

ANALISIS PENGGUNAAN METODE PENJADWALAN *LINE OF BALANCE* PADA PROYEK KONSTRUKSI REPETITIF (STUDI KASUS : PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN CANDILAND – SEMARANG)

Muhammad Abrar Aulia, Aulia Hashemi Farisi, M. Agung Wibowo *), Arif Hidayat *)

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Pemilihan metode penjadwalan proyek yang sesuai menjadi salah satu langkah guna memenuhi kebutuhan dalam pelaksanaan konstruksi. Proyek konstruksi yang memiliki pekerjaan yang berulang atau repetitif membutuhkan supply tenaga kerja yang menerus dan terjadwakan dengan baik, karena pekerjaan proyek yang berulang tersebut harus mampu terus melakukan progress tanpa tertunda. Penjadwalan proyek yang umum digunakan di proyek konstruksi berupa barchart dan PDM belum mampu memenuhi kebutuhan tersebut. Line of Balance (LoB) adalah metode penjadwalan proyek konstruksi berupa suatu garis yang mewakili satu jenis paket kegiatan berulang. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui mengapa LoB perlu diterapkan pada proyek repetitif serta kelebihan dan kekurangannya. Hasil analisa menunjukkan bahwa LOB cocok untuk diterapkan pada proyek repetitif karena mampu menjadwalkan pekerjaan berulang dan menganalisis kemungkinan terjadinya hambatan pada pelaksanaan konstruksi, walau tidak mampu menunjukkan logika ketergantungan antar pekerjaan.

Kata kunci: Metode Penjadwalan Proyek, Proyek Repetitif, LOB, Barchart, PDM.

ABSTRACT

Selection of the appropriate method of project scheduling method could be one step to meet the needs of the construction project. The construction project that has a repetitive work requires a continuous supply of labor and being scheduled well. It is because of the repetitive project work have to be able to make progress without delay. Project scheduling method that are commonly used in construction projects like barchart and PDM have not been able to meet those needs. Line of Balance (LOB) is project scheduling method that has a form of a line representing one type of repetitive activity packages. The purpose of this study is to determine why LOB needs to be applied to the project repetitive and its advantages and disadvantages. The analysis shows that the LOB is suitable to be applied to the project because it is able to schedule repetitive work and analyze the possibility of constraints on the implementation of the construction, although it is not able to show the logic dependencies between jobs.

Keywords: Project Scheduling Method, Repetitive Project, LOB, Barchart, PDM

*) Penulis Penanggung Jawab

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur yang ada di Indonesia didominasi oleh proyek konstruksi berupa gedung bertingkat, jalan raya dan perumahan. Proyek konstruksi tersebut di dalamnya terdapat paket kegiatan yang dikerjakan berulang atau pekerjaan repetitif. Proses penjadwalan proyek harus mampu menyesuaikan dengan karakteristik proyek. Pelaksanaan proyek konstruksi yang memiliki paket pekerjaan repetitif/berulang membutuhkan sebuah metode penjadwalan proyek yang mampu mengakomodasi keterbutuhan sumber daya yang menerus dan terjadwalkan dengan baik tanpa terjadinya suatu hambatan. Metode penjadwalan yang lebih umum digunakan seperti *barchart* dan PDM belum mampu memenuhi keterbutuhan tersebut. *Line of balance* adalah sebuah metode penjadwalan proyek yang berupa garis yang menggambarkan unit pekerjaan pada sumbu vertikal dan waktu pada sumbu horizontal. Penggunaan *Line of balance* dapat memberikan kemudahan untuk mengatur penggunaan sumber daya yang berkelanjutan tanpa adanya penundaan antar pekerjaan sehingga akan memberikan efisiensi jumlah tenaga kerja dan alat pada proyek. LOB pun mampu menunjukkan hambatan yang mungkin terjadi saat pekerjaan dilakukan sehingga pelaku konstruksi dapat berfokus pada titik-titik berpotensi terjadi gangguan. Hal-hal tersebut tidak dapat ditemukan dalam metode penjadwalan lain seperti *barchart* dan PDM.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang akan diteliti meliputi:

1. Mengapa LOB perlu diterapkan pada proyek konstruksi yang memiliki pekerjaan repetitif?
2. Apa kelebihan dan kekurangan metode penjadwalan LOB?

