

PERENCANAAN JADWAL PADA PROYEK PERUMAHAN DENGAN METODE *LINE OF BALANCE*

Erik Kamitono¹, Vinsensius William Patrick Chandra² dan Ratna Setiawardani Alifen³

ABSTRAK: Pemilihan metode penjadwalan proyek yang sesuai menjadi salah satu langkah untuk memenuhi kebutuhan dalam pelaksanaan konstruksi. Proyek konstruksi perumahan massal memiliki pekerjaan yang berulang atau repetitif dan membutuhkan asupan tenaga kerja yang terjadwalkan dengan baik, karena pekerjaan proyek yang berulang tersebut harus mampu terus melakukan progress tanpa tertunda. *Line of Balance* (LOB) merupakan salah satu metode penjadwalan proyek khusus untuk penjadwalan konstruksi repetitive. Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan metode *Line of Balance* untuk *Planning and Scheduling* pada proyek *Linear Construction* pada proyek 60 unit perumahan Tipe 60. Pengambilan informasi dan data lapangan dilakukan dengan pengamatan dan wawancara dengan kontraktor dalam pembangunan perumahan Royal Indah Regency Candi. Hasil studi menunjukkan bahwa LOB cocok digunakan pada proyek konstruksi berulang seperti perumahan, karena LOB dapat menunjukkan jadwal setiap aktivitas yang berulang untuk setiap unit rumah dalam bentuk diagram garis dan dengan menggunakan LOB, kontraktor dapat mendeteksi secara langsung aktivitas yang mengalami gangguan dalam tahap pelaksanaan.

KATA KUNCI: metode penjadwalan proyek, proyek repetitif, *line of balance*

1. PENDAHULUAN

Dalam suatu proyek perumahan, perencanaan penjadwalan merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan. Penjadwalan diperlukan dan dipergunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan suatu proyek, sehingga diharapkan proyek dapat dilaksanakan tepat waktu. Proyek perumahan massal direncanakan dengan bentuk serupa baik tampak dari luar maupun interior dalamnya, dan proses pembuatannya pun bersifat *repetitive* (berulang). Penjadwalan proyek adalah pengaturan waktu untuk melaksanakan aktivitas dalam pelaksanaan menyelesaikan suatu proyek. Kontraktor berperan penting dalam menentukan metode penjadwalan proyek. Ada beberapa metode yang dapat digunakan pada penjadwalan proyek, yaitu Bar Chart, CPM, PERT, dan LOB. Setiap metode memiliki karakteristik yang berbeda, metode penjadwalan LOB cocok untuk proyek yang *repetitive* seperti proyek perumahan. LOB bertujuan untuk memudahkan suatu proyek yang bersifat *repetitive* karena dapat mengatur kebutuhan tenaga kerja, peralatan, dan material yang tergantung pada *deadline* kontrak kerja suatu proyek perumahan. Metode penjadwalan yang cocok digunakan pada perumahan dalam skala yang banyak dan bersifat repetitif adalah metode LOB karena cocok dengan pekerjaan repetitif. Pekerjaan repetitif yang dimaksud adalah pekerjaan dengan kegiatan-kegiatan didalamnya yang diulang dalam unit yang sama (Jaskowski, 2015).

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415070@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415255@john.petra.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, alifrat@petra.ac.id

