

METODE KESEIMBANGAN GARIS (*LINE OF BALANCE*) PADA PENJADWALAN PROYEK REPETITIF

Andi Maddeppungeng¹, Arief Budiman², dan Shenantiasya Goldhand Christopher³

¹Prodi Teknik Sipil, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Kota Cilegon Banten Indonesia, 42435

Email korespondensi: andi_made@yahoo.com

²Prodi Teknik Sipil, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Kota Cilegon Banten Indonesia, 42435

Email : ariefbudiman@untirta.ac.id

³Prodi Teknik Sipil, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Kota Cilegon Banten Indonesia, 42435

Email : goldhandc13@gmail.com

ABSTRAK

Penjadwalan menentukan keberhasilan proyek. Penelitian ini membahas tentang penjadwalan ulang yang efektif bangunan Proyek Gedung Multifungsi yang memiliki pekerjaan bersifat repetitif. Proyek Gedung Multifungsi terdiri bangunan *Mall* yang memiliki 3 lantai dan MPB (*Multi Purpose Building*) yang memiliki 23 lantai. Proyek ini memiliki durasi secara keseluruhan 672 hari. Metode yang digunakan yaitu metode *Line of Balance* yang berupa garis vertikal yang menggambarkan unit pekerjaan dan sumbu horizontal yang menggambarkan waktu. Penelitian kuantitatif disajikan dalam bentuk informasi angka. Data yang berupa *master schedule*, dan data pekerja diolah sehingga menjadi sebuah diagram *Line of Balance* yang efektif dengan tiap garis diagram tidak saling berpotongan. Hasil penelitian menunjukkan total penjadwalan efektif dengan menggunakan Metode *Line of Balance* durasi pada bangunan *Mall* dan *Multi Purpose Building* didapatkan 514 hari dan 338 hari. Terdapat selisih durasi pada bangunan *Mall* 158 hari lebih lambat daripada *existing schedule* dan pada bangunan *Multi Purpose Building* 127 hari lebih cepat dibanding *existing schedule*. Dapat disimpulkan bahwa metode *Line of Balance* efektif bila digunakan pada bangunan yang memiliki unit/ lantai bangunan yang banyak.

Kata Kunci: *Line of balance, Mall, multi purpose building, master schedule*

ABSTRACT

Scheduling are critical to the success of the project. This study discusses the effective rescheduling of buildings with case studies on Multifunction Building Projects that have repetitive work. The Multifunction Building Project consists of a Mall building which has 3 floors and a MPB (Multi Purpose Building) which has 23 floors. The project has an overall duration of 672 days. The method used is the Line of Balance method in the form of a vertical line that describes the work unit and a horizontal axis that describes time. Quantitative research is presented in the form of numerical information. The data in the form of a master schedule and worker data are processed so as to make an effective Line of Balance diagram with each diagram line not intersecting each other. The results showed that the total effective scheduling using the Line of Balance method for the duration of the Mall building and Multi Purpose Building was 514 days and 338 days. There is a difference in duration in the Mall building 158 days later than the existing schedule and in the Multi Purpose Building 127 days faster than the existing schedule. It can be concluded that the Line of Balance method is effective when used in buildings that have many building units/floors.

Keywords: *line of balance, Mall, multi purpose building, master schedule*

1. PENDAHULUAN

Padatnya penduduk ditengah kota, dalam bisnis properti tidak bisa dilepaskan dari konsep penataan ruang yang semakin dikembangkan yaitu konsep bangunan multifungsi. Perbedaan dari konsep multifungsi dengan Superblok yaitu dari jumlah bangunan dalam kawasan. Kawasan superblok memiliki jumlah bangunan yang banyak dibanding kawasan multifungsi. Sedangkan multifungsi menggunakan bangunan yang sama untuk mengakses segala jenis kebutuhan masyarakat [11].

Dalam hal ini Proyek *Mixed Use* atau Proyek Gedung Multifungsi di kota Tangerang dengan luas lahan 93.000 m² dan luas bangunan sebesar 300.799,54 m² terdiri dari *Trade Mall, Hotel, Office* dan *Apartement Building*.

Proyek melibatkan banyak pekerja yang kegiatannya saling berhubungan agar penggunaan sumber daya yang efektif untuk menyelesaikan proyek tepat waktu [12].

Upaya proyek untuk mencapai tujuan, sasaran, dan harapan yaitu menggunakan sumber anggaran yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu [8].

Manajemen sebagai proses kordinasi disempurnakan melalui orang lain secara efektif dan efisien [10].

Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisasikan, memimpin, dan mengendalikan sumber daya untuk mencapai sasaran yang ditentukan menggunakan pendekatan sistem dan hierarki [5].

Keberhasilan proyek konstruksi bergantung pada penjadwalan dan perencanaan. Perencanaan baik diharapkan proyek dapat selesai dengan terget waktu yang ditentukan, penggunaan biaya yang efisien, dan kualitas pekerjaan sesuai yang diharapkan [14].

Line of Balance merupakan sebuah metode penjadwalan proyek yang berupa garis yang menggambarkan unit pekerjaan pada sumbu vertikal dan waktu pada sumbu

horizontal. *Line of Balance* juga mampu menunjukkan hambatan beresiko pada pekerjaan sehingga para konstruksi dapat berfokus pada titik yang berpotensi mengalami gangguan [12].

Line of Balance dikenalkan oleh *Goodyear Company* tahun 1940, dikembangkan oleh *U.S. Navy* tahun 1950 untuk merencanakan dan mengendalikan pekerjaan berulang dan tidak berulang. Kemudian diadaptasi untuk merencanakan dan mengendalikan proyek, dimana produktifitas sumber daya sebagai bagian penting [6].

Line of Balance memiliki pemahaman yang baik dalam proyek dari kegiatan berulang karena memberikan kemungkinan dalam mengatur tingkat produktifitas kegiatan pekerjaan [1]. Menurut Mawdesley, *Line of Balance* memiliki format yang sumbu X merupakan variabel waktu dan sumbu Y merupakan variabel unit berulang [7].

Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- Menganalisis penjadwalan ulang yang efektif menggunakan Metode *Line of Balance* proyek Gedung Multifungsi.
- Mengetahui pekerjaan yang bersiko menghambat pelaksanaan proyek.
- Menganalisis perbandingan antara pelaksanaan pekerjaan dengan metode *Line of Balance* dengan *existing schedule* (Ms. Project).
- Mengetahui kelebihan dan kekurangan *Line of Balance* dari segi penggunaan metode, perhitungan, dan logika ketergantungan.

Tinjauan pustaka

- Edo Andreza Fauzy Laksono [3]. “ Analisis Penjadwalan Ulang Pelaksanaan Proyek Pembangunan Jalur Ganda Kereta Api Kroya – Kutoarjo menggunakan Metode *Line Of Balance*”. Didapatkan selisih durasi 526 hari dengan penjawalan *existing*. LoB efektif untuk proyek yang memiliki kegiatan yang berulang karena mampu

mendeteksi kegiatan yang mengalami gangguan.

- b. Aulia M. [2]. "Analisis Penggunaan Metode Penjadwalan *Line Of Balance* Pada Proyek Konstruksi Repetitif Proyek Apartemen Semarang". Kesimpulan Metode LoB berupa garis produktifitas pekerjaan, tetapi tidak menunjukkan logika ketergantungan kegiatan.
- c. Wahyu Tri Prasetyo [9]. "Analisis Penjadwalan Ulang Pelaksanaan Proyek Jalan Dengan *Line Of Balance*". Kesimpulan Metode LoB, terdapat konflik adanya 2 pekerjaan pada 1 *section*. Untuk mengatasi menggunakan *distance buffer* dan peningkatan produktivitas.
- d. Willim Sudarson [15]. "Evaluasi Penjadwalan Proyek Dengan Metode *Line Of Balance* (Lob)". Kesimpulan Metode LoB dapat menentukan mulainya pekerjaan dengan tepat, dan mengetahui konflik antar item pekerjaan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode *Line of Balance* dengan objek penelitian Proyek Gedung Multifungsi. Penelitian ini bersifat kuantitatif.

Pengumpulan data

Data penelitian ini :

- a. Data Primer
 - Kelompok kerja
 - Cuaca lokasi
 - Pekerjaan berulang
- b. Data Sekunder
 - *Master Schedule*
 - Gambar Proyek
 - Jumlah Pekerja

Pengolahan data menggunakan *software* Microsoft Excel untuk menghitung ulang waktu pekerjaan dan membuat grafik *Line of Balance* setiap kelompok pekerjaan yang bersifat linier.

Analisis penjadwalan efektif dengan LoB

- a. Membuat logika ketergantungan pekerjaan yang memiliki sifat berulang.
- b. Menentukan lamanya waktu tiap kegiatan dengan menggunakan rumus [14]
 - Jumlah Jam kerja mingguan (M).

$$M = \text{Jumlah Pekerja} \times \text{durasi} \times \text{Jumlah jam kerja per hari} \quad (1)$$
 - Menghitung Jumlah total pekerja mingguan secara teoritis (N)

$$N = \frac{M \times \text{Unit target mingguan}}{\text{Jam kerja minggu}} \quad (2)$$
 - Menentukan perkiraan jumlah pekerja pada kelompok kerja per jenis pekerjaan (n).
 - Menentukan jumlah kelompok kerja yang dibutuhkan (H).
 - Menentukan jumlah pekerja yang dibutuhkan dalam 1 kelompok (A).

$$A = n \times H \quad (3)$$
 - Menentukan rata-rata aktual kelompok kerja yang digunakan (R).

$$R = \frac{A \times \text{jam kerja per minggu}}{M} \quad (4)$$
 - Menentukan waktu pengerjaan jenis pekerjaan dalam 1 unit (t)

$$t = \frac{M}{n \times \text{jumlah jam kerja per hari}} \quad (5)$$
 - Menentukan jarak waktu yang diperlukan untuk memulai pekerjaan pada unit terakhir (T).

$$T = \frac{\text{Target pekerjaan unit-1}}{R} \times \text{Hari Kerja} \quad (6)$$
- c. Menentukan *buffer time*/ waktu penyangga tiap kelompok pekerjaan [15].
- d. Membuat diagram *Line of Balance* yang sudah diberikan *buffer time*.
- e. Perpotongan garis linear diagram maka dilakukan penundaan atau percepatan durasi hingga tidak terjadi perpotongan.
- f. Garis diagram *Line of Balance* tidak ada perpotongan, maka dilakukan perbandingan durasi *Line of Balance* dengan durasi *existing schedule*.

Analisis pekerjaan yang berisiko terjadi hambatan

Setelah dibuatnya diagram LoB yang dilakukan pada tahap sebelumnya, diagram tersebut menampilkan garis-garis tiap item pekerjaan. Pekerjaan yang berisiko terjadi hambatan dapat dilihat dari garis LoB yang saling berpotongan.

Analisis perbandingan durasi

Didapatkannya durasi dari diagram *line of balance*, lakukan perbandingan antara total durasi dari metode *line of balance* dengan durasi *existing schedule*.

Analisis kelebihan kekurangan metode *line of balance*

Berdasarkan data dan hasil yang didapatkan penulis, dapat disimpulkan kelebihan dan kekurangan dari metode *line of balance* baik dari segi perhitungan, keefektifan, hubungan ketergantungan antar item pekerjaan.

- a. Pembahasan

Hasil wawancara dengan Project Manager dan Konsultan Pengawas, didapat data:

 - Gambar Proyek;
 - Master Schedule
 - Jumlah pekerja
 - Cuaca lokasi proyek
 - Target waktu penyelesaian
- b. Jadwal Metode *Line of Balance*

Pembuatan jadwal Metode *Line of Balance* terdapat variabel yang dihitung.