Tujuan Penelitian

1. Mengaplikasikan model penjadwalan proyek yang sesuai bagi proyek yang memiliki pekerjaan repetitif.
2. Menganalisa kelebihan dan kekurangan LOB dari segi penggunaan metode, perhitungan kecepatan produksi, logika ketergantungan, dan hambatan pada aktivitas kegiatan.

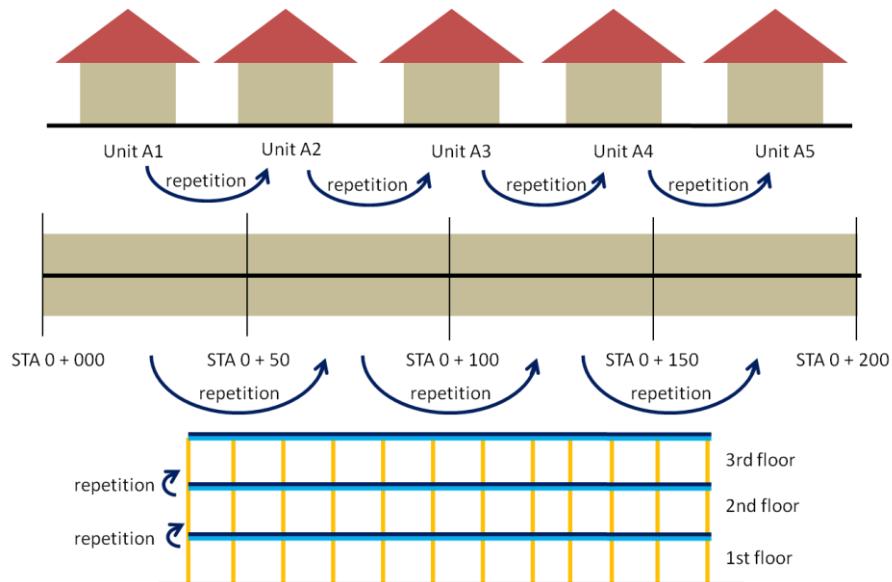
Kajian Pustaka

Konstruksi Repetitif

Konstruksi repetitif atau konstruksi berulang adalah konstruksi dengan kegiatan-kegiatan di dalamnya yang diulang dalam unit yang sama (Jaskowski, 2015). Contoh tipikal dari konstruksi repetitif (Gambar 1) antara lain: konstruksi gedung bertingkat (apartemen, hotel, gedung bertingkat fasilitas umum) dengan pengulangan pekerjaan yang sama pada setiap lantai tipikalnya, konstruksi jalan raya dengan pengulangan pekerjaan yang sama pada setiap dua stasiun, dan konstruksi perumahan dengan pengulangan pekerjaan yang sama pada setiap unit rumah.

Sebagaimana proyek-proyek konstruksi repetitif mempunyai porsi yang besar di industri konstruksi, dimana konstruksi perumahan, jalan, dan gedung bertingkat dibangun untuk memenuhi kebutuhan manusia untuk menjalankan aktivitas sehari-hari, maka penting

untuk mengembangkan metode penjadwalan khusus yang efisien untuk tipe proyek berkarakter pekerjaan berulang.



Gambar 1. Ilustrasi Proyek Repetitif
(Sumber: Ilustrasi Penyusun, 2016)

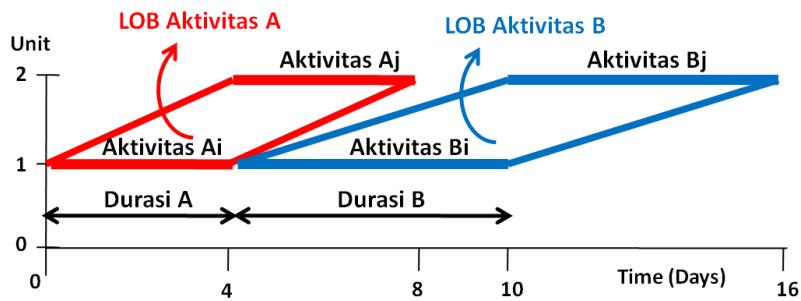
Line of Balance (LOB)

Line of balance pertama kali diterapkan pada industri manufaktur dan pengawasan produksi, dimana bertujuan untuk memperoleh atau mengevaluasi tingkat aliran garis produksi dari produk. Pada mulanya digunakan oleh Goodyear Company pada awal 1940 dan dikembangkan oleh U.S. Navy pada awal 1950 untuk merencanakan dan mengendalikan pekerjaan dengan unit berulang dan tidak berulang. LOB belum banyak dikembangkan dan diterapkan oleh industri konstruksi karena lebih populernya teknik *network scheduling* (Pai et al., 2013).

