PEMBERSIHAN KELEBIHAN TANAH		6	36	33.00	9/7/2019	69.00	10/13/2019
11	PEKERJAAN KOLOM PRAKTIS & BALOK LATEI		7	42	38.00	9/12/2019	80.00	10/24/2019
12	PEKERJAAN BALOK, PLAT LANTAI 2		9	54	45.00	9/19/2019	99.00	11/12/2019
13	PEKERJAAN LANTAI MEZANINE		4	24	84.00	10/28/2019	108.00	11/21/2019
14	PEKERJAAN TANGGA		4	24	88.00	11/1/2019	112.00	11/25/2019
15	PEKERJAAN DINDING LANTAI 1		2	12	90.00	11/3/2019	102.00	11/15/2019
16	PEKERJAAN KOLOM LANTAI 2		6	36	64.00	10/8/2019	100.00	11/13/2019
17	PEKERJAAN RING BALOK		4	24	77.00	10/21/2019	101.00	11/14/2019
18	PEKERJAAN STRUKTUR ATAP		8	48	77.00	10/21/2019	125.00	12/8/2019
19	PEKERJAAN FINISH ATAP		11	66	85.00	10/29/2019	151.00	1/3/2020
20	PEKERJAAN PLESTERAN LANTAI 1		5	30	93.00	11/6/2019	123.00	12/6/2019
21	PEKERJAAN DINDING LANTAI 2		3	18	92.00	11/5/2019	110.00	11/23/2019
22	PEKERJAAN ACIAN LANTAI 1		6	36	99.00	11/12/2019	135.00	12/18/2019
23	PEKERJAAN PLESTERAN LANTAI 2		4	24	100.00	11/13/2019	124.00	12/7/2019
24	PEKERJAAN ACIAN LANTAI 2		4	24	112.00	11/25/2019	136.00	12/19/2019

Sumber: Analisis Data, 2021



Gambar 8. Grafik LoB

Sumber: Analisis Data, 2021

Dari tabel dan grafik diatas dijelaskan bahwa, pekerjaan bowplank merupakan pekerjaan yang paling awal dimulai dengan durasi waktu 12 hari untuk 6 Unit Villa dimulai dari tanggal 5 Agustus 2019 hingga 16 Agustus 2019. Sedangkan untuk pekerjaan yang paling akhir selesai adalah pekerjaan *finish* atap dengan durasi waktu 66 hari untuk 6 Unit Villa, dimulai dari tanggal 29 Oktober 2019 hingga 2 Januari 2020. Total durasi waktu pelaksanaan proyek struktur villa cemongkak dengan metode LoB adalah 151 hari.

Penjadwalan *Precedence Diagram Method* (PDM)

Pembuatan penjadwalan *Precedence Diagram Method* (PDM) ini menggunakan program *microsoft project* 2013. Langkah awal dalam pembuatannya yaitu dengan menyusun item-item pekerjaan dan durasi pekerjaan sesuai dengan logika ketergantungan antar pekerjaannya. Penyusunan item-item pekerjaan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Penyusunan Item-Item Pekerjaan