 - Jumlah jam kerja per hari (10 jam)
 - Hari kerja (7 hari)
 - Jumlah jam kerja perminggu (70 jam)
 - Target pekerjaan *Mall* (3 Lantai)
 - Target pekerjaan *MPB* (23 Lantai)
 - Durasi Pekerjaan *Mall*(356 hari)

- Durasi Pekerjaan *MPB* (465 Hari)
- Target perminggu *Mall* (0,0590)
- Target perminggu *MPB* (0,346)

Perhitungan pada pekerjaan struktur utama *Multi Purpose Building*.

- a. Menghitung jumlah jam kerja per kelompok target mingguan (M).
 $M = 150 \times 11,087 \times 10 = 16630$ jam
- b. Menghitung jumlah pekerja untuk target pekerjaan mingguan secara teoritis (N)
 $N = \frac{16630 \times 0,346}{70} = 82$ orang
- c. Menentukan jumlah pekerja pada kelompok kerja per jenis pekerjaan (n).
 $n = 100$ orang
- d. Menentukan jumlah kelompok kerja yang dibutuhkan (H).
 $H = 3$ kelompok
- e. Menentukan jumlah pekerja yang dibutuhkan dalam satu kelompok (A).
 $A = 100 \times 3 = 300$ orang
- f. Menentukan rata-rata aktual kelompok kerja yang digunakan (R).
 $R = \frac{300 \times 70}{16630} = 1,263$ orang
- g. Menentukan waktu pengerjaan jenis pekerjaan dalam 1 unit (t)
 $t = \frac{16630}{100 \times 10} = 17$ hari
- h. Menentukan jarak waktu yang diperlukan untuk memulai pekerjaan pada unit terakhir (T).
 $T = \frac{23-1}{1,263} \times 7 = 122$ hari

Hasil perhitungan merupakan rekapitulasi semua jenis pekerjaan dengan Metode *Line of Balance* pada bangunan *Mall* dan *MPB* dengan penambahan *buffer* dilihat Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi LoB

No	Identifikasi Jenis Pekerjaan	Jumlah Pekerja	Durasi Pekerjaan (Hari)	Durasi Pekerjaan (Hari/Lantai)	M (Hari)	N (Orang)	n (orang)	H (K el.)	A (Orang)	R	t (Hari)	T (Hari)	Waktu Buffer
Pekerjaan Struktur Utama													
1	Konstruksi Struktur utama Mall	125	214	71	891 67	75	150	3	450	0,353	59	40	4
2	Konstruksi Struktur Sekunder Mall lantai 1-3	125	60	20	250 00	21	150	3	450	1,260	17	11	0
3	Konstruksi Struktur utama MPB Lantai 1-23	150	255	11	166 30	82	100	3	300	1,263	17	12 2	0
4	Konstruksi Struktur Sekunder MPB Lantai 1-23	150	184	8	120 00	59	100	3	300	1,750	12	88	0
Konstruksi Elevator Formal													
1	Konstruksi Elevator resmi pada Mall Komersial	25	100	33	833 3	7	25	3	75	0,630	33	22	0
2	Konstruksi Elevator resmi pada Tower MPB	25	120	5	130 4	6	10	3	30	1,610	13	96	0
Konstruksi dekorasi yang kasar													
3	Konstruksi dekorasi kasar Mall lantai 1F	45	60	20	900 0	8	35	3	105	0,817	26	17	15
4	Konstruksi dekorasi kasar Lantai 1-23 MPB	80	184	8	640 0	32	35	3	105	1,148	18	13 4	15
Instalasi Elektromekanikal													

No	Identifikasi Jenis Pekerjaan	Jumlah Pekerja	Durasi Peke rjaan (Hari)	Durasi Pekerj aan (Hari/ Lantai)	M (Ha ri)	N (Or ang)	n (or ang)	H (K el.)	A (Or ang)	R	t (H ari)	T (H ari)	Wa ktu Buf fer
dan Konstruksi Mall													
1	Instalasi perpipaan dan peralatan listrik Mall Komersial	100	216	72	72000	61	125	2	250	0,243	58	58	7
2	Pasokan air Mall Komersial dan pipa drainase dan instalasi peralatan	100	216	72	72000	61	125	2	250	0,243	58	58	7
3	Instalasi pipa dan peralatan pemadam kebakaran Mall Komersial	100	216	72	72000	61	125	2	250	0,243	58	58	7
4	Instalasi pipa dan peralatan HVAC Mall Komersial	100	216	72	72000	61	125	2	250	0,243	58	58	7
5	Instalasi pipa arus lemah dan instalasi peralatan Komersial Mall	100	216	72	72000	61	125	2	250	0,243	58	58	7
6	Pengujian dan debugging sistem kelistrikan Mall Komersial	35	20	7	2333	2	35	2	70	2,100	7	7	7
7	Pengujian dan debugging sistem pasokan air dan drainase	35	20	7	2333	2	35	2	70	2,100	7	7	7

No	Identifikasi Jenis Pekerjaan	Jumlah Pekerja	Durasi Pekerjaan (Hari)	Durasi Pekerjaan (Hari/Lantai)	M (Hari)	N (Orang)	n (orang)	H (K.el.)	A (Orang)	R	t (Hari)	T (Hari)	Waktu Buffer
	<i>Mall komersial</i>												
8	Pengujian dan debugging sistem proteksi kebakaran <i>Mall Komersial</i>	35	20	7	233 3	2	35	2	70	2,100	7	7	7
9	Pengujian dan commissioning sistem <i>Mall HVAC Komersial</i>	35	20	7	233 3	2	35	2	70	2,100	7	7	7
10	Pengujian dan debugging sistem saat ini lemah di <i>Mall Komersial</i>	35	20	7	233 3	2	35	2	70	2,100	7	7	0
11	Commissioning Bersama Elektromekanis <i>Mall Komersial</i>	35	20	7	233 3	2	35	2	70	2,100	7	7	0
Instalasi mekanikal dan elektrikal Tower MPB													
1	Instalasi Peralatan Elektromekanikal Tower MPB	125	285	12	154 89	77	150	2	300	1,356	10	11 4	0
2	Instalasi perpipaan dan peralatan listrik Tower MPB	125	285	12	154 89	77	150	2	300	1,356	10	11 4	0
3	Pasokan air Tower MPB dan pipa drainase dan	125	285	12	154 89	77	150	2	300	1,356	10	11 4	0