Teknik LOB menawarkan kelebihan (Pai et al., 2013) antara lain:

1. Memberikan kemampuan *project manager* untuk melihat, pada saat proses berjalananya proyek, apakah mereka mampu menyelesaikan proyek tepat waktu dengan melanjutkan cara bekerja yang sudah terealisasi.
2. Menunjukkan hambatan, memberikan kemampuan *project manager* untuk fokus pada titik-titik yang berpotensi terjadi gangguan.
3. Membantu mencegah timbulnya permasalahan perekutan tenaga kerja selama proses konstruksi.
4. Memberikan kemampuan *project manager* untuk memastikan proses perpindahan antar unit kerja dengan konflik minimal dan mengurangi waktu tunggu pekerja dan peralatan.

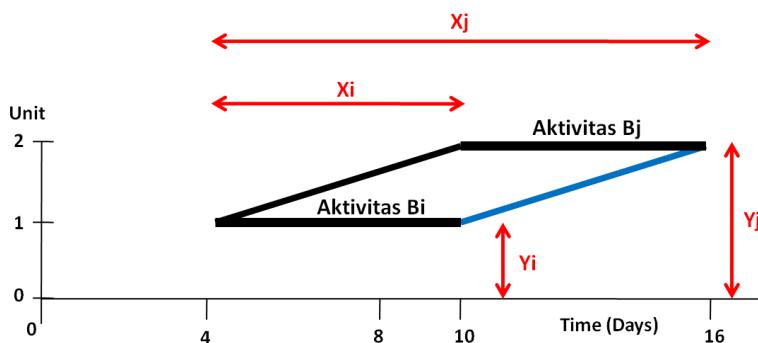
Menurut Mawdesley (1997), LOB mempunyai format dasar grafik X-Y dengan sumbu axis (X) merupakan variabel waktu dan sumbu ordinat (Y) merupakan variabel jumlah unit berulang. LOB pada penelitian ini akan digambarkan sebagai jajar genjang untuk setiap pekerjaan. Setiap aktivitas digambarkan sebagai garis horizontal sepanjang durasi (sumbu X) dan setinggi jumlah unitnya (sumbu Y).



Gambar 2. Penggambaran LOB (Sumber: Ilustrasi Penyusun, 2016)

Tingkat Produksi sebagai Fungsi Linear LOB

Setiap garis LOB, yang mewakili setiap pekerjaan, mempunyai kemiringan garis konstan/gradien (m) yang menunjukkan kecepatan produksi (Arditi dan Albulak, 1986). Jika telah diketahui kemiringan garis (Gambar 3), maka penentuan nilai pada setiap titik di sepanjang garis yang sama dapat ditentukan menggunakan persamaan linear.



Gambar 3. *Line of Balance* sebagai Fungsi Linear
 (Sumber: Ilustrasi Penyusun, 2016)

