

**PERENCANAAN PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN
APARTEMEN DI SURABAYA DENGAN *PRECEDENCE DIAGRAM*
METHOD (PDM)**

**SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**NADIA OKTAVIA
NIM. 145060701111051**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

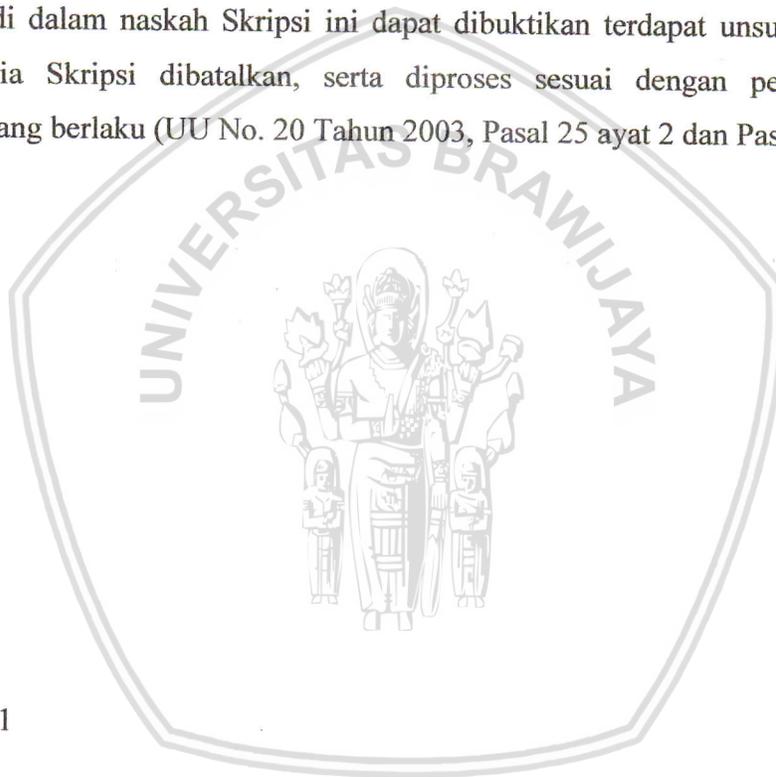
Malang, 13 Juli 2018

Mahasiswa



Nadia Oktavia

NIM. 145060701111051



LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN
APARTEMEN DI SURABAYA DENGAN *PRECEDENCE DIAGRAM*
METHOD (PDM)**

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



NADIA OKTAVIA
NIM. 145060701111051

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 13 Juli 2018

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Cerita', written over a faint circular stamp.

Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT.
NIP. 19840426 200812 2 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Syong', written over a faint circular stamp.

Syong Novareza, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741115 200604 1 002

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT. Karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “**Perencanaan Penjadwalan Proyek Pembangunan Apartemen Di Surabaya Dengan *Precedence Diagram Method (PDM)***”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar sarjana Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan yang dialami. Namun, berkat bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak hambatan-hambatan tersebut dapat teratasi. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang dengan rahmat, petunjuk dan ridha-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Ir. Edy Supriyanto dan Ibu Yuni Krisnawatini atas segala motivasi, semangat, do'a, dan dukungan baik dalam moriil maupun materiil hingga akhirnya penulis mampu menyelesaikan skripsi. Terima kasih papa karena sudah membimbing dalam penyusunan skripsi dan terima kasih mama karena selalu mengingatkan dan memotivasi agar cepat menyelesaikan skripsi.
3. Adik tercinta, Bella Yustisiana dan Rayhan Adira, terima kasih karena telah setia mendengarkan keluh kesah selama perkuliahan dan tidak pernah lelah menunggu kepulangan penulis.
4. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas bimbingan yang telah diberikan.
5. Ibu Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing yang dengan sabar membimbing penulis dan memberikan masukan serta dukungan selama proses penyelesaian skripsi hingga selesai.
6. Ibu Sylvie Indah Kartika Sari, ST., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik selama masa perkuliahan penulis, selalu memberikan motivasi dan bimbingan baik kegiatan akademik maupun non akademik.
7. Ibu Rahmi Yuniarti, ST., MT., dan Ibu Yeni Sumantri, S.Si., MT., Ph.D., selaku Kepala Laboratorium Simulasi dan Aplikasi Industri, terima kasih telah memberikan motivasi dan bimbingan kepada penulis.

8. Bapak Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas semua ilmu bermanfaat yang telah diberikan kepada penulis.
9. Bapak Adit, Bapak Gultom, dan Bapak Heri, terima kasih karena telah membantu penulis dalam proses pengambilan data di perusahaan.
10. Sahabat sejati penulis, Arum Bunga Difitri, Ninditya Ayu Larasari, Annissa Dian Islami dan Anindita Dyah Ayu, terima kasih karena selalu ada dan bersedia menjadi tempat berkeluh kesah sejak awal masa perkuliahan. Terima kasih telah membuat kota Malang seperti rumah sendiri bagi penulis.
11. Keluarga Simulator LSAI 2014 tersayang, Nika, Ulvatuz, Indah, Meylanya, Yudhan, Setya dan Amel, terima kasih untuk semua canda tawa, air mata, kenangan, dan pengalaman yang sangat berharga selama bekerja sama di LSAI. *See you on top guys.*
12. Mas Mbak Simulator LSAI 2013 dan Adik-adik Simulator LSAI 2015 tersayang, terima kasih karena telah memberikan bimbingan, motivasi, semangat dan do'a.
13. Teman makan dan bercengkerama, Prita, Ezy, Nana, Anggi, Riri, Auliya, Tita dan Dhanu terima kasih sudah menemani penulis untuk menghabiskan waktu luang.
14. Teman-teman *staff* BEM FT-UB 2015/2016, *staff* HMTI 2016/2017 dan *staff* HMTI 2017/2018, dan terima kasih karena sudah memberikan kesempatan untuk berkontribusi dan memberikan pengalaman bekerja sama.
15. Sahabat SMA penulis Rafah, Bea, Echa, Dita, Icha, Selly, Vella, Dina, Febby, Chandra, dan Prabu, terima kasih telah memberikan dukungan, semangat dan motivasi penulis agar cepat balik ke Bekasi.
16. Teman-teman Teknik Industri 2014, semangat berjuang dan semoga sukses. Terima kasih atas kebersamaan, semangat, doa, dan kerjasama selama ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna karena itu saran dan kritik sangat diperlukan untuk kebaikan di masa depan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Malang, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN.....	xiii
SUMMARY	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Rumusan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Batasan Masalah.....	6
1.7 Asumsi Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Proyek.....	8
2.2.1 Definisi Proyek	9
2.2.2 Karakteristik Proyek	9
2.2.3 Prioritas Proyek.....	9
2.3 Manajemen Proyek.....	10
2.3.1 Perencanaan Proyek.....	10
2.3.2 Penjadwalan Proyek dengan <i>Precedence Diagram Method</i> (PDM).....	11
2.4 Lintasan Kritis	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Jenis Penelitian	17
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.3 Metode Penelitian.....	17
3.4 Tahap Penelitian	18
3.4.1 Tahap Pendahuluan	18
3.4.2 Tahap Pengumpulan Data	19

3.4.3 Tahap Pengolahan Data.....	19
3.4.4 Tahap Analisis dan Pembahasan.....	19
3.4.5 Kesimpulan dan Saran	19
3.5 Diagram Alir Penelitian	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Gambaran Umum Proyek.....	21
4.2 Pengumpulan Data	23
4.2.1 <i>Time Schedule</i> Proyek	23
4.2.2 Biaya Langsung Pekerja Proyek.....	23
4.2.3 Biaya Langsung Alat Berat Proyek	24
4.2.4 Biaya <i>Overhead</i> Langsung Proyek.....	24
4.2.5 Biaya Satuan Aktivitas Proyek	25
4.2.6 Jumlah Pekerja dalam Aktivitas Proyek.....	27
4.3 Pengolahan Data.....	28
4.3.1 Strategi <i>Sequence</i>	28
4.3.1.1 Hubungan Keterkaitan Antar Aktivitas	29
4.3.1.2 Penjadwalan Proyek dengan Strategi <i>Sequence</i>	30
4.3.1.3 Penentuan Lintasan Kritis.....	31
4.3.1.4 Percepatan Proyek	32
4.3.1.5 Estimasi Biaya	33
4.3.1.5.1 Upah Pekerja Lembur	34
4.3.1.5.2 Alat Berat	35
4.3.1.5.3 Total Biaya untuk Strategi <i>Sequence</i>	36
4.3.2 Strategi <i>Parallel</i>	36
4.3.2.1 Hubungan Keterkaitan Antar Aktivitas	36
4.3.2.2 Penjadwalan Proyek dengan Strategi <i>Parallel</i>	38
4.3.2.3 Konflik Penggunaan Sumber Daya	38
4.3.2.4 Penyelesaian Konflik	30
4.4 Analisis dan Pembahasan.....	42
4.4.1 Analisis dan Pembahasan Strategi <i>Sequence</i>	42
4.4.2 Analisis dan Pembahasan Strategi <i>Parallel</i>	43
4.4.3 Pemilihan Strategi.....	44
4.4.4 Perbandingan Hasil Penjadwalan	45
BAB V PENUTUP	47



5.1 Kesimpulan..... 47

5.2 Saran..... 48

DAFTAR PUSTAKA 51

LAMPIRAN 53





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Progres Aktivitas <i>Bored Piled</i>	2
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Saat Ini.....	8
Tabel 4.1	<i>Time Schedule</i> Proyek	23
Tabel 4.2	Pekerja dan Upah Pekerja Proyek	24
Tabel 4.3	Alat Berat Proyek	24
Tabel 4.4	Biaya <i>Overhead</i> Langsung Proyek.....	25
Tabel 4.5	Biaya Satuan Aktivitas Proyek.....	25
Tabel 4.6	Jumlah Pekerja dan <i>Predecessor</i>	27
Tabel 4.7	Hubungan Keterkaitan Antar Aktivitas untuk Strategi <i>Sequence</i>	29
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Penambahan Jam Lembur.....	32
Tabel 4.9	Rekap Hasil Perhitungan Biaya Lembur (dalam rupiah)	35
Tabel 4.10	Hubungan Keterkaitan Antar Aktivitas untuk Strategi <i>Parallel</i>	37
Tabel 4.11	Konflik Penggunaan Sumber Daya Manusia	39
Tabel 4.12	Penyelesaian Konflik Penggunaan Sumber Daya Manusia	40
Tabel 4.13	Perhitungan Upah Pekerja <i>Mechanical Electrical</i>	41
Tabel 4.14	Perbandingan Strategi <i>Parallel</i> dan <i>Sequence</i>	44