No	Identifikasi Jenis Pekerjaan	Jumlah Pekerja	Durasi Pekerjaan (Hari)	Durasi Pekerjaan (Hari/Lantai)	M (Hari)	N (Orang)	n (orang)	H (K.el.)	A (Orang)	R	t (Hari)	T (Hari)	Waktu Buffer
	instalasi peralatan												
4	Instalasi pipa dan peralatan pemadam kebakaran Tower MPB	125	285	12	15489	77	150	2	300	1,356	10	114	0
5	Instalasi pipa dan peralatan HVAC Tower MPB	125	285	12	15489	77	150	2	300	1,356	10	114	0
6	Instalasi pipa arus lemah dan instalasi peralatan Tower MPB	125	285	12	15489	77	150	2	300	1,356	10	114	0
7	Pengujian dan debugging sistem kelistrikan Tower MPB	35	15	1	228	1	30	2	60	18,400	1	8	0
8	Pengujian dan debugging sistem pasokan air dan drainase Tower MPB	35	15	1	228	1	30	2	60	18,400	1	8	0
9	Pengujian dan debugging sistem proteksi kebakaran Tower MPB	35	15	1	228	1	30	2	60	18,400	1	8	0
10	Pengujian dan commissioning sistem HVAC Tower MPB	35	15	1	228	1	30	2	60	18,400	1	8	0
11	Pengujian dan	35	15	1	228	1	30	2	60	18,400	1	8	0

No	Identifikasi Jenis Pekerjaan	Jumlah Pekerja	Durasi Pekerjaan (Hari)	Durasi Pekerjaan (Hari/Lantai)	M (Hari)	N (Orang)	n (orang)	H (Kel.)	A (Orang)	R	t (Hari)	T (Hari)	Waktu Buffer
	debugging sistem saat ini lemah di Tower MPB												
12	Commissioning Bersama Elektromekanis Tower MPB	35	15	1	228	1	30	2	60	18,400	1	8	0
13	Konstruksi dan debugging sistem penerangan banjir	35	80	3	1217	6	30	2	60	3,450	4	45	0
Konstruksi Dekorasi Halus													
1	Konstruksi dekorasi halus Mall Komersial (1-3 lantai)	45	152	51	22800	19	35	3	105	0,322	65	43	10
2	Konstruksi Dekorasi halus Tower MPB	80	240	10	8348	41	50	3	150	1,258	17	122	0
Konstruksi Facade dan Curtain wall engineering													
1	Instalasi Curtain Wall Mall	66	163	54	35860	30	75	2	150	0,293	48	48	25
2	Konstruksi Curtain Wall Tower MPB	66	140	6	4017	20	50	2	100	1,742	8	88	0
Konstruksi Pintu dan Jendela													
1	Konstruksi Rangka Pintu dan jendela komersial Mall	45	50	17	7500	6	45	2	90	0,840	17	17	25
2	Konstruksi Bingkai	45	80	27	12000	10	45	2	90	0,525	27	27	7

No	Identifikasi Jenis Pekerjaan	Jumlah Pekerja	Durasi Pekerjaan (Hari)	Durasi Pekerjaan (Hari/Lantai)	M (Hari)	N (Orang)	n (orang)	H (Krel.)	A (Orang)	R	t (Hari)	T (Hari)	Waktu Buffer
	Pintu dan Jendela <i>Mall</i>												
3	Konstruksi Pintu dan jendela Tower MPB	45	180	8	352 2	17	40	2	80	1,590	9	97	25
4	Konstruksi Bingkai pintu dan jendela tower MPB	45	200	9	391 3	19	40	2	80	1,431	10	10 8	7

Sumber: Analisa Penulis, 2022

Tabel 1. Durasi jenis pekerjaan untuk setiap 1 lantai selanjutnya menganalisis hingga lantai terakhir dengan menambahkan jumlah hari penundaan pada item pekerjaan tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan perhitungan untuk membuat grafik *Line of Balance* dengan menggunakan logika penambahan jumlah durasi dari tiap pekerjaan yang bersifat *successor* dan *predecessor*. Rekapitulasi perhitungan logika antar pekerjaan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Logika Pekerjaan (*Mall*)

No	Jenis Pekerjaan	t (hari)	T (Hari)	B (Hari)	Star t day Lan tai 1 (Ha ri)	Start day Lanta i 3 (Hari)	Note Mall (Hari)
Pekerjaan Struktur Utama							
1	Konstruksi Struktur utama <i>Mall</i>	59	40	4	0	44	17 9 Diikuti 3,4
2	Konstruksi Struktur Sekunder <i>Mall</i> lantai 1-3	17	11	0	92	103	
Konstruksi Elevator Formal							
3	Konstruksi Elevator resmi pada <i>Mall</i> Komersial	33	22	0	33	56	89
Konstruksi dekorasi yang kasar							
4	Konstruksi dekorasi kasar <i>Mall</i> lantai 1F	26	17	15	41	58	84 Diikuti 5,6,7,8,9,16
Instalasi Elektromekanikal dan Konstruksi <i>Mall</i>							
5	Instalasi perpipaan dan peralatan listrik <i>Mall</i> Komersial	58	58	7	105	163	22 8 Diikuti 5,6,7,8,9,10, 11,12,13,14,15
6	Pasokan air <i>Mall</i> Komersial dan pipa drainase dan instalasi peralatan	58	58	7	105	163	
7	Instalasi pipa dan peralatan pemadam kebakaran <i>Mall</i> Komersial	58	58	7	105	163	
8	Instalasi pipa dan peralatan HVAC <i>Mall</i> Komersial	58	58	7	105	163	
9	Instalasi pipa arus lemah dan instalasi peralatan Komersial <i>Mall</i>	58	58	7	105	163	
10	Pengujian dan debugging sistem kelistrikan <i>Mall</i> Komersial	7	7	7	221	228	
11	Pengujian dan debugging sistem pasokan air dan drainase <i>Mall</i> komersial	7	7	7	221	228	
12	Pengujian dan debugging sistem proteksi kebakaran <i>Mall</i> Komersial	7	7	7	221	228	
13	Pengujian dan commissioning sistem <i>Mall</i> HVAC Komersial	7	7	7	221	228	
14	Pengujian dan debugging sistem saat ini lemah di <i>Mall</i> Komersial	7	7	0	221	228	