dimana,

m = kecepatan produksi pekerjaan yang ditinjau,

Y_j = unit keseluruhan pekerjaan yang ditinjau,

$$Y_i = \text{unit ke-1} = 1,$$

X_j = durasi keseluruhan pekerjaan yang ditinjau,

X_i = durasi pekerjaan setiap siklus

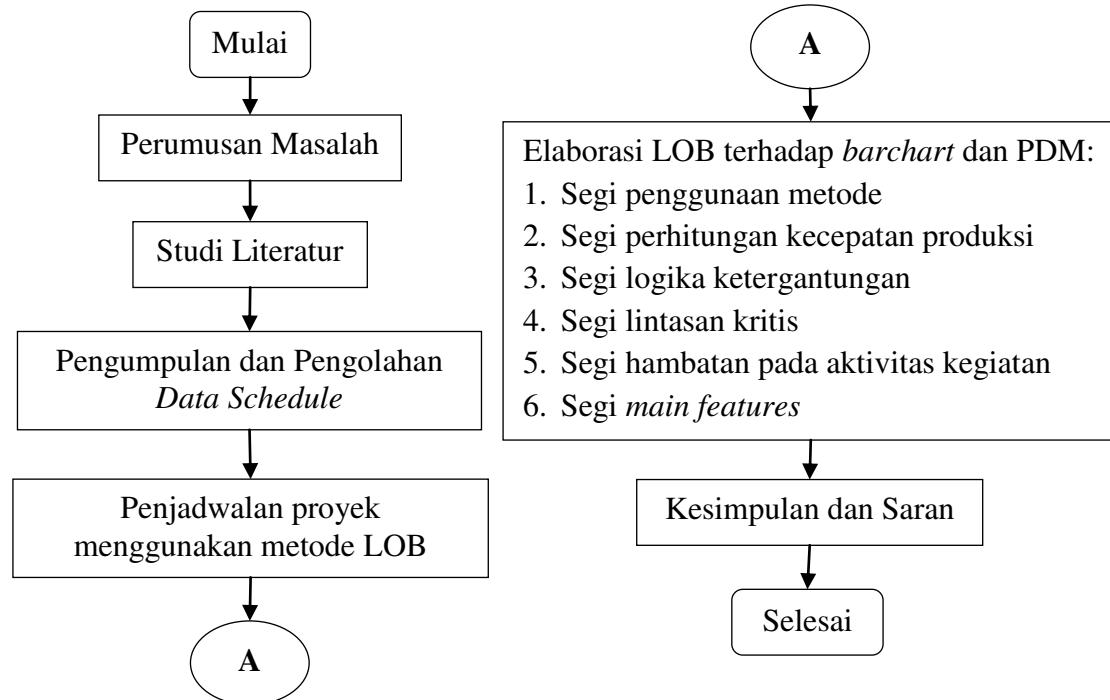
Prosedur LOB

Proses penjadwalan menggunakan LOB melibatkan beberapa tahapan dasar sebagai berikut (Su dan Lucko, 2015) (Uher, 1996):

1. Menyiapkan diagram logika yang menunjukkan urutan produksi satu siklus pekerjaan berulang
 2. Memperkirakan jumlah regu kerja untuk setiap aktivitas
 3. Menyiapkan jadwal LOB
 4. Menentukan waktu *buffer* (jika dikehendaki)
 5. Menggambar grafik LOB

METODE PENELITIAN

Dalam penulisan diperlukan adanya suatu metode yang menjelaskan tahapan-tahapan proses dari awal hingga akhir. Metode tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Bagan Alir Metode Penelitian

(Sumber: Ilustrasi Penyusun, 2016)

Tahapan Pengumpulan Data

Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari sumbernya, yaitu pada Proyek Pembangunan Apartemen Candiland Semarang. Data ini diperoleh baik melalui pengamatan dan wawancara mandalam (*in-depth interview*) secara langsung dengan pihak-pihak terkait, antara lain staf proyek, pelaksana lapangan, dan para ahli yang berpengalaman di bidangnya yang dapat dijadikan sumber info penelitian ini.

Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diambil secara tidak langsung. Data sekunder ini diambil melalui data-data proyek, laporan-laporan proyek, dan buku-buku literatur yang umumnya berupa teori, informasi, konsep dasar atau metode-metode yang dapat menunjang ataupun mendukung penulisan tugas akhir ini, seperti *time schedule* maupun data-data pendukung lainnya.

PEMBAHASAN

Line of balance akan diterapkan pada dua penjadwalan, pertama, jadwal keseluruhan meliputi pekerjaan struktur atas, pekerjaan arsitektur, dan pekerjaan MEP Proyek, kedua, meliputi detail pekerjaan struktur: besi kolom, bekisting kolom, cor kolom, beksiting balok dan perancah *half slab*, instalasi *half slab*, besi balok dan pelat, dan cor balok dan pelat.

Penjadwalan akan direncanakan mulai lantai 1 sampai dengan lantai 16 yang didasarkan pada bentuk denah yang tipikal untuk setiap lantainya.

Perhitungan tanggal mulai dan tanggal selesai dipengaruhi oleh durasi pekerjaan yang akan dihitung dibandingkan dengan durasi pekerjaan *predecessor*. Jika pekerjaan (*j*) yang akan dihitung berdurasi lebih cepat dari pekerjaan terdahulu (*i*), maka penentuan tanggal dihitung pada tanggal selesaiannya, dimana tanggal selesai pekerjaan (*j*) adalah penjumlahan dari tanggal selesaiannya pekerjaan (*i*) ditambah durasi satu siklus terakhir pekerjaan (*j*). Sedangkan jika pekerjaan (*j*) berdurasi sama atau lebih lama dari pekerjaan terdahulu (*i*), maka penentuan tanggal dihitung pada tanggal mulainya, dimana tanggal mulai pekerjaan (*j*) adalah penjumlahan dari tanggal mulai pekerjaan (*j*) ditambah durasi satu siklus pertama pekerjaan (*j*).