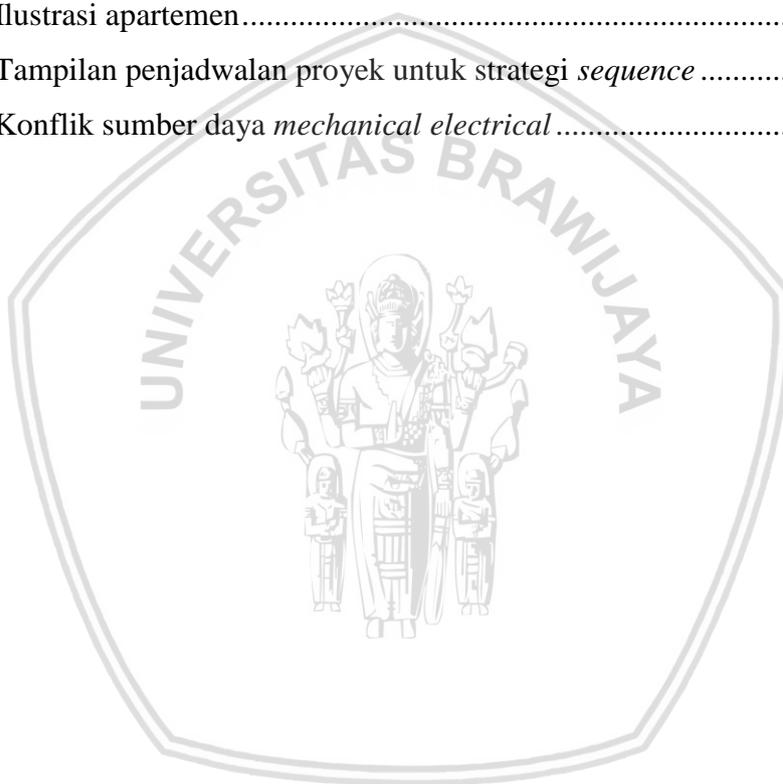


Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Prioritas proyek.....	9
Gambar 2.2	Konstrain <i>finish to start</i>	11
Gambar 2.3	Konstrain <i>finish to finish</i>	12
Gambar 2.4	Konstrain <i>start to start</i>	12
Gambar 2.5	Konstrain <i>start to finish</i>	13
Gambar 2.6	Lambang kegiatan PDM	14
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	20
Gambar 4.1	Ilustrasi apartemen.....	21
Gambar 4.2	Tampilan penjadwalan proyek untuk strategi <i>sequence</i>	31
Gambar 4.3	Konflik sumber daya <i>mechanical electrical</i>	40





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran 1	Penjadwalan Proyek dengan Strategi <i>Sequence</i>	53
Lampiran 2	Penjadwalan Strategi <i>Sequence</i> Setelah Percepatan	57
Lampiran 3	Penjadwalan Proyek dengan Strategi <i>Parallel</i>	61
Lampiran 4	Penjadwalan Strategi <i>Parallel</i> Setelah Penyelesaian Konflik.....	69





Halaman ini sengaja dikosongkan

RINGKASAN

Nadia Oktavia, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2018, *Perencanaan Penjadwalan Proyek Pembangunan Apartemen Di Surabaya Dengan Precedence Diagram Method (PDM)*, Dosen Pembimbing: Ceria Farela Mada Tantrika.

Perusahaan Pembangunan Konstruksi bertujuan membangun proyek apartemen di Surabaya. Dalam perencanaannya, proyek ini membangun 3 *tower* yang berada pada satu *podium*. Awal pembangunan proyek ini direncanakan pada Agustus 2017, namun hingga bulan November 2017 masih belum dibangun. Pada bulan November, seharusnya progres dari proyek pembangunan apartemen sebesar 40% untuk aktivitas *Bored Piled*, tetapi kondisi aktual dari proyek masih mencapai 0%. Keterlambatan ini dikarenakan adanya proses pentahapan ulang oleh tim *planning*. Yaitu dengan merencanakan kembali tahap pembangunan apartemen akan dibangun secara *parallel* dengan 3 *tower* langsung atau *sequence* dengan 1 *tower* terlebih dahulu. Dalam pembangunan proyek ini akan mendapatkan penalti jika pengerjaan proyek melebihi waktu yang telah disepakati. Penjadwalan proyek dengan strategi *sequence* memiliki durasi 1135 hari dan selesai pada 11 Mei 2021 yang artinya melebihi *deadline*. Sehingga butuh dibentuk strategi yang tepat untuk mengejar waktu penyelesaian proyek apartemen. Penelitian ini bertujuan untuk mempercepat proses pembangunan proyek dengan cara menjadwalkan kembali *schedule* yang sudah direncanakan agar dapat mengejar waktu untuk penyerahan unit apartemen kepada *costumer*.

Dalam strategi *sequence* diselesaikan dengan percepatan proyek yaitu menambahkan jam kerja lembur selama 2 jam per hari pada aktivitas yang berada di lintasan kritis. Dalam strategi *parallel*, penjadwalan proyek memiliki durasi 930 hari dan selesai pada 19 Oktober 2020 namun memiliki keterbatasan *resource* karena dalam strategi ini membangun 3 *tower* secara *parallel*. Terdapat 9 aktivitas yang menimbulkan konflik penggunaan sumber daya, yaitu aktivitas E2, MEP2, MEP3, MEP4, MEP5, E5, A19, A23, dan MEP8. Untuk aktivitas MEP2, MEP3, MEP4 dan MEP5 diselesaikan dengan menambahkan jumlah pekerja *mechanical electrical* (ME) sebanyak 46 orang. Untuk aktivitas E2, E5, A19, A23, dan MEP8 diselesaikan dengan menggeser waktu mulai aktivitas.

Berdasarkan penyelesaian tersebut, pada strategi *sequence* mengalami peningkatan estimasi biaya sebesar Rp 12.994.731.250. Total biaya pembangunan proyek apartemen dengan strategi *sequence* menjadi Rp 370.711.140.572. Setelah mengalami percepatan, strategi *sequence* memiliki durasi 807 hari dan selesai pada tanggal 17 Juni 2020. Dalam strategi *parallel* menimbulkan penambahan biaya sebesar Rp 640.800.000. Total biaya untuk proyek pembangunan apartemen dengan strategi *parallel* sebesar Rp Rp 360.941.209.322. Setelah mengalami pergeseran, penjadwalan proyek pada strategi *parallel* selesai pada 24 Desember 2020 dengan durasi 996 hari. Artinya penjadwalan proyek dengan strategi *parallel* tidak melewati *deadline*. Kriteria pemilihan strategi berdasarkan penambahan biaya yang paling minimal serta tidak melewati batas toleransi tambahan 6 bulan setelah Oktober 2020. Berdasarkan hasil penjadwalan proyek dengan strategi *parallel* dan *sequence*, penambahan biaya yang paling minimal terdapat pada strategi *parallel*. Strategi *parallel* juga tidak melewati *deadline* yang telah ditentukan yang jatuh pada bulan April 2021 (6 bulan setelah Oktober 2020). Artinya dalam penelitian ini, strategi *parallel* merupakan strategi yang dipilih.

Kata kunci: Proyek Pembangunan Apartemen, Penjadwalan Proyek, *Precedence Diagram Method*



Halaman ini sengaja dikosongkan



SUMMARY

Nadia Oktavia, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering Universitas Brawijaya, May 2018, *Schedule Planning of Apartment Development Project in Surabaya with Precedence Diagram Method (PDM)*, Academic Supervisor: Ceria Farela Mada Tantrika.

Construction firm aimed to develop apartment project in Surabaya. In its planning, this project would build 3 *towers* which lies in one *podium*. Initial start of this project was planned on August 2017, however, until November 2017 it was still not yet initiated. In November, the progress of this apartment development project should be about 40% for *Bored Piled* activity, however, the actual condition of this project was still 0%. This delay was due to re-phasing process conducted by the *planning* team. They were re-planning the apartment development phases which would be conducted in *parallel* with 3 towers simultaneously or in *sequence* with 1 tower at a time. In this development project, it would gain penalty if project implementation was overdue. Project scheduling using *sequence* strategy has the duration of 1135 days, and would be finished in May 11, 2021, which means exceeding the *deadline*. Therefore, appropriate strategy should be used to pursue the deadline. This study was aimed to accelerate project development process by re-scheduling in order to pursue the delivery of apartment unit toward *customer*.

In *sequence* strategy, it conduct project acceleration is by increasing overtime about 2 hours per day for activities that lies in critical projection. In *parallel* strategy, project scheduling has the duration of 930 days and would be finished in October 19, 2020 however it has *resource* limitation because this strategy would build 3 *towers* in *parallel*. There were 9 activities that raise the conflict regarding resource use, those are E2, MEP2, MEP3, MEP4, MEP5, E5, A19, A23 and MEP8 activities. For MEP2, MEP3, MEP4 and MEP5 activities, it was completed by increasing the amount of *mechanical electrical (ME)* worker about 46 workers. For E2, E5, A19, A23 and MEP8 activities, it was completed by shifting the *start* time of the activities.

Based on this solution, *sequence* strategy would create an increase in cost estimation about Rp 12.994.731.250. Total cost of apartment development project using *sequence* strategy would become Rp 370.711.140.572. After acceleration, *sequence* strategy would have the duration of 807 days and would be completed in June 17, 2020. In *parallel* strategy, it would create an increase in cost estimation about Rp 640.800.000. Total cost of apartment development project using *parallel* strategy would become Rp 360.941.209.322. After experiencing shifting, project rescheduling with *parallel* strategy would be completed in December 24, 2020 with duration of 966 days. It means that project scheduling with *parallel* strategy did not exceed the *deadline*. Strategy selection criteria were based on the minimum extra cost and it should not pass the tolerance limit of 6 months after October 2020. Based on the result of project scheduling using *parallel* and *sequence* strategies, minimum extra cost was obtained from *parallel* strategy. *Parallel* strategy also did not passed the given *deadline* of April 2021 (6 months after October 2020). It means that in this study, *parallel* strategy was the selected strategy to be used in the project.