No	Task Name	Duration	Predecessors	Successors
	PDM	73 Days		
1	START	0 Days		3

2	Unit Satu	59 Days		
3	Pekerjaan Bowplank	2 Days	1	4,28
4	Pekerjaan Galian	3 Days	3	5,29
5	Pekerjaan Urugan Pasir	1 Day	4	6
6	Rabat Lantai Kerja	1 Day	5	7
7	Pekerjaan Pondasi Setempat	4 Days	6	8
8	Pekerjaan Urugan Kembali	2 Days	7	9ss
9	Pekerjaan Instalasi Air Kotor	2 Days	8ss	10ss
10	Pekerjaan Sloof	5 Days	9ss	11,12fs-1 Day
11	Pekerjaan Perataan Dan Pemadatan, Dan Plat Lantai	8 Days	10	
12	Pekerjaan Kolom Struktur Lantai 1 Dan Pembersihan Kelebihan Tanah	6 Days	10fs-1 Day	13ss,14
13	Pekerjaan Kolom Praktis & Balok Latei	7 Days	12ss	
14	Pekerjaan Balok, Plat Lantai 2	9 Days	12	15,17,18fs-1 Day
15	Pekerjaan Lantai Mezanine	4 Days	14	16
16	Pekerjaan Tangga	4 Days	15	
17	Pekerjaan Dinding Lantai 1	2 Days	14	19
18	Pekerjaan Kolom Lantai 2	6 Days	14fs-1 Day	20
19	Pekerjaan Plesteran Lantai 1	5 Days	17	24
20	Pekerjaan Ring Balok	4 Days	18	21,23
21	Pekerjaan Struktur Atap	8 Days	20	22
22	Pekerjaan Finish Atap	11 Days	21	152
23	Pekerjaan Dinding Lantai 2	3 Days	20	25
24	Pekerjaan Acian Lantai 1	6 Days	19	
25	Pekerjaan Plesteran Lantai 2	4 Days	23	26
26	Pekerjaan Acian Lantai 2	4 Days	25	

Sumber: Analisis Data, 2021

Pada pelaksanaan pekerjaan proyek ini terdapat lintasan kritis yang didapat dari beberapa tahapan item pekerjaan, dimana

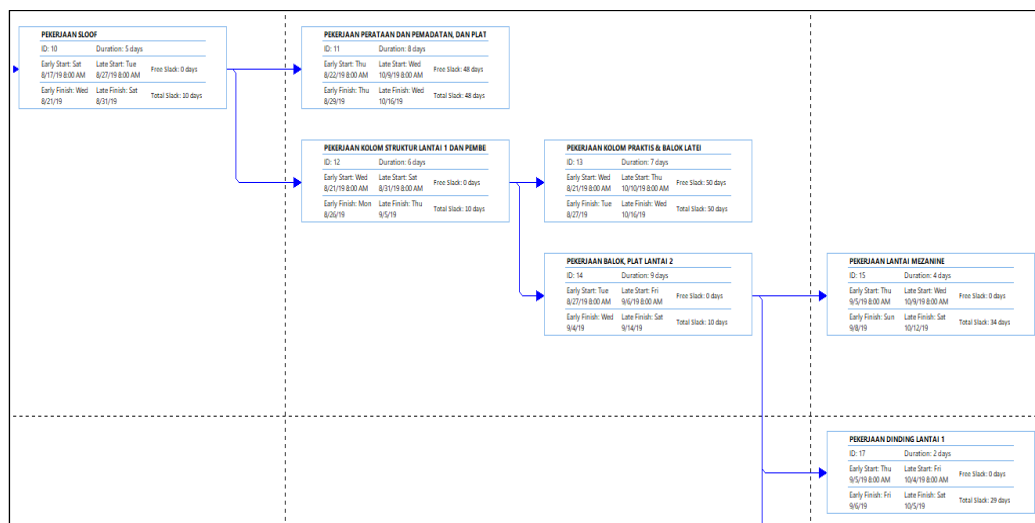
pada lintasan kritis itu diperoleh dari analisis *Microsoft Project* 2013 yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Lintasan Kritis Villa Unit 1

Task Name	Free Slack	Total Slack	Critical
PDM	0 Days	0 Days	Yes
START	0 Days	0 Days	Yes
UNIT SATU	0 Days	0 Days	Yes
Pekerjaan Bowplank	0 Days	0 Days	Yes
Pekerjaan Galian	0 Days	0 Days	Yes
Pekerjaan Urugan Pasir	0 Days	14 Days	No
Rabat Lantai Kerja	0 Days	14 Days	No
Pekerjaan Pondasi Setempat	0 Days	14 Days	No