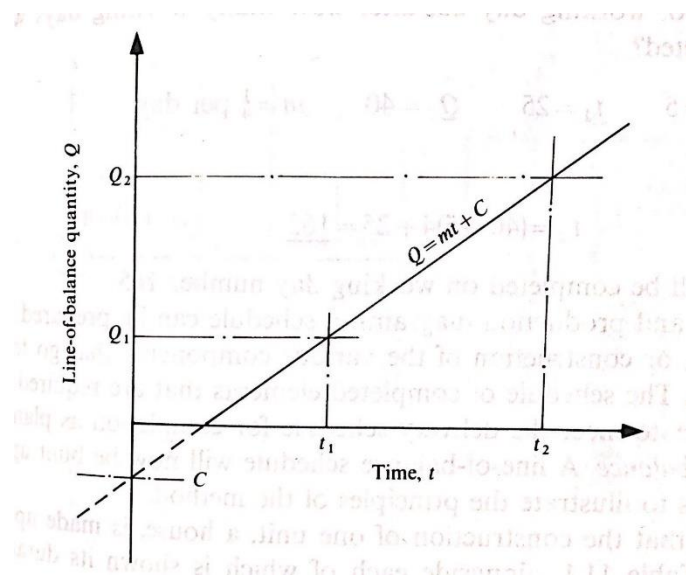
2. LANDASAN TEORI

2.1. Konsep Dasar Metode *Line of Balance* (LOB)

Line of Balance (LOB) adalah metode penjadwalan proyek yang berupa garis / grafik hubungan yang menggambarkan unit pekerjaan pada sumbu vertikal (sumbu y) dan waktu pada sumbu horizontal (sumbu x). LOB pada mulanya berasal dari industri manufaktur dan kemudian pada tahun 1942 dikembangkan oleh Departemen Angkatan Laut AS untuk pemrograman dan pengendalian proyek-proyek yang bersifat repetitif, kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh *Nation Building Agency* di Inggris untuk proyek-proyek perumahan yang bersifat repetitif, dimana metode penjadwalan yang berorientasi pada sumber daya ini ternyata lebih sesuai dan realistis daripada metode penjadwalan yang berorientasi dominasi kegiatan. Metode ini kemudian diadaptasi untuk perencanaan dan pengendalian proyek (Lumsden, 1968), di mana produktifitas sumber daya dipertimbangkan sebagai bagian yang penting.

Konsep dasar metode LOB (Pilcher, 1992) terdiri dari: *Objective Chart*, *Program Chart*, *Progress Chart*, *Comparison Chart*

1. *Objective Chart*, merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara unit pekerjaan dengan waktu, sehingga merupakan data kumulatif dari produksi dalam 1 periode (**Gambar 1**). Kemiringan garis produksi (m) menunjukkan jumlah unit/produksi dalam satuan waktu, semakin curam garis ini menunjukkan semakin cepat produksinya, m juga disebut dengan istilah *hand-over rate* atau *production rate*) sedangkan semakin landai menunjukkan semakin lambat produksinya. Contoh untuk proyek perumahan $m = 0,5$ unit/hari artinya kecepatan produksi proyek tersebut adalah 0,5 unit setiap harinya, sehingga bisa direncanakan sesuai dengan target unit per harinya, sehingga bisa diperoleh waktu yang dibutuhkan secara keseluruhan untuk memproduksi Q_n unit rumah dengan menarik garis horizontal (di jumlah unit yang harus diselesaikan) sampai memotong garis miring m , kemudian dari titik pertemuan tersebut bisa ditarik garis vertical akan diperoleh waktu yang diperlukan yaitu T_n .



Gambar 1. Objektif Diagram

Persamaan garis: $Q = mt + c$

Q = *Line of Balance* total unit yang diproduksi

m = waktu yang di butuhkan untuk produksi (unit per waktu)