Keywords: Apartment Development Project, Project Schedulling, *Precedence Diagram Method*



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

Bab pendahuluan menjelaskan tentang latar belakang dilakukannya penelitian, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian, tujuan penelitian, serta manfaat didapat dari hasil penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk kota Surabaya semakin bertambah dari tahun ke tahun. Semakin banyak penduduk, ketersediaan tempat tinggal menjadi perhatian utama bagi pihak masyarakat dan pemerintah. Belum lagi harga tanah semakin mahal terutama harga tanah yang terletak di pusat kota, seperti kota Surabaya. Surabaya merupakan ibukota Provinsi Jawa Timur, tidak sedikit warga pendatang dari luar kota untuk menetap di Surabaya. Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil (DISPENDUKCAPIL) Kota Surabaya mencatat penambahan penduduk terus meningkat sepanjang Januari hingga akhir November 2016 sebanyak 30.675 orang. Salah satu solusi terbaik untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan cara melakukan pembangunan rumah bertingkat atau apartemen.

Pembangunan apartemen merupakan konsekuensi logis di kota besar terutama dikawasan yang berfungsi sebagai pusat kegiatan ekonomi seperti Surabaya. Apartemen adalah Tempat tinggal suatu bangunan bertingkat yang lengkap dengan ruang duduk, kamar tidur, dapur, ruang makan, dan kamar mandi dan terletak pada satu lantai, bangunan bertingkat yang terbagi atas beberapa tempat tinggal. (Kamus Umum Bahasa Indonesia, 1994). Di kota-kota besar, banyak pengembang properti yang marak membangun apartemen. Hal ini karena minat untuk tinggal dalam bangunan tempat tinggal vertikal di daerah perkotaan cukup besar. Penyebabnya antara lain terbatasnya lahan untuk mendirikan permukiman horizontal atau rumah di daerah perkotaan serta harga tanah yang sudah mahal. Sedangkan apartemen yang dibangun secara vertikal memerlukan lahan yang lebih sedikit sehingga harganya lebih terjangkau.

Dikarenakan perkembangan ekonomi yang pesat maka Kota Surabaya merupakan lokasi yang menarik bagi para investor dari Indonesia bagian timur untuk melakukan investasi *property*. Peluang ini sangat dimanfaatkan oleh investor untuk meraih

keuntungan yang maksimal. Begitu juga dengan Perusahaan Pembangunan Konstruksi yang bertujuan membangun proyek apartemen di Surabaya.

Proyek dapat didefinisikan sebagai kegiatan-kegiatan yang berlangsung selama jangka waktu terbatas dengan mengalokasikan sumber daya tertentu yang dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 1999). Berdasarkan definisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa proyek memiliki jangka waktu terbatas atau memiliki *deadline*, sehingga suatu proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Selain itu proyek juga mengalokasikan sumber daya tertentu dalam pelaksanaannya, dimana sumber daya tersebut antara lain berupa *resource*, bahan baku, maupun biaya yang ada. Suatu proyek mengalami kerugian ketika waktu penyelesaian proyek melebihi *deadline* yang telah ditentukan. Penyelesaian proyek yang melebihi waktu yang telah direncanakan menambah biaya yang harus dikeluarkan, baik dalam aspek pengupahan tenaga kerja maupun pembelian bahan baku.

Dalam manajemen proyek terdapat dua tipe proyek yaitu proyek yang berbatasan dengan waktu dan proyek berbatasan dengan sumber daya. Proyek yang berbatasan sumber daya merupakan proyek yang memiliki sumber daya yang terbatas tetapi tidak dibatasi waktu penyelesaian proyek. Untuk proyek pembangunan apartemen merupakan proyek yang berbatasan dengan waktu. Dengan jenis proyek berbatasan dengan waktu maka proyek diperbolehkan adanya penambahan atau pengurangan sumber daya agar proyek dapat terselesaikan tepat waktu dan dapat seoptimal mungkin dalam penyelesaiannya.

Dalam perencanaannya, proyek pembangunan apartemen di Surabaya membangun 3 *tower* yang berada pada satu *podium*, dimana satu *tower* terdiri dari 41 lantai dan 1.040 unit. Pada *launching* pertama kali, proyek apartemen ini sudah laku 800 unit yang berada dalam satu *tower*. Awal pembangunan proyek ini direncanakan pada Agustus 2017, namun hingga bulan November 2017 masih belum dibangun. Pada bulan November, seharusnya progres dari proyek sebesar 40% untuk aktivitas *Bored Piled*, namun pada saat ini progres dari proyek pembangunan apartemen masih mencapai 0% dari yang sudah direncanakan. Tabel 1.1 merupakan progres pembuatan *Bored Piled* berdasarkan capaian yang sudah dibuat oleh tim *planning* dan kondisi aktual dari pembuatan proyek tersebut.

Tabel 1.1
Progres Aktivitas *Bored Piled*

Bulan	Rencana	Aktual
Agustus	2%	0%
September	20%	

Bulan	Rencana	Aktual
Oktober	30%	0%
November	40%	
Desember	50%	
Januari	60%	
Februari	70%	
Maret	80%	
April	90%	10%
Mei	100%	13%

Sumber: Data Perusahaan Pembangunan Konstruksi

Seperti yang sudah disebutkan, pada saat launching pertama penjualan apartemen ini sudah terjual 800 unit. Melihat adanya kesempatan untuk meraih keuntungan yang lebih, pihak perusahaan khususnya tim *planning* membuat rencana ulang terkait strategi dalam membangun 3 *tower* tersebut. Yang dimaksud dengan pentahapan ulang yaitu dengan merencanakan kembali tahap pembangunan apartemen. Akan dibangun secara *parallel* dengan 3 *tower* langsung atau secara *sequence* dengan 1 *tower* terlebih dahulu. Adanya strategi ini muncul setelah melihat kondisi penjualan apartemen. Untuk perencanaan awal (*existing*) sebelum pentahapan ulang, proyek pembangunan apartemen ini menerapkan strategi *sequence*, dimana *tower* pertama dibangun dan setelah selesai dilanjutkan dengan kedua serta ketiga.

Dalam membangun proyek ini mendapatkan penalti jika pengerjaan proyek melebihi waktu yang telah disepakati yaitu satu permil untuk satu hari, dimana satu permil dari sisa pekerjaan. Keterlambatan proyek pembangunan ini dapat merugikan perusahaan. Untuk itu butuh dibentuk strategi yang tepat untuk mengejar waktu penyelesaian pembuatan proyek apartemen tersebut. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, keterlambatan penyelesaian proyek dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar untuk perusahaan. Mengingat 800 unit apartemen yang sudah laku akan diserahkan ke *customer* pada bulan Oktober tahun 2020 dengan waktu toleransi tambahan 6 bulan.

Terjadinya keterlambatan proyek pada pembangunan apartemen ini dikarenakan kendala yaitu pentahapan ulang strategi pembangunan apartemen. Jika proyek di awal mengalami keterlambatan maka berpengaruh pada aktivitas berikutnya. Penelitian ini bertujuan untuk mempercepat proses pembangunan proyek apartemen tersebut dengan cara menjadwalkan kembali *schedule* yang sudah direncanakan agar dapat mengejar waktu untuk penyerahan unit apartemen kepada *customer*.

Pada umumnya dalam penjadwalan proyek biasanya menggunakan salah satu dari beberapa metode umum yang digunakan, antara lain *Bar Chart*, *Network Diagram*, dan

Metode Penjadwalan Linear. Metode tersebut berfungsi sebagai *tools*, jadi penggunaannya tergantung pada ketepatan memilih metode dengan tipe dan karakteristik proyek konstruksi yang direncanakan, penguasaan teknik oleh perencana maupun pemahaman aplikasinya oleh pihak-pihak yang menerapkannya di lapangan.

Pada perencanaan awal jadwal proyek (*existing*) menggunakan *Gantt Chart*. *Gantt Chart* tidak bisa secara eksplisit menunjukkan keterkaitan antar aktivitas dan bagaimana satu aktivitas berakibat pada aktivitas lain bila waktunya terlambat atau dipercepat, sehingga perlu dilakukan modifikasi terhadap *Gantt Chart*. Untuk itu dikembangkan teknik baru yang bisa mengatasi kekurangan-kekurangan yang ada pada *Gantt Chart*. Cara baru itu dikenal sebagai jaringan kerja atau *Network*.

Penelitian ini diselesaikan dengan menggunakan metode PDM (*Precedence Diagram Method*). *Precedence Diagram Method* menurut Soeharto (1999) merupakan metode jaringan kerja yang dikenal karena adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi jalur kritis atau *critical path* yang terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai kegiatan terakhir proyek. Jalur kritis menunjukkan aktivitas mana yang dapat didiselesaikan dengan lebih cepat dari yang sudah direncanakan sebelumnya. *Precedence Diagram* merupakan peninggalan atau pengembangan dari *bar chart*. Terkadang bahkan skala waktu kegiatan dan kalender ditempatkan dibagian atas.

Pada periode tahun 1980-2000 kemampuan komputer diperluas sehingga banyak atribut tambahan ditambahkan ke jaringan PDM seperti jenis hubungan, *lag* dan *lead time value* pada dependensi, beberapa sumber daya pada kegiatan. Penggunaan fungsi ini benar-benar membutuhkan pelatihan tingkat tinggi dan pengalaman dalam penjadwalan konstruksi (Glenwright, 2014) ini dapat menjadi kelemahan dari PDM sendiri. Menurut Ervianto (2005) kelebihan *Precedence Diagram Method* (PDM) dibandingkan dengan CPM adalah PDM tidak memerlukan kegiatan fiktif/*dummy* sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana. Hal ini dikarenakan hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan.

Berbeda dengan CPM dan PDM yang menggunakan perkiraan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik (satu angka yang mencerminkan adanya kepastian), PERT menggunakan pendekatan probabilistik yang dirancang untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainly*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan (Soeharto, 1999). PERT pada mulanya dikembangkan untuk

membantu perencanaan proyek-proyek riset dan pengembangan yang biasanya ditemukan pada perencanaan program-program strategis pemerintah (Kenley dan Seppanen, 2009). PERT aslinya berasal dari *activity on arrow (AOA) network* atau lebih dikenal dengan nama CPM. Namun, sekarang ini beberapa orang mulai menggunakan PERT sebagai *activity on node (AON) network* atau yang lebih dikenal dengan nama PDM.