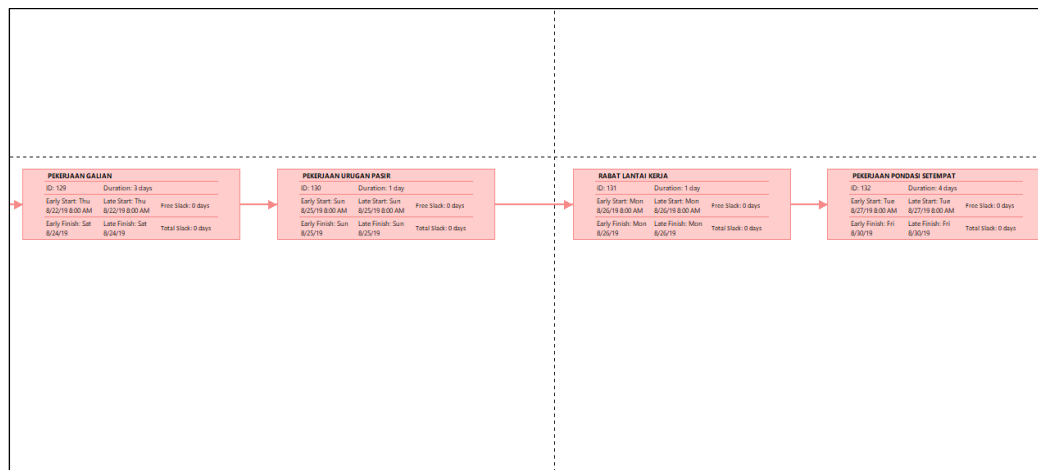
Pekerjaan Urugan Kembali	0 Days	14 Days	No
Pekerjaan Instalasi Air Kotor	0 Days	14 Days	No
Pekerjaan Sloof	0 Days	14 Days	No
Pekerjaan Perataan Dan Pemadatan, Dan Plat Lantai	48 Days	48 Days	No
Pekerjaan Kolom Struktur Lantai 1 Dan Pembersihan Kelebihan Tanah	0 Days	14 Days	No
Pekerjaan Kolom Praktis & Balok Latei	50 Days	50 Days	No
Pekerjaan Balok, Plat Lantai 2	0 Days	14 Days	No
Pekerjaan Lantai Mezanine	0 Days	34 Days	No
Pekerjaan Tangga	34 Days	34 Days	No
Pekerjaan Dinding Lantai 1	0 Days	29 Days	No
Pekerjaan Kolom Lantai 2	0 Days	14 Days	No
Pekerjaan Plesteran Lantai 1	0 Days	29 Days	No
Pekerjaan Ring Balok	0 Days	14 Days	No
Pekerjaan Struktur Atap	0 Days	14 Days	No
Pekerjaan Finish Atap	14 Days	14 Days	No
Pekerjaan Dinding Lantai 2	0 Days	22 Days	No
Pekerjaan Acian Lantai 1	29 Days	29 Days	No
Pekerjaan Plesteran Lantai 2	0 Days	22 Days	No
Pekerjaan Acian Lantai 2	22 Days	22 Days	No

Sumber: Analisis Data, 2021



Gambar 9. Network Diagram PDM Villa Unit 1

Sumber : Analisis Data, 2021



Gambar 10. Lintas Kritis Villa Unit 6

Sumber : Analisis Data, 2021

Dari tabel diatas dijelaskan bahwa, pekerjaan bowplank merupakan pekerjaan yang paling awal dimulai dengan durasi waktu 2 hari untuk 1 Unit Villa. Durasi waktu untuk pekerjaan bowplank 6 unit villa dimulai dari tanggal 5 Agustus 2019 hingga 16 Agustus 2019. Sedangkan untuk pekerjaan yang paling akhir selesai adalah pekerjaan *finish* atap dengan durasi waktu 11 hari untuk 1 Unit Villa. Durasi waktu untuk pekerjaan *finish* atap dimulai dari tanggal 22 September 2019 hingga 16 Oktober 2019. Total durasi waktu pelaksanaan proyek struktur villa cemongkak dengan metode PDM adalah 73 hari.

Simulasi Metode Penjadwalan

Penggunaan metode penjadwalan LoB dengan PDM akan disimulasikan untuk mengetahui jumlah item pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam durasi waktu tertentu. Durasi yang akan dicoba ialah pada durasi 10 hari, 50 hari dan 100 hari.