No	Jenis Pekerjaan	t (hari)	T (Hari)	B (Hari)	Start day Lantai 1 (Hari)	Start day Lantai 3 (Hari)	Note Mall (Hari)
15	Commissioning Bersama Elektromekanis Mall Komersial	7	7	0	214	221	
Konstruksi Dekorasi Halus							
16	Konstruksi dekorasi halus Mall Komersial (1-3 lantai)	6 5	43	10	116	159	224 Diikuti 17,18
Konstruksi Facade dan Curtain wall engineering							
17	Instalasi Curtain Wall Mall	4 8	48	25	189	236	284
Konstruksi Pintu dan Jendela							
18	Konstruksi Rangka Pintu dan jendela komersial Mall	1 7	17	25	158	174	259 Diikuti 18,19
19	Konstruksi Bingkai Pintu dan Jendela Mall	2 7	27	7	189	216	

Sumber: Analisa Penulis, 2022

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Logika Pekerjaan (*Multi Purpose Building*)

No	Jenis Pekerjaan	t (Hari)	T (Hari)	B (Hari)	Start day Lantai 1 (Hari)	Start Day lantai 23 (Hari)	Note Multi Purpose Building
Pekerjaan Struktur							
1	Konstruksi Struktur utama <i>Multi Purpose Building</i> Lantai 1-23	17	122	0	0	122	167 Diikuti 3,4
2	Konstruksi Struktur Sekunder <i>Multi Purpose Building</i> Lantai 1-23	12	88	0	51	139	
Konstruksi Elevator Formal							
3	Konstruksi Elevator resmi pada Tower <i>Multi Purpose Building</i>	13	96	0	13	109	122
Konstruksi dekorasi yang kasar							
4	Konstruksi dekorasi kasar Lantai 1-23 <i>Multi Purpose Building</i>	18	134	15	33	167	186 Diikuti 5,6,7,8,9,10,18
Instalasi mekanikal dan elektrik Tower <i>Multi Purpose Building</i>							

No	Jenis Pekerjaan	t (Ha ri)	T (Ha ri)	B (Ha ri)	Start day Lantai 1 (Hari)	Start Day lantai 23 (Hari)	Note Multi Purpose Building
5	Instalasi Peralatan Elektromekanikal MPB	10	114	0	44	157	
6	Instalasi perpipaan dan peralatan listrik MPB	10	114	0	44	157	
7	Pasokan air Tower <i>Multi Purpose Building</i> dan pipa drainase dan instalasi peralatan	10	114	0	44	157	
8	Instalasi pipa dan peralatan pemadam kebakaran Tower <i>Multi Purpose Building</i>	10	114	0	44	157	
9	Instalasi pipa dan peralatan HVAC Tower <i>Multi Purpose Building</i>	10	114	0	44	157	
10	Instalasi pipa arus lemah dan instalasi peralatan Tower <i>Multi Purpose Building</i>	10	114	0	44	157	
11	Pengujian dan debugging sistem kelistrikan Tower <i>Multi Purpose Building</i>	1	8	0	159	168	183 Diikuti 5,6,7,8,9,1 0,11, 12,13,14,1 5,16,17
12	Pengujian dan debugging sistem pasokan air dan drainase Tower <i>Multi Purpose Building</i>	1	8	0	159	168	
13	Pengujian dan debugging sistem proteksi kebakaran Tower <i>Multi Purpose Building</i>	1	8	0	159	168	
14	Pengujian dan commissioning sistem HVAC Tower <i>Multi Purpose Building</i>	1	8	0	159	168	
15	Pengujian dan debugging sistem saat ini lemah di Tower <i>Multi Purpose Building</i>	1	8	0	159	168	
16	Commissioning Bersama Elektromekanis Tower <i>Multi Purpose Building</i>	1	8	0	159	168	
17	Konstruksi dan debugging sistem penerangan banjir	4	45	0	123	168	
Konstruksi Dekorasi Halus							
18	Konstruksi Dekorasi halus Tower <i>Multi Purpose Building</i>	17	122	0	50	172	189 Diikuti 19,20
Konstruksi Facade dan Curtain wall engineering							

No	Jenis Pekerjaan	t (Hari)	T (Hari)	B (Hari)	Start day Lantai 1 (Hari)	Start Day lantai 23 (Hari)	Note Multi Purpose Building
19	Konstruksi Curtain Wall Tower Multi Purpose Building	8	88	0	58	146	154
Konstruksi Pintu dan Jendela							
20	Konstruksi Pintu dan jendela Tower Multi Purpose Building	9	97	25	84	181	
21	Konstruksi Bingkai pintu dan jendela tower Multi Purpose Building	10	108	7	114	214	233 Diikuti 21,22

Sumber : Analisa Penulis, 2022

Diagram line of balance

Rekapitulasi perhitungan bangunan Mall lantai 1 sampai lantai 3 dan bangunan Multi Purpose Building lantai 1 sampai lantai 23, dibuat diagram Line of Balance dengan merekapitulasi data berdasarkan pekerjaan dan durasi pekerjaan yang berurutan dengan kelompok kerja.