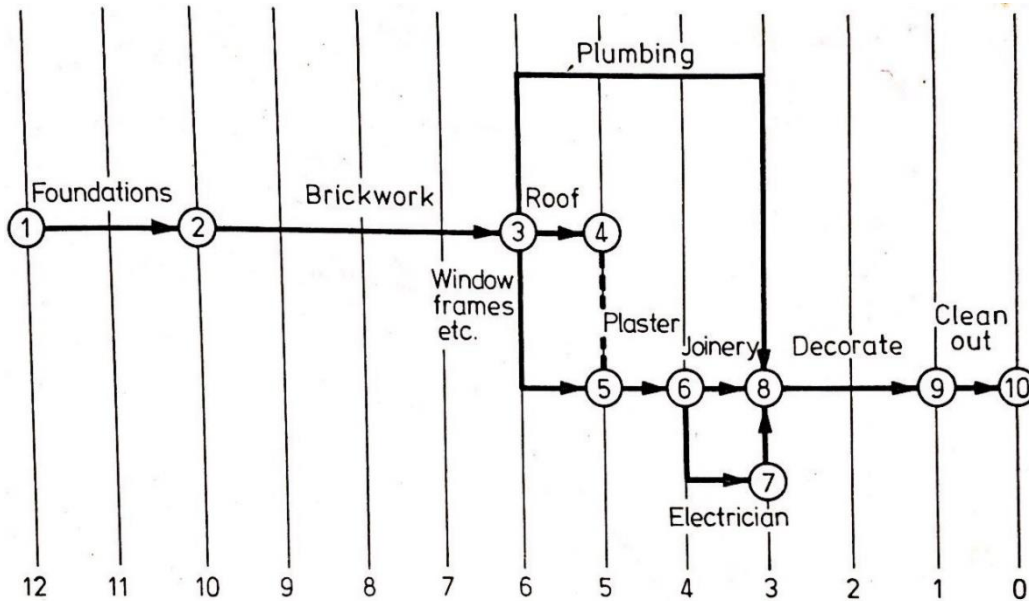
t = waktu

$$t_2 = \frac{(Q_2 - Q_1)}{m} + t_1$$

Q1 = total unit yang diproduksi yang harus selesai dalam waktu t1

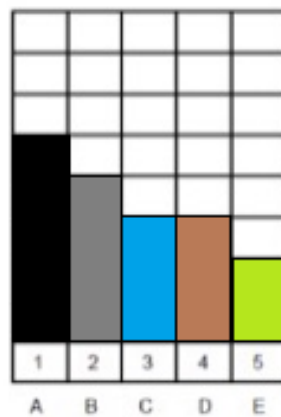
Q2 = total unit yang diproduksi yang harus selesai dalam waktu t2

2. *Program Chart* merupakan penampilan seluruh alur / urutan aktivitas pekerjaan yang direncanakan, yaitu meliputi jenis aktivitas, urutan aktivitas, durasi, dan *lead time* (waktu tunggu). (**Gambar 2**)



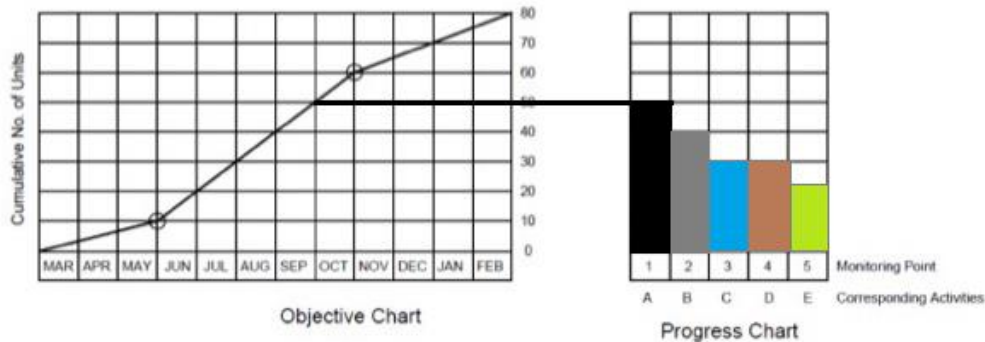
Gambar 2. Program Chart

3. *Progress Chart* (**Gambar 3**), merupakan histogram yang menunjukkan sumbu vertikal sebagai total unit (rumah) yang dicapai sedangkan sumbu horizontal merupakan jenis pekerjaan yang di ukur, sedangkan untuk bar vertikal menunjukkan akumulasi progress atau performa di lapangan yang sudah dilaksanakan.



Gambar 3. Progress Chart

4. *Comparison Chart (Gambar 4)* merupakan perbandingan dari *objective* dan *progress* chart untuk monitoring antara rencana (*objective chart*) dengan progress actual di lapangan (*Progress chart*), sehingga dengan perbandingan antara rencana dengan actual di lapangan dapat diketahui pekerjaan yang tepat waktu, terlambat, ataupun lebih cepat dari rencana, sehingga project manager dapat melakukan perbaikan yang diperlukan untuk menepati rencana jadwalnya



Gambar 4. Kombinasi Objektif Diagram dan Progress Chart

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pendahuluan

Dalam bab ini akan membahas metodologi penelitian yang digunakan untuk tujuan penelitian yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Pengambilan informasi perumahan dan data lapangan dengan melakukan pengamatan dan wawancara dengan kontraktor dalam pembangunan perumahan Royal Indah Regency Candi dengan luas masing – masing rumah $60 m^2$ sebanyak 60 rumah yang berlokasi di Sidoarjo.

3.2. Studi Literatur

Dilakukan pencarian data dan informasi yang bersifat mendukung penelitian yang dilakukan. Studi literatur yang telah didapatkan dari jurnal, standar nasional maupun thesis tersebut menjelaskan mengenai *line of balance*, mencari durasi waktu pekerjaan, dan faktor – faktor lain yang mempengaruhi penjadwalan proyek.