Pada durasi waktu 10 hari metode penjadwalan PDM dapat lebih banyak menyelesaikan pekerjaan yaitu 11 pekerjaan, sedangkan metode penjadwalan LoB dapat menyelesaikan 7 pekerjaan. Dan pada durasi waktu 50 hari metode LoB dapat menyelesaikan 50 pekerjaan, sedangkan metode PDM dapat menyelesaikan total 42 pekerjaan. Selanjutnya untuk durasi 100 hari pada metode LoB dapat menyelesaikan 101 pekerjaan, sedangkan metode PDM dapat menyelesaikan 144

pekerjaan.

Dalam simulasi tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan metode PDM dapat menyelesaikan pekerjaan lebih banyak dari pada penggunaan metode LoB pada proyek berulang atau refetitif.

Perbandingan Metode LoB dan PDM

Dari analisis diatas, seluruh item pekerjaan dengan metode LoB dan PDM dapat dilakukan perbandingan sesuai metode perencanaan penjadwalan yang telah dikerjakan, maka dapat dibuat bentuk perbandingan baik dari segi penggunaan metode, logika ketergantungan, maupun lintasan kritis. Adapun perbandingan yang dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Dari Penggunaan Metode
Metode LoB lebih lambat dalam penyelesaian pekerjaan pada proyek yang repetitif, sedangkan metode PDM lebih cepat menyelesaikan pekerjaan pada proyek yang repetitif.
2. Dari Segi Logika Ketergantungan
Pada metode LoB tidak mengenal adanya hubungan logika ketergantungan, sedangkan metode PDM menggunakan empat hubungan logika ketergantungan yaitu: FS (Finish To Start), FF (Finish To Finish), SS (Start To Start), SF (Start Ton Finish).
3. Dari Jalur Lintasan Kritis
Pada metode LoB lintasan kritis dari

item-item pekerjaan tidak dapat diketahui, sedangkan pada pdm lintasan kritis dari item - item pekerjaan proyek dapat diketahui

Efesiensi Waktu dan Biaya

Metode penjadwalan dari LoB dan PDM memiliki pengaruh terhadap waktu dan biaya dari suatu proyek. Dari hasil analisis didapatkan waktu pengerjaan proyek dengan metode penjadwalan LoB selama 151 hari, sedangkan untuk PDM membutuhkan waktu pengerjaan lebih sedikit yaitu selama 73 hari. Ada selisih perbandingan waktu 78 hari antara metode LoB dan PDM. Dilihat dari efektivitas waktu pelaksanaan pekerjaan, metode PDM lebih cepat 78 hari dibandingkan dengan menggunakan metode LoB.

Metode penjadwalan dengan metode LoB memperlihatkan biaya pelaksanaan pekerjaan per-unit villa yang dibutuhkan dengan metode tersebut sebesar Rp. 158.951.026 dan untuk metode PDM mengeluarkan biaya sebesar Rp. 155,618,055. Terdapat selisih biaya sebesar Rp. 3.332.971, dimana metode PDM mengeluarkan biaya lebih sedikit daripada metode LoB.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari analisis diatas dapat disimpulkan bahwa perbandingan metode penjadwalan LoB dengan metode PDM sebagai berikut:

1. LoB memiliki tampilan yang sederhana dan cukup mudah untuk dipahami, sedangkan PDM memiliki tampilan yang lebih kompleks dan tidak mudah untuk dipahami. Selain itu LoB 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, sedangkan PDM dapat menunjukkan hubungan logika ketergantungan secara spesifik antar kegiatan dan dapat menentukan lintasan kritis proyek, sehingga dapat diketahui

kegiatan yang menjadi prioritas apabila terjadi keterlambatan pada pekerjaan proyek.