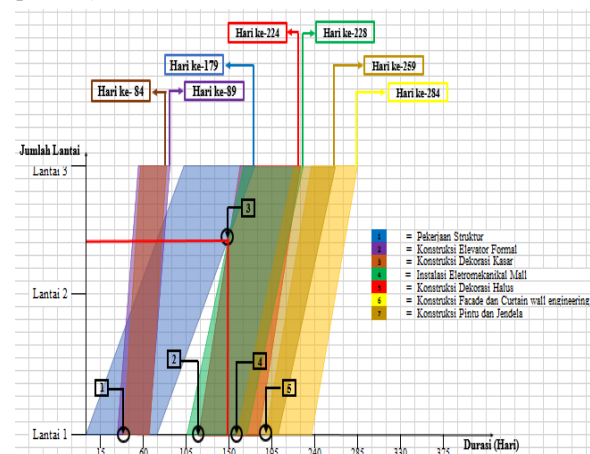
Rekapitulasi pekerjaan perantai dapat dilihat pada Tabel 4. bangunan Mall dan Tabel 5. Multi Purpose Building.

Tabel 4. Rekapitulasi Start dan Finish Kelompok Pekerjaan Perantai Mall

MALL				
Kegiatan Urutan kelompok	Durasi Persiklus Pekerjaan (Hari)	Start Lantai 1 (Hari)	Start Lantai 3 (Hari)	Finis h (Hari)
1	76	0	103	179
2	33	33	56	89
3	26	41	58	84
4	64	105	163	228
5	65	116	159	224
6	48	189	236	284
7	43	158	216	259

Sumber : Analisa Penulis, 2022

Tabel 4. diagram Line of Balance berupa kuantitas perantai pada sumbu vertikal dan keterangan durasi (hari) sumbu horizontal. Diagram Line of Balance Gambar 1. menunjukkan perpotongan jenis pekerjaan.



Gambar 1. Diagram Line of Balance Mall

Sumber : Hasil Olahan Penulis, 2022

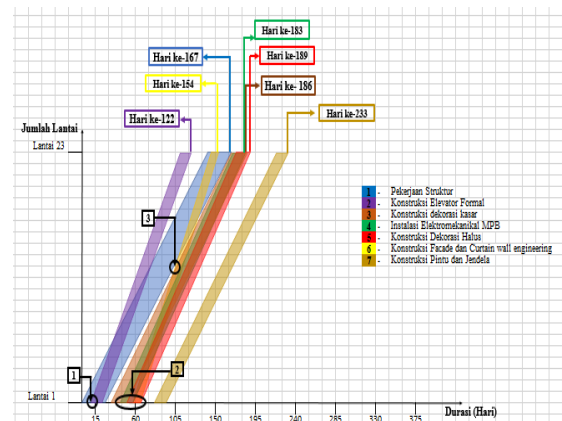
Tabel 5. Rekapitulasi Start dan Finish Kelompok Pekerjaan Perantai MPB

Multi Purpose Building				
Kegiatan Urutan kelompok	Durasi Persiklus Pekerjaan (Hari)	Start Lantai 1 (Hari)	Start Lantai 23 (Hari)	Finis h (Hari)
1	29	0	139	167
2	13	13	109	122

Multi Purpose Building				
Kegiatan Urutan kelompok	Durasi Persiklus Pekerjaan (Hari)	Start Lantai 1 (Hari)	Start Lantai 23 (Hari)	Finis (Hari)
3	18	33	167	186
4	15	44	168	183
5	17	50	172	189
6	8	58	146	154
7	19	84	214	233

Sumber : Analisa Penulis, 2022

Tabel 5. diagram *Line of Balance* berupa kuantitas per lantai pada sumbu vertikal dan keterangan durasi (hari) sumbu horizontal. Diagram *Line of Balance* Gambar 2.



Gambar 2. Diagram *Line of Balance* MPB

Sumber : Hasil Olahan Penulis, 2022

Pada Gambar 1. dan Gambar 2. menunjukkan kelompok pekerjaan yang diagramnya bersinggungan atau terjadi perpotongan antar diagram pekerjaan lainnya. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan adanya *trial and error* agar diagram kelompok pekerjaan yang menunjukkan tidak adanya perpotongan antar kelompok pekerjaan.

Rekapitulasi *trial* penundaan bangunan mall

Penundaan yang dilakukan hingga tidak terjadi perpotongan antar jenis pekerjaan. Rekapitulasi terhadap *trial* penundaan yang dilakukan sebelumnya berdasarkan situasi yang tidak saling mengganggu *successor* dan *predecessor* setiap pekerjaan.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil *Trial* Penundaan Mall

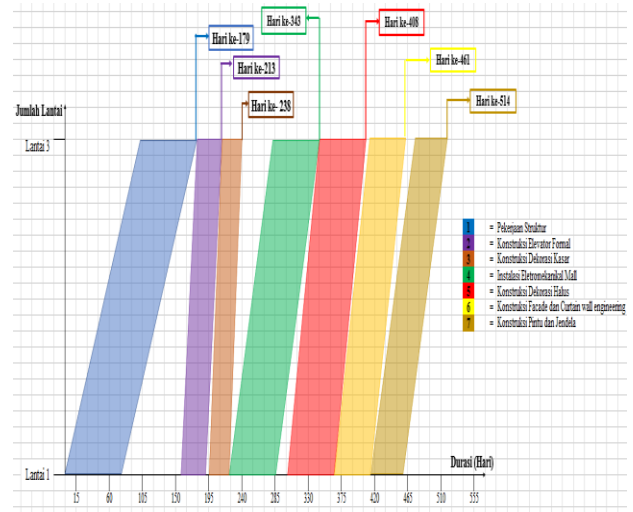
MALL									
Kegiatan Urutan kelompok	Durasi Persiklus Pekerjaan (Hari)	Start Lantai 1 (Hari)	Start Lantai 3 (Hari)	Finis (Hari)	Penundaan (Hari)	Durasi Persiklus Pekerjaan (Hari)	Start Lantai 1 (Hari)	Start Lantai 3 (Hari)	Finis (Hari)
Pekerjaan Struktur	76	0	103	179	0	76	0	103	179
Pekerjaan Elevator Formal	33	33	56	89	124	33	157	179	213
Konstruksi dekorasi kasar	26	41	58	84	155	26	195	213	238