3.3. Pengumpulan Data Lapangan

Pengumpulan data diperoleh dari wawancara dengan owner kontraktor mengenai informasi proyek dan keterangan perumahan serta pengamatan langsung ke lapangan untuk mengetahui pembangunan rumah yang sedang berjalan.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan

Penerapan metode penjadwalan *Line of Balance* pada proyek pembangunan rumah massal tipe 60 (luas bangunan $60 m^2$) sebanyak 60 unit rumah dengan kontrak jadwal selama satu tahun atau 365 hari kalender, yang sudah ditentukan oleh Pemilik proyek, akan dilakukan dengan pengaturan sumber daya manusia dan pengaturan jadwal pada proyek perumahan massal di Perumahan Royal Indah Regency Candi yang berlokasi di Sidoarjo.

4.2. Detail Pekerjaan

Sesuai dengan rumah sederhana yang dikerjakan, dibagi menjadi beberapa pekerjaan pokok yang terdiri dari pekerjaan pondasi, pekerjaan lantai kerja, pekerjaan kolom, pekerjaan dinding, pekerjaan balok, pekerjaan plat dak atap, pekerjaan atap, dan pekerjaan finishing.

4.3. Kondisi di Lapangan

Dari hasil wawancara yang kita dapatkan untuk kondisi lapangan adalah pekerja bekerja selama 6 hari kerja dalam 1 minggu, jam kerja di mulai dari jam 08.00 – 16.00, Kontraktor menyediakan sumber daya manusia sebanyak 4 pekerja untuk 1 rumah, Kontrak kerja jadwal penyelesaian selama 365 hari kalender (317 hari kerja).

4.4. Perhitungan Durasi Pekerjaan

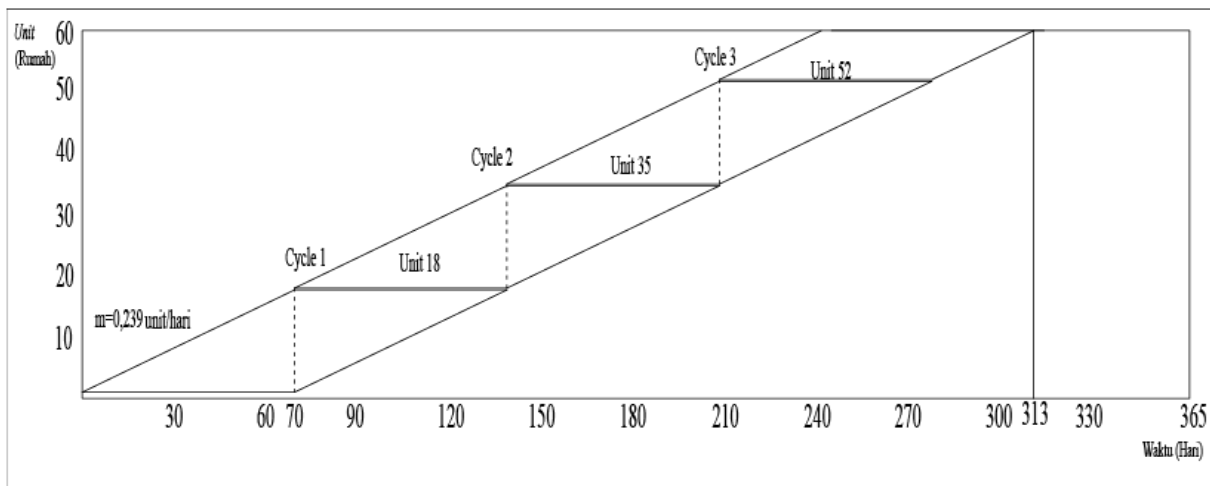
Perhitungan durasi tiap pekerjaan dilakukan atas dasar indeks SNI 2013, dengan volume pekerjaan yang di hitung berdasarkan gambar konstruksi.

4.5 Schedule Planning

Schedule Planning di lakukan berdasarkan pada kontrak perjanjian yaitu harus melakukan serah terima proyek dalam kurun waktu satu tahun atau 365 hari kalender atau 317 hari kerja, dengan memenuhi kondisi yang terjadi di lapangan atau dengan adanya modifikasi jadwal agar dapat di penuhi kontrak jadwal tersebut.