LOB Struktur, Arsitektur, dan MEP tanpa Ketentuan Durasi Keseluruhan Proyek

Penjadwalan jadwal pekerjaan struktur, arsitektur, dan MEP dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

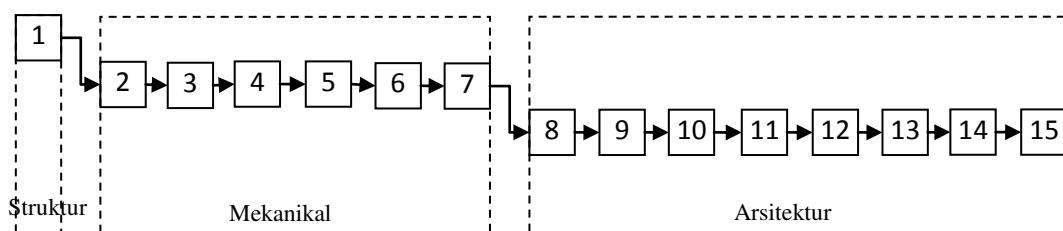
1. Menyiapkan daftar pekerjaan, dan durasi tiap siklus pekerjaan (**Tabel 1**)

Tabel 1. Daftar dan Durasi Setiap Pekerjaan

No	Daftar Pekerjaan	Durasi Setiap Lantai		No	Daftar Pekerjaan	Durasi Setiap Lantai		No	Daftar Pekerjaan	Durasi Setiap Lantai	
		(Hari)				(Hari)				(Hari)	
1	Struktur	18	7		Penyelesaian Plafon	8	13		Elektronika	9	
2	Dinding Luar	9	8		Barang Saniter	7	14		Plumbing	9	
3	Dinding Dalam dan Partisi	9	9		Penyelesaian Tangga	6	15		Lift	6	
4	Penyelesaian Dinding	8	10		Tata Udara	6			Total	128	
5	Pintu Jendela	8	11		Elektrikal	9					
6	Penyelesaian Lantai	7	12		Hydrant	9					

Sumber: Data Proyek Apartemen Candiland Semarang PT PP, 2016

2. Membuat diagram logika urutan pekerjaan satu siklus



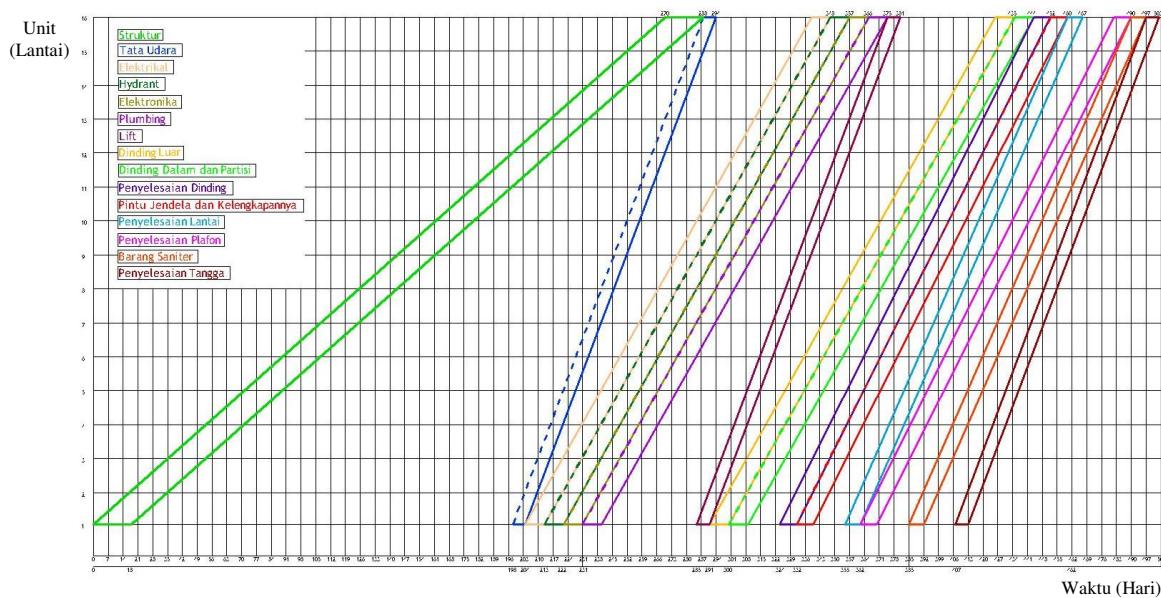
Keterangan: Daftar pekerjaan seperti pada Tabel 1