MALL									
Kegiatan Urutan kelompok	Durasi Persiklusan Pekerjaan (Hari)	Start Lantai 1 (Hari)	Start Lantai 3 (Hari)	Finish (Hari)	Penundaan (Hari)	Durasi Persiklusan Pekerjaan (Hari)	Start Lantai 1 (Hari)	Start Lantai 3 (Hari)	Finish (Hari)
Instalasi Elektromekani kal Mall	64	105	163	228	116	64	221	279	343
Konstruksi Dekorasi Halus	65	116	159	224	184	65	300	343	408
Konstruksi Facade dan Curtain wall engineering	48	189	236	284	176	48	365	413	461
Konstruksi Pintu dan Jendela	43	158	216	259	255	43	413	471	514

Sumber : Analisa Penulis, 2022

Tabel 6. terjadi adanya penundaan signifikan mulai pada pekerjaan elevator formal yaitu selama 124 hari karena waktu mulai durasi pengerjaan pekerjaan elevator formal berada pada hari ke 33 yang durasinya lebih kecil dari waktu selesai/*predecessor* nya pekerjaan struktur yaitu pada 179 hari. Berdasarkan analisis pengamatan dalam diagram, terjadinya perpotongan apabila durasi *successor* lebih kecil dari pada *predecessor*. Tabel 6. terlihat adanya penundaan paling besar pada pekerjaan konstruksi pintu dan jendela selama 255 hari.

Hasil rekapitulasi *trial* penundaan Tabel 6. waktu selesainya Gedung Multifungsi bangunan Mall dimulai pada pekerjaan struktur hingga pekerjaan pintu dan jendela menjadi 514 hari. Diagram LOB setelah penundaan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram LOB Setelah Penundaan

Sumber : Hasil Olahan Penulis, 2022

Rekapitulasi *trial* penundaan bangunan Multi Purpose Building

Berdasarkan *trial* penundaan yang dilakukan hingga tidak terjadi perpotongan antar pekerjaan bangunan *Multi Purpose Building*. Rekapitulasi terhadap *trial* penundaan yang dilakukan sebelumnya berdasarkan situasi yang tidak saling mengganggu *successor* dan *predecessor* pekerjaan.

Rekapitulasi *trial* penundaan terlihat Tabel 7.

Tabel 7. Hasil *Trial* Penundaan *Multi Purpose Building*

MPB									
Kegiatan Urutan kelompok	Durasi Persiklus Pekerja-an (Hari)	Start Lantai 1 (Hari)	Start Lantai 23 (Hari)	Finis h (Hari)	Penunda-an (Hari)	Durasi Persiklus Pekerja-an (Hari)	Start Lantai 1 (Hari)	Start Lantai 23 (Hari)	Finis h (Hari)
Pekerjaan Struktur	29	0	139	167	0	29	0	139	167
Pekerjaan Elevator Formal	13	13	109	122	59	13	72	167	180
Konstruksi dekorasi kasar	18	33	167	186	51	18	85	219	237
Instalasi Elektromekani-kal MPB	15	44	168	183	69	15	113	237	252
Konstruksi Dekorasi Halus	17	50	172	189	80	17	130	252	269
Konstruksi Facade dan Curtain wall engineering	8	58	146	154	122	8	180	269	277
Konstruksi Pintu dan Jendela	19	84	214	233	105	19	188	319	338

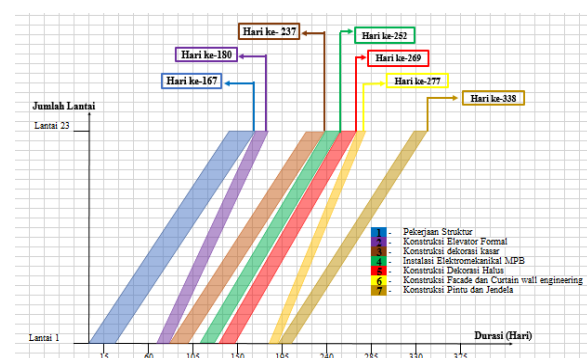
Sumber : Analisa Penulis, 2022

Rekapitulasi *trial* penundaan Tabel 7. terjadi penundaan pada pekerjaan elevator formal yaitu selama 59 hari karena waktu mulai durasi pengerjaan pekerjaan elevator formal pada hari ke 13 durasinya lebih kecil dari waktu selesai/*predecessor* pekerjaan struktur pada 167 hari. Analisis pengamatan diagram, terjadinya perpotongan apabila durasi *successor* lebih kecil dari pada *predecessor*.

Tabel 7. terlihat ada penundaan pada pekerjaan konstruksi *facade* dan *Curtain wall* selama 122 hari.

Rekapitulasi *trial* penundaan pada Tabel 7. diperkirakan waktu selesainya proyek Gedung Multifungsi pada bagian bangunan *Multi Purpose Building* yang

dimulai pada pekerjaan struktur hingga pekerjaan pintu dan jendela menjadi 338 hari. Berikut diagram LOB setelah penundaan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram LOB Setelah Penundaan

Sumber : Hasil Olahan Penulis, 2022

3. PEMBAHASAN

Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan terkait penjadwalan Proyek Gedung Multifungsi berikut pembahasan setelah dilakukan beberapa analisis.

- a. Durasi *existing schedule* proyek bangunan *Mall* memiliki durasi 356 hari sedangkan dengan metode *Line of Balance* durasi 514 hari. Metode *Line of Balance* durasi lebih lambat dibanding *existing schedule* 158 hari, ini disebabkan penjadwalan dengan metode *Line of Balance* dilakukan berfokus pada kuantitas/unit dalam jumlah banyak sedangkan pada bangunan *Mall* hanya memiliki 3 unit/lantai.
- b. Durasi *existing schedule* proyek *Multi Purpose Building* berdurasi 465 hari dengan metode *Line of Balance* durasi 338 hari. Metode *Line of Balance* selisih durasi yang lebih cepat dari *existing schedule* sebesar 127 hari. Bangunan *Multi Purpose Building* jumlah 23 lantai sehingga penggunaan metode *Line of Balance* dapat digunakan lebih efektif karena dilakukan berfokus pada kuantitas/unit yang banyak dan terjadi pemerataan jenis pekerjaan.