4.5.1 Schedule Planning 1 (SP 1)

Pada *Schedule Planning 1* (**Gambar 5**) dibentuk dengan mengikuti keadaan di lapangan dengan target 60 rumah selesai dalam waktu 1 tahun. *Schedule planning 1* merupakan percanaan dengan menggunakan metode dari *line of balance*, yang menggunakan perhitungan dari handover rate (m). Dimana rumus dari *handover rate* sendiri yaitu $\frac{q_2 - q_1}{t_2 - t_1} = \frac{60 - 1}{317 - 70} = 0,239$ unit/hari. Tetapi dalam pelaksanaan di lapangan, SP 1 tidak bisa diterapkan karena dari segi material untuk pengecoran tidak bisa dilakukan menggunakan truk ready mix dikarenakan kebutuhan tiap pekerjaan lebih sedikit dibandingkan dengan minimum truk molen dalam satu kali pengiriman yaitu $\pm 6 - 7$ kubik, maka dari itu dilakukan pembuatan *schedule planning 2*.



Gambar 5. *Schedule Planning 1*

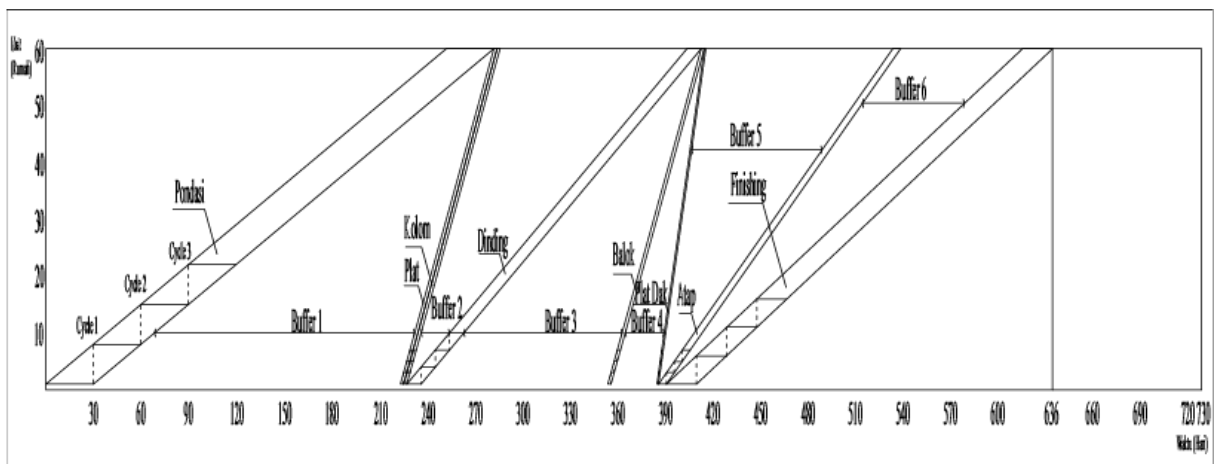
4.5.2 Schedule Planning 2 (SP 2)

Schedule planning 2 ini akan dikerjakan berdasarkan tiap aktivitas, dimana aktivitas pertama yaitu pondasi, kedua yaitu lantai kerja, hingga yang terakhir yaitu finishing. Untuk melakukan perhitungan antar aktivitas ini tidak hanya menggunakan perhitungan *handover rate* saja, melainkan ada perhitungan dan langkah – langkah yang memang diharuskan ada pada metode

ini. Hasil dari langkah – langkah dalam membuat *schedule planning* tersebut ada pada **Tabel 1** dan hasil dari SP 2 dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Tabel 1. Perhitungan Line of Balance Schedule Planning 2

Activity	Duration	Man Per Gang	Man-Days Per Unit	Theoretical Gang Size	Actual Gang Size	Total Gang	M Actual	Slope Line
Pondasi	30	4	120	29	28	7	0.233	253
Lantai Kerja	2	4	8	2	8	2	1.000	59
Kolom	2	4	8	2	8	2	1.000	59
Dinding	9	4	36	9	8	3	0.222	266
Balok	2	4	8	2	8	2	1.000	59
Plat Dak	1	4	4	1	8	2	2.000	30
Atap	5	4	20	5	8	2	0.400	148
Finishing	19	4	76	18	20	5	0.263	225



Gambar 6. Schedule Planning 2

Analisis dari SP 2 ini yaitu durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh aktivitas menjadi sangat lama yaitu 636 hari sedangkan target untuk menyelesaikan hanya 317 hari saja, hal ini dikarenakan *actual gang size* yang terlalu terpaku pada *theoretical gang size* yang mempengaruhi *m actual*. Dengan adanya perbedaan *m actual* yang cukup besar dari antar aktivitas inilah yang membuat durasi aktivitas menjadi lebih lama, maka dari itu dilakukan pembuatan *schedule planning 3*.