Gambar 5. Diagram Logika Urutan Pekerjaan Satu Siklus

3. Penyusunan jadwal LOB

Tabel 2. Jadwal LOB Pekerjaan Struktur, Arsitektur, dan MEP

No	Daftar Pekerjaan	Durasi	Durasi	Tgl Perhitungan	Tgl. Mulai	Tgl. Perhitungan	Tgl. Selesai
		Setiap Lantai (Hari)	16 Lantai (Hari)				
1	Struktur	18	288	0	0	0 + 288	288
2	Tata Udara	6	96	294 - 96	198	288 + 6	294
3	Elektrikal	9	144	198 + 6	204	204 + 144	348
4	<i>Hydrant</i>	9	144	204 + 9	213	213 + 144	357
5	Elektronika	9	144	213 + 9	222	222 + 144	366
6	<i>Plumbing</i>	9	144	222 + 9	231	231 + 144	375
7	<i>Lift</i>	6	96	381 - 96	285	375 + 6	381
8	Dinding Luar	9	144	285 + 6	291	291 + 144	435
9	Dinding Dalam dan Partisi	9	144	291 + 9	300	300 + 144	444
10	Penyelesaian Dinding	8	128	452 - 128	324	444 + 8	452
11	Pintu Jendela	8	128	324 + 8	332	332 + 128	460
12	Penyelesaian Lantai	7	112	467 - 112	355	460 + 7	467
13	Penyelesaian Plafon	8	128	355 + 7	362	362 + 128	490
14	Barang Saniter	7	112	497 - 112	385	490 + 7	497
15	Penyelesaian Tangga	6	96	503 - 96	407	497 + 6	503



Gambar 6. Grafik LOB

4. Analisis Grafik LOB (Gambar 5)

Durasi keseluruhan pekerjaan struktur, arsitektur, dan MEP yang dihasilkan dari penjadwalan menggunakan LOB yaitu selama 503 hari. Pekerjaan "struktur" direncanakan mulai pada hari ke-0 dan selesai pada hari ke-288. Pekerjaan

“MEP” direncanakan mulai pada hari ke-198 dan selesai pada hari ke-381, pekerjaan “arsitektur” direncanakan mulai pada hari ke-275 dan selesai pada hari ke-458.

Pekerjaan “tata udara”, dijadwalkan dari tanggal selesai, direncanakan mulai pada hari ke-198 dan selesai pada hari ke-294. Pekerjaan “elektrikal”, dijadwalkan dari tanggal mulai, direncanakan mulai pada hari ke-204 dan selesai pada hari ke-348. Pekerjaan “hydrant”, dijadwalkan dari tanggal mulai, direncanakan mulai pada hari ke-213 dan selesai pada hari ke-357. Pekerjaan “elektronika”, dijadwalkan dari tanggal mulai, direncanakan mulai pada hari ke-222 dan selesai pada hari ke-366. Pekerjaan “plumbing”, dijadwalkan dari tanggal mulai, direncanakan mulai pada hari ke-231 dan selesai pada hari ke-375. Pekerjaan “lift”, dijadwalkan dari tanggal selesai, direncanakan mulai pada hari ke-285 dan selesai pada hari ke-381.

Pekerjaan “dinding luar”, dijadwalkan dari tanggal mulai, direncanakan mulai pada hari ke-291 dan selesai pada hari ke-435. Pekerjaan “dinding dalam dan partisi”, dijadwalkan dari tanggal mulai, direncanakan mulai pada hari ke-300 dan selesai pada hari ke-444. Pekerjaan “penyelesaian dinding”, dijadwalkan dari tanggal selesai, direncanakan mulai pada hari ke-324 dan selesai pada hari ke-452. Pekerjaan “pintu jendela dan kelengkapannya”, dijadwalkan dari tanggal mulai, direncanakan mulai pada hari ke- 332 dan selesai pada hari ke-460. Pekerjaan “penyelesaian lantai”, dijadwalkan dari tanggal selesai, direncanakan mulai pada hari ke- 355 dan selesai pada hari ke-467. Pekerjaan “penyelesaian plafon”, dijadwalkan dari tanggal mulai, direncanakan mulai pada hari ke- 362 dan selesai pada hari ke-490. Pekerjaan “barang saniter”, dijadwalkan dari tanggal selesai, direncanakan mulai pada hari ke-385 dan selesai pada hari ke-497. Pekerjaan “penyelesaian tangga”, dijadwalkan dari tanggal selesai, direncanakan mulai pada hari ke-407 dan selesai pada hari ke-503.