Dalam PDM diperkenankan adanya *overlapping* atau hubungan tumpang tindih, dimana suatu pekerjaan bisa dikerjakan sebelum pekerjaan terdahulu atau *predecessor* selesai 100%. Oleh karena itu untuk proyek besar dengan berbagai jenis pekerjaan yang saling tumpang tindih akan tepat bila menggunakan PDM dalam menjadwalkan proyek karena dapat menghasilkan diagram yang lebih sederhana dan tidak kompleks (Soeharto, 1999).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat diidentifikasi masalah yang terjadi adalah:

1. Terdapat perbedaan waktu memulai pembangunan proyek apartemen antara waktu yang telah direncanakan dengan waktu aktual.
2. Adanya penalti sebesar satupermil perhari terhadap sisa pekerjaan apabila proyek selesai melebihi tempo yang telah ditentukan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perencanaan penjadwalan proyek dengan strategi *sequence*?
2. Bagaimana perencanaan penjadwalan proyek dengan strategi *parallel*?
3. Bagaimana hasil perbandingan dari kedua strategi terhadap penjadwalan proyek?

1.4 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan perencanaan penjadwalan proyek dengan strategi *sequence*.
2. Melakukan perencanaan penjadwalan proyek dengan strategi *parallel*.
3. Melakukan analisis perbandingan hasil dari strategi *parallel* dan strategi *sequence*

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang telah dibuat, manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui strategi yang akan diterapkan untuk pembangunan apartemen.
2. Dapat mengetahui alternatif penjadwalan proyek agar tidak terjadi keterlambatan dengan metode PDM.

1.6 Batasan Masalah

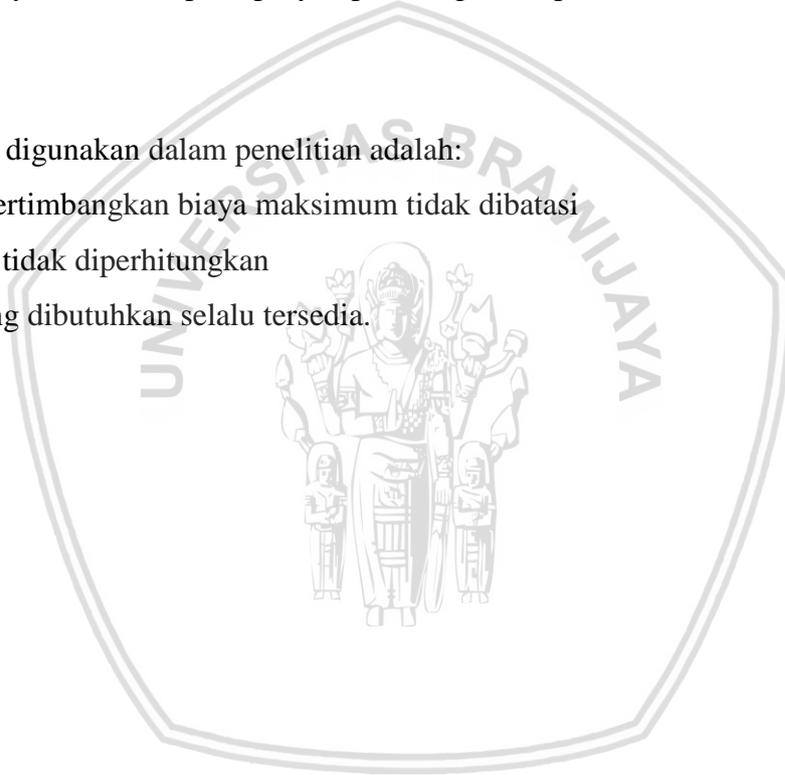
Agar penelitian tidak melebur terlalu jauh dari tujuan penelitian, maka batasan yang digunakan penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya dilakukan pada proyek pembangunan apartemen 3 *tower*.

1.7 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Tidak mempertimbangkan biaya maksimum tidak dibatasi
2. Faktor cuaca tidak diperhitungkan
3. *Resource* yang dibutuhkan selalu tersedia.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam melaksanakan penelitian, perlu dilakukan studi pustaka sebagai teori untuk membantu menyelesaikan permasalahan yang ada. Dalam bab ini dijelaskan mengenai tinjauan pustaka berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa hasil penelitian yang relevan dengan topik skripsi ini diambil dari beberapa penelitian ilmiah telah dilakukan sebelumnya.

1. Kalangi (2015) menggunakan metode PDM dan *Microsoft Project* untuk menjadwalkan gedung GMIM di Manado. Berdasarkan hasil pembahasan didapatkan bahwa dengan menggunakan metode PDM dan *Microsoft project* membutuhkan waktu 191 hari, sedangkan perhitungan dilakukan oleh perusahaan membutuhkan waktu 236 hari sehingga dapat menghemat waktu 45 hari dan biaya meningkat sebesar Rp.31,412,500.
2. Bastian, Sugiono, dan Tantrika (2015) menggunakan metode PDM dan *Resource Leveling* untuk menjadwalkan proyek konstruksi. Perbandingan waktu perencanaan antara aktual (230 hari) dan rencana (130 hari) yang terlalu jauh, membutuhkan metode perencanaan yang mampu memastikan keterkaitan antar kegiatan terpenuhi. Hasil penelitian menggunakan PDM dan *resource leveling* menghasilkan waktu selama 236 hari yang mendekati realisasi.
3. Andhika (2017) menggunakan metode PDM dalam melakukan penjadwalan pada suatu rumah susun sederhana. Berdasarkan hasil pembahasan didapatkan bahwa dengan menggunakan metode PDM antara lain waktu diperlukan untuk menyelesaikan proyek adalah 161 hari, ada 11 kegiatan kritis yang tidak boleh ditunda waktu pelaksanaannya. Sedangkan perhitungan perusahaan membutuhkan waktu 170 hari sehingga dapat menghemat waktu 9 hari.
4. Riyanto, Choiri, dan Sari (2017) menggunakan metode PDM, EVM, *Ms. Excel* dan *Ms. Project* untuk melakukan evaluasi dalam pembangunan *guest house* mahasiswa di Kota Batu. Berdasarkan hasil pembahasan didapatkan dengan menggunakan metode EVM biaya aktual proyek melebihi anggaran pada setiap periode dan dengan metode PDM antara lain waktu diperlukan untuk menyelesaikan proyek adalah 88 hari dengan

total biaya sebesar Rp 241.155.000. Sedangkan perhitungan sebelum adanya percepatan, waktu diperlukan untuk menyelesaikan proyek adalah 93 hari dengan total biaya sebesar Rp 242.745.000.

Perbandingan antara penelitian terdahulu dan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1
Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Saat Ini

Penulis	Objek Penelitian	Metode dan <i>Tools</i>	Hasil
Kalangi (2015)	Gedung GMIM	PDM dan <i>Ms. Project</i>	Perencanaan perusahaan membutuhkan waktu 236 hari. Metode PDM dan <i>Ms. Project</i> membutuhkan waktu 191 hari dengan biaya meningkat dari perencanaan awal sebesar Rp.31,412,500.
Bastian, Sugiono, dan Tantrika (2015)	Proyek konstruksi	PDM dan <i>Resource Leveling</i>	Hasil penelitian menggunakan PDM dan <i>resource leveling</i> menghasilkan waktu selama 236 hari yang mendekati realisasi.
Andhika (2017)	Rumah susun sederhana	PDM	Perencanaan perusahaan membutuhkan waktu 170 hari. Metode PDM membutuhkan waktu 161 hari. Sehingga dapat menghemat 9 hari.
Riyanto, Choiri, dan Sari (2017)	<i>Guest house</i> mahasiswa	PDM, EVM, <i>Ms. Excel</i> dan <i>Ms. Project</i>	Perencanaan perusahaan membutuhkan waktu 93 dengan total biaya sebesar Rp 242.745.000. Metode PDM membutuhkan waktu 89 hari dengan total biaya sebesar Rp 241.155.000. Dengan metode EVM dapat diketahui biaya aktual proyek melebihi anggaran pada setiap periode.
Penelitian ini	Apartemen	PDM dan <i>Ms. Project</i>	Perencanaan perusahaan membutuhkan waktu 1135 hari dengan total biaya sebesar Rp 357.716.409.322. Metode PDM membutuhkan waktu 996 hari dengan total biaya sebesar Rp 360.941.209.322

2.2 Proyek

Berikut merupakan penjelasan mengenai proyek, definisi proyek, karakteristik proyek, dan prioritas proyek.

2.2.1 Definisi Proyek

Proyek dapat didefinisikan sebagai kegiatan-kegiatan yang berlangsung selama jangka waktu terbatas dengan mengalokasikan sumber daya tertentu yang dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 1999). Proyek yaitu usaha kompleks, tidak rutin, dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya dan spesifikasi kinerja dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Memuaskan kebutuhan seorang pelanggan merupakan tujuan utama dari sebuah proyek.

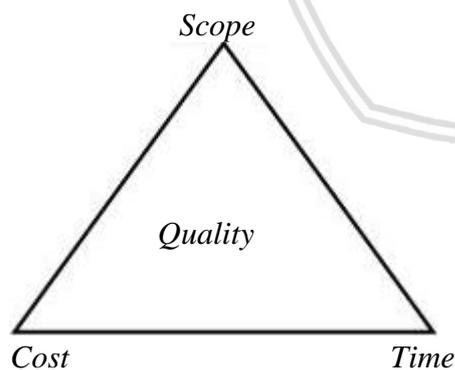
2.2.2 Karakteristik Proyek

Sebuah proyek memiliki karakteristik utama, berikut merupakan karakteristik utama dalam sebuah proyek (Gray dan Larson, 2007).