4. KESIMPULAN

Hasil pembahasan ditarik kesimpulan yaitu:

- a. Penjadwalan efektif dengan metode *Line of Balance* waktu untuk penyelesaian proyek *Mall* dan *Multi Purpose Building* berturut-turut: 514 hari dan 338 hari.
- b. Pekerjaan yang memiliki risiko gangguan karena perpotongan diagram antar pekerjaan.
 - i. Bangunan *Mall*
 - *Start* Lantai 1 pekerjaan Dekorasi Kasar hari ke-41 berpotongan dengan *Start* (mulai) Lantai 1 pekerjaan Elevator Formal dan Pekerjaan Struktur.

- *Start* Lantai 1 pekerjaan Dekorasi Halus hari ke-116 berpotongan dengan *Start* (mulai) Lantai 1 pekerjaan Instalasi Elektromekanikal *Mall*.
 - Hari ke-150 Lantai 2 pekerjaan Struktur berpotongan dengan pekerjaan Elektromekanikal *Mall* dan pekerjaan Dekorasi Halus.
 - *Start* Lantai 1 pekerjaan Konstruksi Pintu dan Jendela hari ke-158 *Start* (mulai) Lantai 1 berpotongan dengan pekerjaan Elektromekanikal *Mall* dan pekerjaan Dekorasi Halus.
 - *Start* Lantai 1 pekerjaan Facade dan Curtainwall hari ke-189 berpotongan dengan *Start* (mulai) Lantai 1 pekerjaan Pintu dan Jendela.
- ii. *Multi Purpose Building*
 - *Start* Lantai 1 pekerjaan Elevator Formal sudah terjadi waktu *Start* (mulai) yang bersamaan dengan waktu *Start* Lantai 1 pekerjaan Struktur pada hari ke-1.
 - *Start* Lantai 1 pekerjaan Elektromekanikal *Multi Purpose Building* terjadi penumpukan pekerjaan yaitu pekerjaan Dekorasi Kasar, Dekorasi Halus, dan *Facade* dan *Curtain Wall* dilakukan secara bersama mulai pada hari ke-44 hingga ke-183.
 - Hari ke-105 Lantai 12 pekerjaan Struktur terjadi perpotongan dengan pekerjaan *facade* dan *curtain wall*.
 - c. Selisih durasi *Mall* 158 hari lebih lambat daripada *existing schedule* dan pada bangunan *Multi Purpose Building* 127 hari lebih cepat daripada *existing schedule*.
 - d. Kelebihan dan kekurangan Metode *Line of Balance* yaitu.

- Metode *Line of Balance* efektif untuk proyek yang memiliki unit/segmen jumlah banyak dan memiliki pekerjaan bersifat repetitif atau berulang. Namun kurang efektif pada proyek konstruksi yang memiliki jumlah unit yang sedikit.
 - Metode *Line of Balance* cukup efektif mendeteksi langsung pekerjaan yang memiliki risiko gangguan dalam penjadwalan.
- e. Perhitungan Metode *Line of Balance efektif* dilakukan pada pekerjaan berulang dan pekerjaan pembagian persegmen/perlantai.
- f. Metode *Line of Balance* tidak menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arditi, D., and Albulak, M. (1986). "Line of Balance Scheduling in Pavement Construction". *J. Construct. Eng. And Mgmt-ASCE*, Vol. 112 No. 3, 411-424.
- [2] Aulia, M. A., Farisi, A. H., Wibowo, M. A., dan Hidayat, A. (2017). "Analisis Penggunaan Metode Penjadwalan LoB pada Proyek Konstruksi Repetitif (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Apartemen Candiland - Semarang)". *J. Karya Tek. Sipil*, Vol. 6 No. 1, 211-219.
- [3] E. A. F. Laksono, (2019). Analisis Penjadwalan Ulang Waktu Pelaksanaan Proyek Pembangunan Jalur Ganda Kereta Api Kroya - Kutoarjo Km 438+600 Sampai Dengan 446+800 Antara Gombong - Soka Dengan Metode Line Of Balance. Univ. Islam Indonesia, Yogyakarta.
- [4] Hinze, J. (2008). *Construction Planning and Scheduling* 3rd Ed. Pearson. Education Inc, Canada.
- [5] Kerzner, H. (1982). *Project Management For Executive*. Van Nostrand Reinhold Company.
- [6] Lumsden. (1968). *Steps of LOB in Manufacturing*.
- [7] Mawdsley. (1997). *Practically Management*. UK: University of Durham.
- [8] Nurhayati. (2010). *Manajemen Proyek*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [9] Prasetyo, W. T. (2017). "Analisis Penjadwalan Ulang Waktu Pelaksanaan Proyek Jalan Dengan Line Of Balance". Univ. Islam Indonesia, Yogyakarta.
- [10] Robbins, S. P. and Coulter, M. (2002). *Manajemen*. Gramedia, Jakarta.
- [11] Savitri, E. (2007). *Indonesia Apartment*. Griya Asri Prima, Indonesia.
- [12] Schwalbe. (2014). *Information technology project management*. Boston. MA: Course Technology, Boston.
- [13] Setianto. (2004). *Studi Perbandingan Metode BarChart dengan Line of Balance Dalam Penjadwalan Kegiatan Pembangunan Perumahan*. Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- [14] Soeharto, I. (1995). *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga, Jakarta.
- [15] Sudarson, W. (2020). "Evaluasi Penjadwalan Proyek Dengan Metode Line Of Balance (Lob) (Studi Kasus : Hotel Santika Batam)". *J. Civ. Eng. Plan.*, Vol. 1 No. 2, 85-91.