Jika proyek dilaksanakan sesuai jadwal, *delivery rate* proyek yaitu 1 unit lantai setiap 6 hari setelah pekerjaan “penyelesaian tangga” lantai pertama selesai pada hari ke-413 (407 + 6). *Delivery rate* ditabelkan pada Tabel 3.

Tabel 3. *Delivery Rate*

No	Daftar Pekerjaan	Durasi Total (Hari)	<i>Delivery Rate</i> (Lantai/Hari)
1	Struktur	288	0,056
2	Tata Udara	96	0,167
3	Elektrikal	144	0,111
4	Hydrant	144	0,111
5	Elektronika	144	0,111
6	Plumbing	144	0,111
7	Lift	96	0,167
8	Dinding Luar	144	0,111
9	Dinding Dalam dan Partisi	144	0,111
10	Penyelesaian Dinding	128	0,125
11	Pintu Jendela	128	0,125
12	Penyelesaian Lantai	112	0,143
13	Penyelesaian Plafon	128	0,125
14	Barang Saniter	112	0,143
15	Penyelesaian Tangga	96	0,167

Jadwal masing-masing pekerjaan untuk setiap lantainya kemudian dapat dihitung menggunakan persamaan (1) yang ditabelkan seperti pada Tabel 4 sampai dengan 6.

Tabel 4. Jadwal Pekerjaan Setiap Lantai (1)

UNIT	Struktur		Tata Udara		Elektrikal		Hydrant		Elektronika	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	0	18	198	204	204	213	213	222	222	231
2	18	36	204	210	213	222	222	231	231	240
3	36	54	210	216	222	231	231	240	240	249
4	54	72	216	222	231	240	240	249	249	258
5	72	90	222	228	240	249	249	258	258	267
6	90	108	228	234	249	258	258	267	267	276
7	108	126	234	240	258	267	267	276	276	285
8	126	144	240	246	267	276	276	285	285	294
9	144	162	246	252	276	285	285	294	294	303
10	162	180	252	258	285	294	294	303	303	312
11	180	198	258	264	294	303	303	312	312	321
12	198	216	264	270	303	312	312	321	321	330
13	216	234	270	276	312	321	321	330	330	339
14	234	252	276	282	321	330	330	339	339	348
15	252	270	282	288	330	339	339	348	348	357
16	270	288	288	294	339	348	348	357	357	366

Tabel 5. Jadwal Pekerjaan Setiap Lantai (2)

UNIT	Plumbing		Lift		Dinding Luar		Dind. Dalam		Peny. Dinding	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	231	240	285	291	291	300	300	309	324	332
2	240	249	291	297	300	309	309	318	332	340
3	249	258	297	303	309	318	318	327	340	348
4	258	267	303	309	318	327	327	336	348	356
5	267	276	309	315	327	336	336	345	356	364
6	276	285	315	321	336	345	345	354	364	372
7	285	294	321	327	345	354	354	363	372	380
8	294	303	327	333	354	363	363	372	380	388
9	303	312	333	339	363	372	372	381	388	396
10	312	321	339	345	372	381	381	390	396	404
11	321	330	345	351	381	390	390	399	404	412
12	330	339	351	357	390	399	399	408	412	420
13	339	348	357	363	399	408	408	417	420	428
14	348	357	363	369	408	417	417	426	428	436
15	357	366	369	375	417	426	426	435	436	444
16	366	375	375	381	426	435	435	444	444	452

Tabel 6. Jadwal Pekerjaan Setiap Lantai (3)

UNIT	Pintu Jendela		Peny. Lantai		Peny. Plafon		Saniter		Peny. Tangga	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	332	340	355	362	362	370	385	392	407	413
2	340	348	362	369	370	378	392	399	413	419
3	348	356	369	376	378	386	399	406	419	425
4	356	364	376	383	386	394	406	413	425	431
5	364	372	383	390	394	402	413	420	431	437
6	372	380	390	397	402	410	420	427	437	443
7	380	388	397	404	410	418	427	434	443	449
8	388	396	404	411	418	426	434	441	449	455
9	396	404	411	418	426	434	441	448	455	461
10	404	412	418	425	434	442	448	455	461	467
11	412	420	425	432	442	450	455	462	467	473
12	420	428	432	439	450	458	462	469	473	479
13	428	436	439	446	458	466	469	476	479	485
14	436	444	446	453	466	474	476	483	485	491
15	444	452	453	460	474	482	483	490	491	497
16	452	460	460	467	482	490	490	497	497	503