1. Mempunyai sasaran
2. Terdapat rentang waktu
3. Melibatkan adanya beberapa departemen dan profesional
4. Umumnya melakukan sesuatu yang sebelumnya tidak pernah dilakukan
5. Adanya biaya, waktu dan persyaratan kinerja yang spesifik

2.2.3 Prioritas Proyek

Kualitas dan sukses sebuah proyek umumnya ditentukan jika proyek memenuhi dan atau melebihi harapan pelanggan dan atau manajemen puncak dalam hal biaya (anggaran), waktu (jadwal) dan kinerja (cakupan) proyek (Gray dan Larson, 2007).



Gambar 2.1 Prioritas proyek

Sumber: Gray dan Larson (2007)

Hubungan antara kriteria tersebut bervariasi. Seperti biaya proyek dapat saja berkurang dengan menggunakan tenaga kerja atau peralatan yang lebih murah dan kurang efisien yang akan memperpanjang durasi waktu proyek.

2.3 Manajemen Proyek

Manajemen proyek menurut Gray dan Larson (2007) yaitu semakin banyak usaha perusahaan yang digarap sebagai proyek menyebabkan kepentingan dan proyek di masa mendatang akan semakin memberikan kontribusi bagi arah strategis perusahaan.

Manajemen proyek menurut Soeharto (1999) adalah ilmu dan seni berkaitan dengan memimpin dan mengkoordinir sumber daya terdiri dari manusia dan material dengan mengaplikasikan teknik pengelolaan *modern* untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. Sasaran yang ditentukan dapat berupa lingkup, mutu, jadwal, dan biaya serta memenuhi keinginan para *stake-holder*. Manajemen proyek yang sukses dapat didefinisikan dengan tercapainya objektif dari proyek dalam aspek waktu, biaya, kinerja (*performance*) dikehendaki atau tingkat teknologi yang digunakan, dengan menggunakan sumber daya tersedia secara efektif dan efisien serta diterima oleh *customer*.

2.3.1 Perencanaan Proyek

Perencanaan proyek menurut Husen (2008) merupakan suatu tahap pada manajemen proyek mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran sekaligus menyiapkan segala program teknik dan *administrative* agar bisa diimplementasikan. Adapun tujuannya yaitu melakukan usaha memenuhi persyaratan spesifikasi proyek ditentukan dalam batasan biaya, mutu dan waktu ditambah dengan terjaminnya faktor keselamatan. Hasil dari suatu perencanaan yaitu sebagai dasar acuan untuk kegiatan selanjutnya seperti pelaksanaan proyek dan pengendalian proyek.

Dalam merencanakan jadwal suatu proyek ada dua hal yang harus dilakukan (Walean, 2012) yaitu:

1. Membagi bobot suatu pekerjaan. Pekerjaan-pekerjaan perlu diidentifikasi dan hubungan antar kegiatan harus jelas. Biasanya pembagian tersebut menuruti standar dan logika tertentu. Berdasarkan pembagian ini, dapat juga dilakukan alokasi sumber daya dan waktu. Dengan demikian, kontraktor dapat memberi garis besar kegiatan apa saja yang akan dilakukan untuk menyelesaikan proyek tersebut serta berapa dana dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut kepada konsultan dan pemilik proyek.
2. Merencanakan *schedule* kegiatan dalam proyek. Semua kegiatan beserta jangka waktu masing-masing kegiatan tersebut, akan disusun rencana yang menyeluruh, sehingga bisa diperkirakan kapan proyek tersebut akan selesai dan siap beroperasi.

2.3.2 Penjadwalan Proyek dengan *Precedence Diagram Method (PDM)*

Penjadwalan proyek menurut Husen (2008) merupakan salah satu elemen hasil dari perencanaan, yang bisa memberikan informasi mengenai jadwal rencana dan kemajuan suatu proyek dalam hal kinerja dari sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan, dan material serta rencana durasi proyek dan juga progress waktu untuk penyelesaian proyek. Penjadwalan aktivitas dengan keterbatasan sumber daya adalah sebuah kendala matematis yang disebut *large combinatorial problem* (Siswojo, 1981).

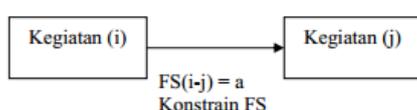
Metode penjadwalan proyek yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Precedence Diagram Method (PDM)*. *Precedence Diagram Method* menurut Soeharto (1999) merupakan metode jaringan kerja dikenal karena adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Jadi jalur kritis atau *critical path* terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai kegiatan terakhir proyek. Pada umumnya dipakai pada proyek konstruksi yang menitik beratkan pada aspek perencanaan dan pengendalian waktu dan biaya.

Precedence Diagram merupakan peninggalan atau pengembangan dari *bar chart*. Terkadang bahkan skala waktu kegiatan dan kalender ditempatkan dibagian atas. Pada periode tahun 1980-2000 kemampuan komputer diperluas sehingga banyak atribut tambahan ditambahkan ke jaringan PDM seperti jenis hubungan, *lag* dan *lead time value* pada dependensi, beberapa sumber daya pada kegiatan. Penggunaan fungsi ini benar-benar membutuhkan pelatihan tingkat tinggi dan pengalaman dalam penjadwalan konstruksi (Glenwright, 2014) ini dapat menjadi kelemahan dari PDM sendiri.

Pada PDM juga dikenal adanya konstrain. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua *node*, karena setiap *node* memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai = (S) dan ujung akhir atau selesai = (F). Maka di sini terdapat empat macam konstrain (Soeharto, 1999), yaitu:

1. Konstrain selesai ke mulai – *Finish to Start (FS)*

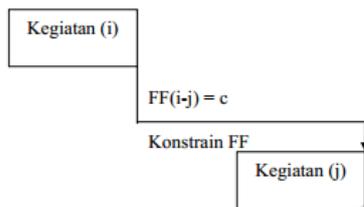
Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai $FS(i-j) = a$ berarti kegiatan (j) mulai a hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai.



Gambar 2.2 Konstrain *finish to start*
Sumber: Soeharto (1999)

2. Konstrain selesai ke selesai – *Finish to Finish* (FF)

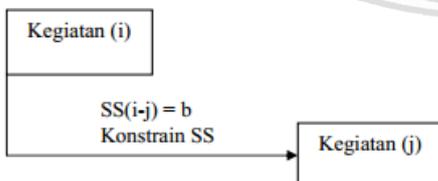
Memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Atau $FF(i-j) = c$ berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah c hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Konstrain semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100% sebelum kegiatan terdahulu telah sekian ($=c$) hari selesai. Angka c tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan (j), Misalnya: pekerjaan perataan tanah tidak dapat dilakukan sebelum pekerjaan pengangkutan tanah selesai.



Gambar 2.3 Konstrain *finish to finish*
Sumber: Soeharto (1999)

3. Konstrain mulai ke mulai – *Start to Start* (SS)

Memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Atau $SS(i-j) = b$ berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrain semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100% maka kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai. Besar angka b tidak boleh melebihi angka waktu kegiatan terdahulu. Karena per definisi b adalah sebagian kurun waktu kegiatan terdahulu. Jadi disini terjadi kegiatan tumpang tindih, misalnya: pelaksanaan kegiatan pasangan pondasi batu kali dapat segera dimulai setelah pekerjaan galian pondasi cukup, misalnya setelah satu hari.

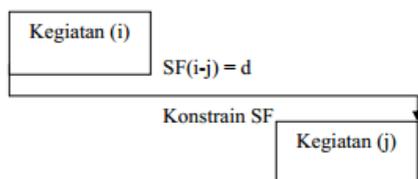


Gambar 2.4 Konstrain *start to start*
Sumber: Soeharto (1999)

4. Konstrain mulai ke selesai – *Start to Finish* (SF)

Menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan $SF(i-j) = d$, berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan (i) terdahulu mulai. Jadi dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh

diselesaikan, misalnya: pekerjaan instalasi *lift* harus sudah selesai setelah beberapa hari dimulainya pekerjaan sistem elektrikal.



Gambar 2.5 Konstrain *start to finish*
Sumber: Soeharto (1999)

PDM pada dasarnya menitikberatkan pada persoalan keseimbangan antara biaya dan waktu penyelesaian proyek. PDM menekankan pada hubungan antara pemakaian sejumlah tenaga kerja atau sumber daya untuk mempersingkat waktu pelaksanaan suatu proyek dan kenaikan biaya sebagai akibat penambahan sumber daya tersebut. Dalam PDM, hubungan antara jumlah sumber-sumber daya yang dipergunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek juga dianggap diketahui.

Penjadwalan pada PDM mempertimbangkan hubungan ketergantungan antar aktivitas dan durasi setiap aktivitas. Bila terjadi kondisi keterbatasan tenaga kerja, maka dilakukan penjadwalan ulang yang meliputi proses alokasi dan perataan sumber daya, dan metode yang digunakan adalah *Resource Scheduling Method* (Suputra, 2011). Terdapat dua cara analisis dalam *Resource Scheduling Method* untuk menentukan aktivitas mana yang akan diprioritaskan untuk dijadwalkan bila terjadi konflik sumber daya, yaitu:

1. Analisis *float time*

Aktivitas yang memiliki *float time* paling kecil akan diprioritaskan untuk dijadwalkan.

2. Analisis nilai Pertambahan Durasi Proyek (PDP)

Dengan cara ini selalu dipilih 2 aktivitas yang mengalami konflik untuk dianalisis. Misalnya aktivitas A dan B. Bila A dijadwalkan lebih dulu daripada B, maka besarnya PDP akibat hal itu adalah $PDP(AB) = EFA - LSB$. Prioritas diberikan kepada pasangan aktivitas yang memiliki nilai PDP minimum. Agar diperoleh nilai PDP minimum, maka harus dipilih aktivitas A dengan nilai EF terkecil dan aktivitas B dengan nilai LS yang terbesar.

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

ES	Jenis	EF
LS	Kegiatan	LF
No. Kegiatan	Durasi	

Gambar 2.6 Lambang kegiatan PDM
Sumber: Ervianto (2005)

Keterangan:

ES (*Earliest Start Time*), yaitu waktu mulai paling awal suatu kegiatan.

EF (*Earliest Finish Time*), yaitu waktu selesai paling awal suatu kegiatan.

LS (*Latest Allowable Start Time*), yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.

LF (*Latest Finish Time*), yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh selesai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.

D (*Duration*), yaitu kurun waktu suatu kegiatan. Umumnya dalam satuan waktu hari, minggu, bulan.