2. Durasi waktu pelaksanaan proyek struktur villa cemongkak melalui metode LoB dengan metode PDM diperoleh selisih waktu sebesar 78 hari. Dengan rincian metode LoB memerlukan durasi waktu pelaksanaan pekerjaan 151 hari dan metode PDM memerlukan durasi waktu pelaksanaan pekerjaan yaitu 73 hari. Dan dari segi biaya, metode penjadwalan dengan metode LoB membutuhkan biaya pelaksanaan pekerjaan per-unit villa sebesar Rp. 158.951.026 dan untuk metode PDM membutuhkan biaya sebesar Rp. 155,618,055. Terdapat selisih biaya sebesar Rp. 3.332.971, dimana metode PDM mengeluarkan biaya lebih sedikit daripada metode LoB.

Saran

Setelah analisis dan kesimpulan yang diperoleh, maka perlu dilakukan tindak lanjut sebagai berikut:

1. Dalam pemilihan metode penjadwalan suatu proyek harus mempertimbangkan jenis proyek yang akan dikerjakan sehingga dapat menentukan metode penjadwalan yang efektif. Dari analisis yang dilakukan, pelaksanaan pekerjaan proyek struktur villa cemongkak lebih cepat pengerjaan menggunakan metode PDM.
2. Penelitian yang dilakukan masih sebatas tinjauan teoritis sehingga diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat lebih mengarah pada pelaksanaan proyek di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alintuka, A.S. 2017. *Perbandingan Metode Diagram Preseden (PDM) Dan Line Of Balance (LOB) Dalam Penjadwalan Pembangunan Perumahan Graha Tenggara Indah*. (Jurnal Teknik Sipil Universitas Negeri Gorontalo)
- Ashfahani, A. 2016. *Peningkatan Pemahaman Materi Autocad Melalui Pembelajaran*

- Menggunakan Modul Bergambar Pada Siswa Smk Muhammadiyah 3 Yogyakarta Jurusan Teknik Gambar Bangunan. Tugas Akhir Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Yogyakarta.
- Aulia, M.A. 2017. *Analisis Penggunaan Metode Penjadwalan Line Of Balance Pada Proyek Konstruksi Repetitif (Studi Kasus Proyek Pembangunan Apartemen Candiland-Semarang)*. (Jurnal Karya Teknik Sipil Universitas Diponegoro)
- Budayana, W. 2018. *Analisis Perbandingan Penjadwalan PDM (Precedence Diagram Method) Dengan LOB (Line Of Balance) Pada Proyek Pembangunan Perumahan Di Daerah Ungasan*. (Tugas Akhir Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali)
- Dwipayana, A.A.G.M. 2018. *Studi Perbandingan Penjadwalan Proyek Metode Line Of Balance (LOB) Dengan Precedence Diagram Method (PDM) Pada Pekerjaan Peningkatan Jl. Bedahulu Di Kecamatan Denpasar Utara*. (Tugas Akhir Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali)
- Hutagaol, J.D., dan Sendi. 2013. *Perbandingan Metode Critical Path Method (CPM), Precedence Diagram Method (PDM), Dan Line Of Balance (LOB) Terhadap Proyek Repetitif*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.
- Kusnanto. 2010. *Penjadwalan Proyek Konstruksi Dengan Metode Pert (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung R.Kuliah Dan Perpustakaan Pgsd Kleco Fkip Uns Tahap I)*. Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Romadhoni, A.A. 2017. *Penerapan Line Of Balance (LOB) Untuk Menghitung Kebutuhan Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Konstruksi (Rehabilitasi Mushola Al Kautsar Kota Yogyakarta)*. Tugas Akhir Universitas Gajah Mada.
- Sastraatmadja, A.S. 1994. *Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan*. Nova, Bandung.
- Setiawan, F., dan Priambodo P.U. 2004. *Analisis Perencanaan Dan Pengendalian Waktu Dan Biaya Pada Proyek Konstruksi Dengan Precedence Diagram Method (PDM) (Studi Kasus Proyek Pembangunan Kampus D3 Ekonomi Universitas Islam Indonesia Yogyakarta)*. Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
- Wowor, F.N. 2013. *Aplikasi Microsoft Project Dalam Pengendalian Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Proyek*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado
- Yasa, M.S. 2020. *Pengaruh Percepatan Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi Gedung Terhadap Biaya Pelaksanaan. Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Lt. III SDN 7 Sesetan*. Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Ngurah Rai