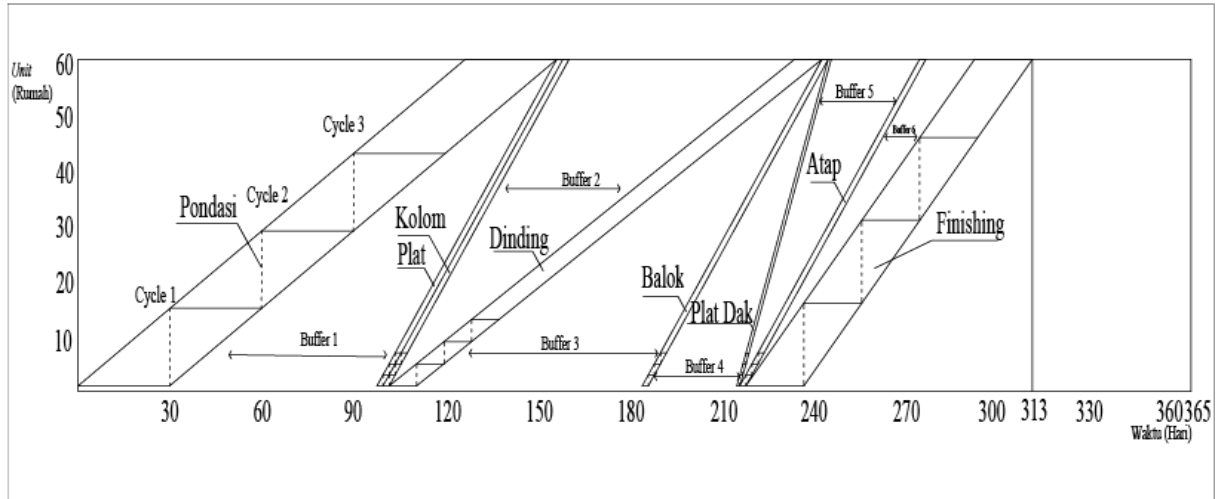
4.5.3 Schedule Planning 3 (SP 3)

Pada *schedule planning 3* ini akan dibuat karena pada *schedule planning 2* yang tidak memenuhi target yaitu 1 tahun kalender. Langkah – langkah yang dilakukan pun sama seperti *schedule planning 2* yaitu mulai dari menentukan *handover rate* (m), mencari durasi aktivitas, dan *gang size*. Hasil dari langkah – langkah tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Pada aktivitas yang memakan durasi yang lama pada *schedule planning 2* seperti pondasi, dinding, dan finishing, menentukan *actual gang size* tidak akan mengikuti rumus yang ada, tetapi disini akan langsung diperbanyak, karena semakin banyak *gang* yang digunakan pada aktivitas tersebut maka durasi aktivitas tiap unit akan lebih singkat. Hasil dari SP 3 dapat dilihat pada **Gambar 7**.

Tabel 2. Perhitungan *Line of Balance Schedule Planning 3*

Activity	Duration	Man Per Gang	Man-Days Per Unit	Theoretical Gang Size	Actual Gang Size	Total Gang	M Actual	Slope Line
Pondasi	30	4	120	29	56	14	0.467	127
Lantai kerja	2	4	8	2	8	2	1.000	59
Kolom	2	4	8	2	8	2	1.000	59
Dinding	9	4	36	9	16	4	0.444	133
Balok	2	4	8	2	8	2	1.000	59
Plat Dak	1	4	4	1	8	2	2.000	30
Atap	5	4	20	5	20	5	1.000	59
Finishing	19	4	76	18	60	15	0.789	75



Gambar 7. *Schedule Planning 3*

Analisis dari SP 3 ini yaitu durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh aktivitas bisa sesuai dengan kontrak maupun bisa lebih cepat dari kontrak tergantung dari pengaturan sumber daya manusianya.

4.6 *Resume Schedule Planning 1, 2, dan 3*

Dari ketiga *schedule planning* diatas didapatkan data sesuai pada **Tabel 3** berikut.