2.4 Lintasan Kritis

Lintasan kritis merupakan jalur yang memiliki jumlah *slack* terkecil menurut Gray & Larson (2007). *Slack* sendiri merupakan perbedaan antara *late start* dengan *early start* atau perbedaan antara *late finish* dengan *early finish*.

Lintasan kritis (*critical path*) melalui aktivitas-aktivitas yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama. Jadi, lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, digambar dengan anak panah tebal (Badri, 1997).

Menurut Badri (1997), manfaat yang didapat jika mengetahui lintasan kritis sebagai berikut.

1. Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh pekerjaan proyek tertunda penyelesaiannya.
2. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya, bila pekerjaan-pekerjaan yang ada pada lintasan kritis dapat dipercepat.
3. Pengawasan atau kontrol dapat dikontrol melalui penyelesaian jalur kritis yang tepat dalam penyelesaiannya dan kemungkinan di *trade off* (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan *crash program* (diselesaikan dengan waktu yang optimum dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) atau dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya lembur.

4. *Slack time* atau kelonggaran waktu terdapat pada pekerjaan yang tidak melalui lintasan kritis. Ini memungkinkan bagi manajer/pimpro untuk memindahkan tenaga kerja, alat, dan biaya ke pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis agar efektif dan efisien.





Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian mengenai prosedur dalam penelitian, tempat dan waktu penelitian, jenis penelitian, dan langkah-langkah dilakukannya penelitian yang didukung dengan gambar diagram alir penelitian agar proses penelitian dapat terarah, terstruktur dan sistematis.

3.1 Jenis Penelitian

Pada permasalahan yang sedang diteliti, jenis penelitian digunakan adalah penelitian deskriptif (*descriptive research*). Penelitian deskriptif merupakan bentuk penelitian ditujukan untuk menggambarkan kejadian-kejadian yang ada baik kejadian alamiah maupun kejadian buatan manusia. Penelitian deskriptif tidak hanya terbatas pada pengumpulan dan penyusunan data tetapi juga meliputi analisis dan interpretasi tentang arti data tersebut. Penelitian deskriptif melakukan analisis dan penyajian fakta secara sistematis sehingga dapat lebih mudah dipahami (Sukmadinata, 2006). Penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian deskriptif karena dalam penelitian ini dibahas masalah mengenai keterlambatan proyek sehingga proyek dapat diselesaikan sesuai tenggang waktu yang ditentukan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di perusahaan yang bergerak di bidang konstruksi, Surabaya. Penelitian ini dimulai pada bulan Februari sampai Mei 2018 dengan proyek “Pembangunan Apartemen Surabaya” sebagai objek penelitian.

3.3 Metode Penelitian

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Wawancara

Wawancara atau *interview* merupakan metode untuk memperoleh data dengan cara mengajukan pertanyaan secara langsung pada pihak yang berhubungan langsung dengan objek penelitian. Dalam penelitian ini wawancara dilakukan dengan mengajukan pertanyaan kepada Manajer Proyek. Data yang diperoleh dari teknik

wawancara ini adalah informasi terkait faktor penyebab keterlambatan proyek pembangunan apartemen.

2. Dokumentasi

Dokumentasi merupakan metode untuk memperoleh data dengan cara menelusuri arsip-arsip atau catatan berkaitan dengan permasalahan yang sedang diamati. Data yang diperoleh dari teknik dokumentasi ini adalah *time schedule*, informasi jumlah tenaga kerja, dan biaya pembangunan proyek.

3.4 Tahap Penelitian

Berikut merupakan tahap-tahap yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini. Tahap-tahap tersebut terdiri atas tahap pendahuluan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, dan tahap analisis dan pembahasan serta tahap kesimpulan dan saran.

3.4.1 Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan dengan memahami kondisi objek penelitian dan permasalahan yang terjadi pada proyek pembangunan apartemen.

2. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari literatur dan melakukan peninjauan dari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang ditemukan.

3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam mengetahui dan memahami permasalahan pada perusahaan. Kegiatan ini bertujuan untuk menemukan solusi yang sesuai dan optimal pada permasalahan yang ada.

4. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang ada selanjutnya dapat ditarik rumusan masalah kemudian menjadi fokus penelitian. Perumusan masalah merupakan rincian atas permasalahan yang ditemukan, dijabarkan dan dikaji lebih lanjut sehingga dapat dilakukan pengelompokan permasalahan guna menentukan solusi tidak hanya optimal namun juga sesuai untuk seluruh permasalahan.

5. Tujuan Penelitian

Dalam melakukan penulisan skripsi perlu ditetapkan tujuan penelitian dari permasalahan yang ada. Penetapan tujuan penelitian dilakukan agar penelitian dapat

dilakukan secara sistematis dan tidak menyimpang dengan permasalahan yang dibahas. selain itu, tujuan penelitian digunakan sebagai tolak ukur dari keberhasilan suatu penelitian.

3.4.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan setelah menentukan tujuan penelitian. Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu data informasi proyek pembangunan apartemen (data primer dan data sekunder).

1. Data primer yang diambil yaitu informasi terkait tahap awal pembangunan apartemen serta faktor penyebab keterlambatan proyek.
2. Data sekunder yang diambil yaitu *time schedule*, aktivitas proyek serta hubungan antar aktivitas, durasi pengerjaan proyek, jumlah tenaga kerja yang terlibat, dan biaya pembangunan proyek.

3.4.3 Tahap Pengolahan Data

Dari data yang telah didapatkan kemudian dilakukan pengolahan. Langkah-langkah pengolahan data dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Menggambarkan kondisi proyek pembangunan apartemen.
2. Menentukan hubungan antar aktivitas untuk pembangunan secara *sequence*
3. Membuat penjadwalan proyek untuk pembangunan secara *sequence*.
4. Menentukan hubungan antar aktivitas untuk pembangunan secara *parallel*
5. Membuat penjadwalan proyek untuk pembangunan secara *parallel*.

3.4.4 Tahap Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisis dari hasil pengolahan data. Analisis dilakukan pada hasil penjadwalan proyek secara *parallel* dan *sequence* dengan metode PDM. Setelah itu pada tahap ini dilakukan analisis perbandingan strategi pembangunan proyek yang paling optimal dengan mempertimbangkan penalti yang sudah ditentukan.

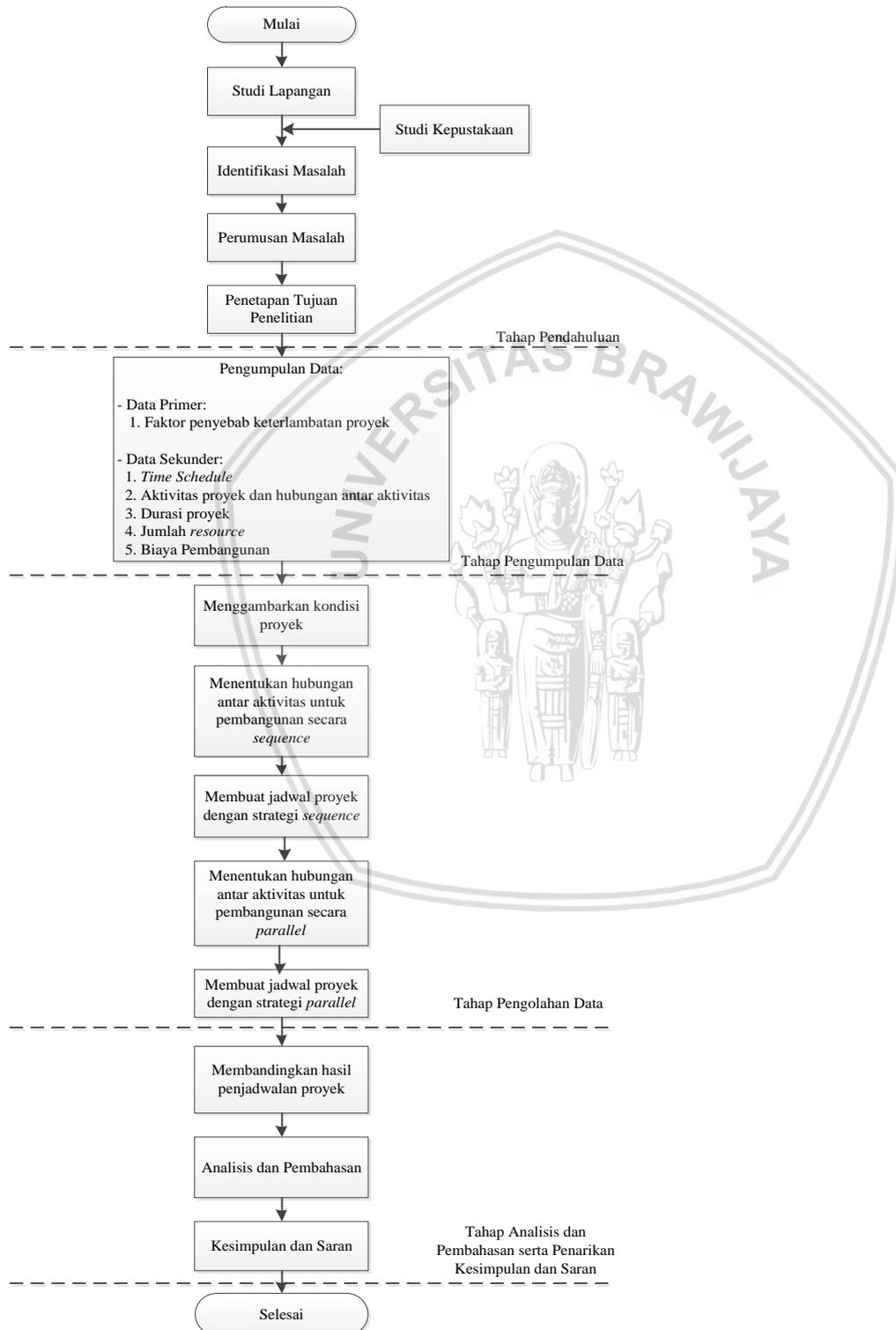
3.4.5 Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran merupakan tahap terakhir pada penelitian ini. Kesimpulan dibuat berdasarkan hasil dari keseluruhan penelitian mengenai penjadwalan proyek pembangunan apartemen dengan metode PDM dan berhubungan dengan tujuan

penelitian yang ingin dicapai. Saran yang akan diberikan untuk penelitian selanjutnya agar hasil penelitian dapat diimplementasikan pada proyek selanjutnya.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Tahap-tahap penelitian yang dilakukan dijelaskan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang gambaran umum proyek sebagai objek penelitian, pengumpulan data yang terdiri dari aktivitas proyek, durasi proyek, *time schedule*, jumlah *resource* dan biaya proyek, dan pengolahan data terdiri dari pendefinisian aktivitas dan hubungan antar aktivitas dari dua strategi yang berbeda, penjadwalan proyek untuk strategi *parallel* dan *sequence*, perhitungan biaya serta analisis kedua strategi tersebut.