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan:

1. Metode *Line of Balance* (LOB) merupakan metode penjadwalan proyek yang sesuai untuk diterapkan pada proyek konstruksi dengan paket pekerjaan berulang, karena LOB mampu menampilkan dengan baik jadwal paket pekerjaan berulang untuk setiap unit dalam bentuk diagram garis.
2. LOB bersifat sederhana, mudah untuk dimengerti karena berupa garis yang menunjukkan produktifitas suatu pekerjaan. Namun tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan. LOB memiliki kelebihan dapat mendeteksi secara langsung kegiatan yang mengalami gangguan dalam penjadwalan proyek dengan melihat ada tidaknya diagram batang yang saling berpotongan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, T. H., 1992. *Prinsip-prinsip Network Planning*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Arditi, D., & Albulak, M. Z., 1986. *Line of Balance Scheduling in Pavement Construction*, J. Construct. Eng. And Mgmt., ASCE, 112(3), 411-424.
- Arditi, D. & Patel, B. K., 1989. *Impact Analysis of Owner-Directed Acceleration*, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, vol. 115, no.1, 144-157.
- Arditi, D., Sikangwan, P., Tokdemir, O., 2002. *Scheduling System for High-Rise Building Construction*, Constr. Manage. Econom., 20(4), 353-364.
- Creswell, J. W., 2013. *Researcr Design: Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- El Rayes, K., & Moselhi, O., 2001. *Optimizing Resource Utilization for Repetitive Construction Projects*, Journal of Construction Engineering and Management, 18-27.

- Ervianto, Wulfram, I., 2005. *Manajemen Proyek Konstruksi (Edisi Revisi), Edisi III*, Andi, Yogyakarta.
- Harris, R. B., & Iannou, P. G., 1998. *Repetitive Scheduling Method*, University of Michigan, Michigan.
- Hyari, K., & El-Rayes, K., (t.thn.). A *Multi-objective Model for Optimizing Construction Planning of Repetitive Infrastructure Projects*, 1-9.
- Jaskowski, P., 2015. *Repetitive Construction Process Scheduling Using Mixed-Integer Linear Programming*, Budownictwo i Architektura 14(2), 55-61.
- Kemmer, S. L., Heineck, L. M., & Alves, T. C., 2008. *Using the Line of Balance for Production System Design*, The 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 299-308.
- Kraiem, Z. K., and Dickmann, 1987. *Concurrent Delays in Construction Projects*, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, vol. 113, no. 4, 591-602.
- Laksito, B., 2005. *Studi Komparatif Penjadwalan Proyek Konstruksi Repetitif Menggunakan Metode Penjadwalan Berulang (RSM) dan Metode Diagram Preseden (PDM)*. Media Teknik Sipil, 85-91.
- Mawdesley, M. J., Askew, W. H., O'Reilly, M., 1997. *Planning and Controlling Construction Project*, The Chartered Institute of Building, England.
- Nunally, 1980. *Construction Method and Management*, Prentice Hall.
- Olomolaiye, P. O., Jayawardane, A. K., Harris, F. C., 1998. *Construction Productivity Management*, Addison Wesley Longman Singapore, Harlow.
- Pai, S. K., Verguese, P., Rai, S., 2013. *Application of Line of Balance Scheduling Technique (LOBST) for Real Estate Sector*, International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR) Volume 2, Issue 1, 82-95.
- Proboyo, B., 1999. Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek: Klasifikasi dan Peringkat dari Penyebab-Penyebabnya, Dimensi Teknik Sipil Volume 1 Universitas Kristen Petra.
- Seppanen, O., & Aalto, E., 2005. *A Case Study of Line-of-Balance Based Schedule Planning and Control System*, ResearchGate, 271-279.
- Soeharto, I., 1997. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Su, Y., Lucko, G., (2015). *Comparison and Renaissance of Classic Line-of-Balance and Linear Schedule Concepts for Construction Industry*, DOI 10.5592 Research Paper (1315-1329).
- Sugiyono, 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Alfabeta, Bandung.
- Uher, T. E., 1996. *Programming and Scheduling Techniques. Construction Project Management and Economic Unit*, School of Building, University of New South Wales, Australia.