Tabel 3. Hasil SP 1, 2, dan 3

	SP 1A	SP 1B	SP 2	SP 3A	SP 3B
Durasi (Hari)	317	313	636	259	313
Man Days(OH)	16800	16800	16800	16800	16800
Idle Time(OH)	48,59	0	0	0	0

Dari segi durasi yang diperlukan, *schedule planning* 1B dan 3B memiliki waktu pekerjaan yang lebih cepat yaitu 313 hari daripada *schedule planning* lainnya.

Untuk total orang hari (OH) yang dibutuhkan, terlihat ketiga SP memiliki orang hari yang sama yaitu 16800 OH. Hal yang membedakan dari orang hari disini yaitu pembayaran gaji untuk para pekerja.

Pada SP 1B pembayaran berjalan tiap 4-5 hari, hal ini dapat dilihat dari **Tabel 3** diatas, dimana pekerjaan unit 1 dikerjakan pada hari 0, unit 2 dikerjakan pada hari ke-5, unit 3 dikerjakan pada hari ke-9, dan seterusnya.

Untuk SP 2 pembayaran gaji untuk para pekerja dilakukan tiap aktivitas, dimulai dari aktivitas pondasi yang dikerjakan tiap 4 – 5 hari, plat lantai, kolom, balok, plat dak atap tiap 1 hari, dinding dan atap tiap 3 hari, finishing tiap 4 hari.

Untuk SP 3B pembayaran gaji untuk para pekerja dilakukan tiap aktivitas, sama seperti pada SP 2 tetapi dengan pembayaran yang lebih cepat, seperti pada aktivitas pondasi dan dinding yang dikerjakan tiap 2 – 3 hari, plat lantai, kolom, balok, plat dak atap, dan atap tiap 1 hari, finishing tiap 1 – 2 hari.

5. KESIMPULAN

Pembangunan perumahan sekarang banyak dibangun dibanyak wilayah dan salah satunya yang diteliti pada skripsi ini. Setelah dilakukan penelitian yang berdasar dengan metode *Line of Balance*, banyak dilakukan percobaan *schedule planning* untuk pembangunan perumahan, dimana percobaan tersebut mementingkan ketepatan kontrak pekerjaan dan juga penggunaan sumber daya manusia nya.

Dari percobaan pembuatan jadwal tersebut terbentuk SP 1, 2, dan 3, hal ini dapat disimpulkan bahwa pada metode LOB bersifat *trial and error*. Dari ketiga SP yang sudah dibuat, hasil yang cocok untuk proyek perumahan tipe 60 dengan total unit 60 rumah ini adalah SP 3, karena SP 3 merupakan SP yang fleksibel yang berarti jadwal tersebut bisa dipercepat sesuai dengan kebutuhan dengan mengatur *actual gang size* pada aktivitas yang memiliki durasi yang panjang. Pada SP 3 ini juga sudah memenuhi parameter dalam metode LOB, seperti aktivitas yang tidak mengalami interfensi pada pembuatannya karena adanya *buffer* yang cukup antar aktivitas, menentukan *crew size* sesuai dengan kebutuhan durasi aktivitas yang ada, dan tidak ada nya *idle time* yang membuat para pekerja tetap produktif dalam pengerjaannya, dan yang paling penting adalah ketepatan waktu kontrak proyek satu tahun untuk 60 unit rumah.

Metode LOB ini merupakan metode penjadwalan proyek yang cocok digunakan pada proyek konstruksi berulang seperti perumahan, karena LOB dapat menunjukan jadwal aktivitas yang berulang untuk setiap unit dalam bentuk diagram garis dan dengan menggunakan LOB, kontraktor dapat mendeteksi secara langsung aktivitas yang mengalami gangguan.

6. REFERENSI

- Jaskowski, P. (2015). *Repetitive Construction Process Scheduling Using Mixed-Integer Linear Programming*, *Budownictwo i Architektura* 14(2), 55-61.
- Lumsden (1968). *Steps of LOB in Manufacturing*. Retrieved from https://www.researchgate.net/figure/Steps-of-LOB-in-Manufacturing-based-on-Lumsden-1968-and-Office-of-Naval-Material-1962_fig1_321725150
- Pilcher, R. (1992). *Principles of Construction Management 3rd Edition*. McGraw-Hill Companies, New York.