4.1 Gambaran Umum Proyek

Proyek Pembangunan Apartemen di Surabaya direncanakan berjalan dari bulan Agustus 2017 akan tetapi mengalami keterlambatan dari waktu yang direncanakan. Februari 2018 proyek ini masih berada pada tahap *loading test*. Seperti namanya, tahap ini merupakan tahap persiapan sebelum pembangunan proyek berjalan. Pada awal bulan April 2018 proyek pembangunan apartemen ini mulai dilaksanakan. Proyek pembangunan apartemen ini terdiri dari tiga *tower* yang berada dalam satu *podium*. Gambar 4.1 merupakan ilustrasi apartemen dengan satu *podium* dan tiga *tower*.



Gambar 4.1 Ilustrasi apartemen

Pada perencanaan awal pembangunan proyek ini menggunakan strategi *sequence*, dimana dibangun satu *tower* terlebih dahulu lalu dilanjutkan oleh pembangunan *tower* kedua dan ketiga. Namun pada *launching* penjualan pertama sudah terjual 800 unit, oleh karena itu pihak *marketing* dari perusahaan menyarankan pihak *planning* untuk membangun secara *parallel* dari tiga *tower* tersebut. Dalam membangun proyek ini mendapatkan penalti jika pengerjaan proyek melebihi waktu yang telah disepakati yaitu satu permil untuk satu hari, dimana satu permil dari sisa pekerjaan. Proyek pembangunan

apartemen memiliki 54 aktivitas yang merupakan turunan dari 6 aktivitas utama. Pada penyelesaiannya, pekerja proyek bekerja setiap hari senin sampai minggu dari pukul 08.00-17.00 WIB. Proyek ini akan diserahkan ke *customer* pada bulan Oktober tahun 2020 dengan waktu toleransi tambahan 6 bulan.

Berdasarkan hasil wawancara yang diterima, Proyek Pembangunan Apartemen ini mengalami keterlambatan pada awal pekerjaannya. Keterlambatan pembangunan proyek ini dikarenakan adanya proses pentahapan ulang oleh tim *planning*. Hal ini dapat dilihat dari progres pekerjaan untuk aktivitas *bored piled* yang masih 0% dari yang sudah di rencanakan di awal yang seharusnya sudah mencapai 80%. Untuk mengejar keterlambatan, maka dibutuhkan strategi yang dapat mempercepat penyelesaian proyek tersebut.

Pada umumnya dalam penjadwalan proyek biasanya menggunakan salah satu dari beberapa metode umum yang digunakan, antara lain *Bar Chart*, *Network Diagram*, dan Metode Penjadwalan Linear. Metode tersebut berfungsi sebagai *tools*, jadi penggunaannya tergantung pada ketepatan memilih metode dengan tipe dan karakteristik proyek konstruksi yang direncanakan, penguasaan teknik oleh perencana maupun pemahaman aplikasinya oleh pihak-pihak yang menerapkannya di lapangan.

Penelitian ini diselesaikan dengan menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM). *Precedence Diagram Method* menurut Soeharto (1999) merupakan metode jaringan kerja yang dikenal karena adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi jalur kritis atau *critical path* yang terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai kegiatan terakhir proyek. Jalur kritis menunjukkan aktivitas mana yang dapat diselesaikan dengan lebih cepat dari yang sudah direncanakan sebelumnya. *Precedence Diagram* merupakan peninggalan atau pengembangan dari *bar chart*. Terkadang bahkan skala waktu kegiatan dan kalender ditempatkan dibagian atas. Pada periode tahun 1980-2000 kemampuan komputer diperluas sehingga banyak atribut tambahan ditambahkan ke jaringan PDM seperti jenis hubungan, *lag* dan *lead time value* pada dependensi, beberapa sumber daya pada kegiatan. Penggunaan fungsi ini benar-benar membutuhkan pelatihan tingkat tinggi dan pengalaman dalam penjadwalan konstruksi (Glenwright, 2014) ini dapat menjadi kelemahan dari PDM sendiri.

Dalam PDM diperkenankan adanya *overlapping* atau hubungan tumpang tindih, dimana suatu pekerjaan bisa dikerjakan sebelum pekerjaan terdahulu atau *predecessor*

selesai 100%. Oleh karena itu untuk proyek besar dengan berbagai jenis pekerjaan yang saling tumpang tindih akan tepat bila menggunakan PDM dalam menjadwalkan proyek karena dapat menghasilkan diagram yang lebih sederhana dan tidak kompleks (Soeharto, 1999).

4.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini dapat terlaksana dengan didukung oleh pengumpulan data. Data yang dikumpulkan untuk penelitian ini antara lain data mengenai *time schedule* proyek, durasi proyek, biaya pembangunan proyek, dan sumber daya manusia yang digunakan dalam proyek. Data yang dikumpulkan kemudian diolah sesuai dengan diagram alir penelitian untuk mendapatkan hasil penelitian sesuai dengan tujuan penelitian yang telah dibahas sebelumnya.

4.2.1 Time Schedule Proyek

Time schedule ini menerangkan rencana waktu yang telah ditetapkan dalam pelaksanaan pekerjaan proyek, meliputi kapan waktu pekerjaan dimulai dan waktu pekerjaan selesai. Rencana pekerjaan pembuatan apartemen dimulai dari bulan Agustus 2017 dan selesai pada bulan Oktober 2020. Tabel 4.1 merupakan daftar nama aktivitas utama dalam proyek pembangunan apartemen.

Tabel 4.1
Time Schedule Proyek

<i>Activity Name</i>	<i>Duration (Days)</i>	<i>Start</i>	<i>Finish</i>
<i>Structure Work</i>	710	29/08/2017	18/05/2020
<i>Facade Podium</i>	450	08/09/2018	28/05/2020
<i>Architectural Work</i>	615	18/04/2018	25/08/2020
<i>Mep Work</i>	525	02/07/2018	03/07/2020
<i>External Work</i>	470	22/12/2018	08/10/2020
<i>Final Cleaning</i>	30	01/09/2020	12/10/2020

Sumber: Data Perusahaan Pembangunan Konstruksi

4.2.2 Biaya Langsung Pekerja Proyek

Biaya pekerja atau sering dikenal dengan upah pekerja termasuk biaya langsung dari proyek. Biaya langsung merupakan biaya yang berpengaruh terhadap realisasi fisik proyek ketika dilakukan perubahan. Tabel 4.2 merupakan data pekerja dan upah pekerja dari proyek pembangunan apartemen di Surabaya.

Tabel 4.2
Pekerja dan Upah Pekerja Proyek

No	Peran	Keahlian	Jumlah	Upah/Hari
1	<i>Helper</i>	Membantu semua aktivitas	649	Rp 115,000.00
2	Mandor	Mengkoordinasikan <i>helper</i> untuk melakukan pekerjaan	34	Rp 165,000.00
3	Tenaga ahli	Memahami alur pekerjaan	102	Rp 130,000.00
4	<i>Mechanical Electrical (ME)</i>	Aktivitas yang berhubungan dengan sistem jaringan listrik	55	Rp 120,000.00

Sumber: Data Perusahaan Pembangunan Konstruksi

4.2.3 Biaya Langsung Alat Berat Proyek

Selain pekerja, alat berat juga berpengaruh terhadap percepatan pembangunan proyek. Alat berat merupakan peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi bangunan, pertambangan dan perkebunan. Banyak keuntungan yang didapat dalam menggunakan alat berat yaitu waktu yang sangat cepat, tenaga yang besar, nilai ekonomis dan lainnya. Dalam pembangunan apartemen, terdapat 3 macam alat berat yang digunakan seperti *Tower Crane*, *Excavator* dan *Passanger Hoist*. Tabel 4.3 merupakan daftar jumlah alat berat yang digunakan pada proyek beserta harga sewa satu unit per bulan.

Tabel 4.3
Alat Berat Proyek

No	Nama	Jumlah	Satuan	Harga Sewa	Satuan
1	<i>Tower Crane</i>	7	Unit	Rp 168,437,500.00	Unit/Bulan
2	<i>Excavator</i>	3	Unit	Rp 117,707,130.00	Unit/Bulan
3	<i>Passenger Hoist</i>	1	Unit	Rp 68,000,000.00	Unit/Bulan

Sumber: Data Perusahaan Pembangunan Konstruksi

4.2.4 Biaya *Overhead* Langsung Proyek

Biaya *overhead* langsung proyek merupakan biaya organisasi yang tidak dihubungkan secara langsung dengan sebuah proyek spesifik, biaya ini muncul dari durasi proyek. Dengan kata lain, biaya ini tidak termasuk secara langsung dengan besaran volume komponen fisik hasil akhir pekerjaan akan tetapi berkontribusi terhadap penyelesaian proyek. Contoh biaya untuk operasional kantor seperti listrik, air, keamanan dan biaya tidak terduga. Contoh lain upah pekerja yang tidak langsung memberi perubahan secara fisik pada proyek dan biasanya dikeluarkan per bulan seperti upah *project manager*, *site manager*, *inspector* dan administrasi. Berikut merupakan perincian biaya *overhead* langsung proyek pembangunan apartemen di Surabaya.

Tabel 4.4
Biaya *Overhead* Langsung Proyek

No	Upah Pekerja	Jumlah per bulan	
1	<i>Project Manager</i>	Rp	20,500,000.00
2	Site Manager	Rp	15,000,000.00
3	<i>inspector</i> / pengawas	Rp	7,500,000.00
4	Administrasi	Rp	5,000,000.00
	Operasional kantor		
1	Listrik dan air	Rp	2,500,000.00
2	Keamanan	Rp	2,500,000.00
3	Biaya tidak terduga	Rp	3,000,000.00
		Rp	56,000,000.00

Sumber: Data Perusahaan Pembangunan Konstruksi

4.2.5 Biaya Satuan Aktivitas Proyek

Biaya satuan aktivitas proyek atau biaya pembangunan proyek merupakan harga dari sumber daya yang dipergunakan dalam setiap pekerjaan, berupa material dan tenaga kerja.

Tabel 4.5 merupakan data biaya satuan aktivitas proyek.

Tabel 4.5
Biaya Satuan Aktivitas Proyek

No	Activity	ID	Duration (days)	Cost	
1	Structure Work				
2	Sub Structure				
3	<i>Bored Piled</i>	S1	180	Rp	10,988,768,325.00
4	<i>Erss (Retaining Wall)</i>	S2	60	Rp	7,196,897,254.00
5	<i>Excavation</i>	S3	75	Rp	9,968,578,860.00
6	<i>Pile Cutting</i>	S4	90	Rp	2,445,325,240.00
7	<i>Hand Over</i>	S5	0	Rp	-
8	<i>Basement</i>	S6	30	Rp	2,059,563,476.00
9	Super Structure				
10	<i>Podium</i>	S7	120	Rp	26,786,956,375.00
11	<i>Tower</i>	S8	350	Rp	64,060,044,720.00
12	Facade Podium				
13	<i>Podium</i>	FP1	180	Rp	23,598,348,967.00
14	<i>Tower</i>	FP2	240	Rp	41,670,947,772.00
15	Architectural Work				
16	Basement + Podium				
17	<i>Brick and Block</i>	A1	120	Rp	7,986,425,760.00
18	<i>Door Frame</i>	A2	75	Rp	2,270,800,679.00
19	<i>Waterproofing</i>	A3	75	Rp	983,723,682.00
20	<i>Plastering and Screeding</i>	A4	120	Rp	2,984,664,842.00
21	<i>Ceilling Work</i>	A5	120	Rp	1,983,459,765.00
22	<i>Floor Hardening</i>	A6	60	Rp	976,207,857.00
23	<i>Tiles</i>	A7	90	Rp	813,773,645.00
24	<i>Marble</i>	A8	60	Rp	2,363,739,163.00
25	<i>Door Installation</i>	A9	90	Rp	2,178,368,790.00

No	Activity	ID	Duration (days)	Cost
26	<i>Ironmongery</i>	A10	60	Rp 973,527,649.00
27	<i>Painting & Coating</i>	A11	105	Rp 853,671,367.00
28	<i>Furniture</i>	A12	30	Rp 3,235,472,638.00
29	<i>Cleaning & Finishwork Touch-Up</i>	A13	15	Rp 292,736,469.00
30	Tower			
31	<i>Brick And Block</i>	A14	300	Rp 18,780,970,894.00
32	<i>Door Frame</i>	A15	240	Rp 13,567,901,000.00
33	<i>Waterproofing</i>	A16	240	Rp 4,852,650,308.00
34	<i>Plastering & Screeding</i>	A17	255	Rp 4,974,739,228.00
35	<i>Ceilling Work</i>	A18	240	Rp 6,934,522,498.00
36	<i>Tiles</i>	A19	225	Rp 5,876,459,996.00
37	<i>Marble</i>	A20	120	Rp 17,947,852,955.00
38	<i>Door Installation</i>	A21	150	Rp 5,922,378,546.00
39	<i>Ironmongery</i>	A22	120	Rp 3,647,622,577.00
40	<i>Painting & Coating</i>	A23	180	Rp 28,865,479,645.00
41	<i>Furniture</i>	A24	45	Rp 1,290,774,886.00
42	<i>Cleaning & Finishwork Touch-Up</i>	A25	30	Rp 475,963,588.00
43	MEP Work			
44	Basement + Podium			
45	<i>Electrical Work</i>	MEP1	210	Rp 834,590,572.00
46	<i>Electronic Work</i>	MEP2	180	Rp 998,386,071.00
47	<i>Plumbing & Sanitary Drainage</i>	MEP3	180	Rp 469,955,342.00
48	<i>Fire Protection & Fire Alarm</i>	MEP4	90	Rp 574,332,146.00
49	<i>Acmy Installation</i>	MEP5	120	Rp 899,724,759.00
50	Tower			
51	<i>Electrical Work</i>	MEP6	240	Rp 2,680,816,407.00
52	<i>Electronic Work</i>	MEP7	210	Rp 2,982,346,388.00
53	<i>Plumbing & Sanitary Drainage</i>	MEP8	210	Rp 1,087,421,257.00
54	<i>Fire Protection & Fire Alarm</i>	MEP9	120	Rp 1,128,663,787.00
55	<i>Acmy Installation</i>	MEP10	180	Rp 2,658,752,642.00
56	<i>Lift Installation</i>	MEP11	30	Rp 1,285,315,429.00
57	External Work			
58	<i>Drainage Wrok</i>	E1	180	Rp 478,213,863.00
59	<i>Retaining Pool</i>	E2	120	Rp 98,456,713.00
60	<i>Hardscaping</i>	E3	180	Rp 129,743,146.00
61	<i>Softscaping Works</i>	E4	180	Rp 243,124,789.00
62	<i>Guard House</i>	E5	60	Rp 79,432,453.00
63	<i>Swimming Pool</i>	E6	90	Rp 123,566,742.00
64	<i>Sport Area</i>	E7	90	Rp 396,314,764.00
65	Final Cleaning			
66	<i>Final Cleaning</i>	F1	30	Rp 757,932,636.00
				Rp 357,716,409,322.00

Sumber: Data Perusahaan Pembangunan Konstruksi

4.2.6 Jumlah Pekerja dalam Aktivitas Proyek

Pada subbab ini menjelaskan jumlah pekerja yang dibutuhkan dalam setiap aktivitas beserta keterangan *predecessor* dari tiap aktivitas. Keterangan *predecessor* ini menjelaskan hubungan antar aktivitas dalam proyek pembangunan apartemen. Tabel 4.6 merupakan rincian jumlah pekerja dan *predecessor* dari proyek pembangunan apartemen. Untuk satuan dari jumlah pekerja mandor, tenaga ahli, *helper* dan *mechanical electrical (ME)* adalah orang. Peran dan jumlah dari pekerja yang ada di proyek pembangunan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.6
Jumlah Pekerja dan *Predecessor*

Aktivitas (ID)	Mandor	Tenaga Ahli	Helper	ME	<i>Predecessor</i>
S1		15			-
S2	2		80		S1SS
S3		4	25		S1SS+90 days
S4	2	2	75		S3SS+90 days
S5					S4
S6	1	2	50		S5
S7	1	5	50		S6
S8	5	10	220		S7
FP1	4	5	110		A4FS-60 days
FP2	4	10	190		A17FS-150 days
A1	4	5	170		S6FS+45 days
A2	6	3	30		A1FS-60 days
A3	3	2	40		A1FS-60 days
A4	3	3	65		A1FS-90 days
A5	2	3	60		A1FS-30 days,A4FS-60 days
A6	1	7	40		A1SS+30 days,A3SS+45 days
A7	2	4	55		A1FS-30 days,A3FS-15 days,A5FS-30 days
A8	3	6	50		A1FS-15 days,A3FS-10 days,A5FS-15 days
A9	3	4	40		A7FS-60 days,A2
A10	1	6	30		A9SS+30 days
A11	6	4	110		A4FS-60 days,A5FS-60 days,A7FS-60 days
A12		2	20		A5,A7,A11
A13		10	10		A5,A7,A9,A11,A12
A14	6	8	220		S8SS+60 days,A13
A15	7	8	70		A14FS-30 days
A16	5	4	65		A14FS-60 days
A17	6	8	85		A16FS-60 days,
A18	5	3	80		A14FS-60 days,A16FS-60 days,A17-60 days
A19	7	4	95		A18FS-60 days
A20	9	6	70		A19SS
A21	7	8	70		A15

Aktivitas (ID)	Mandor	Tenaga Ahli	Helper	ME	Predecessor
A22	7	8	50		A21
A23	8	10	100		A17FS-60 days, A18FS-60 days, A19FS-60 days
A24		3	55		A18,A19,A23
A25		8	40		A8,A18,A19,A20,A21,A23,A24
MEP1			20	30	A1FS-60 days
MEP2		2	15	35	A1FS-60 days,A4FS-90 days
MEP3	2	4	30	2	A4FS-60 days
MEP4		10	15	30	A5FS-60 days
MEP5		10	15	4	A1,A4
MEP6			20	35	A14FS-60 days
MEP7		2	15	35	A14FS-60 days,A17FS-60 days
MEP8	2	4	30	2	A17FS-30 days
MEP9		10	15	35	A18FS-30 days
MEP10		10	15	4	A14,A17
MEP11		10	4	10	A19,A20,MEP6
E1		20	25		S7FS-90 days
E2		4	30		S7FS-90 days
E3	6	4	35		S8FS-60 days
E4	3	5	20		E3FS-90 days
E5		5	10		S8FS-90 days
E6	5	4	25		S8
E7		15	10		S8,E6SS
F1	2	7	15	5	A13,A25

Sumber: Data Perusahaan Pembangunan Konstruksi

4.3 Pengolahan Data

Pada penelitian ini terdapat langkah-langkah pengolahan data yang dimiliki. Langkah-langkah tersebut terdiri dari penentuan lintasan kritis, penggambaran hubungan keterkaitan antar aktivitas proyek untuk strategi *parallel* dan *sequence*, penjadwalan proyek dengan menggunakan *software Microsoft Project*, dan penyelesaian konflik sumber daya. Langkah-langkah yang ada dalam pengolahan data ini telah disesuaikan dengan diagram alir penelitian pada bab sebelumnya. Hal ini dilakukan agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian.

4.3.1 Strategi *Sequence*

Dalam proyek pembangunan apartemen *phase 1*, terdapat tiga *tower* yang berdiri dalam satu *podium*. *Podium* berfungsi untuk menghubungkan tiga *tower*. Di dalam *podium* terdapat *swimming pool*, *club house* dan taman sebagai fasilitas dari apartemen. Yang dimaksud dengan strategi *sequence* adalah pembangunan apartemen secara terpisah. *Tower* satu dibangun terlebih dahulu, ketika selesai dilanjutkan dengan pembangunan *tower* dua.

Tower tiga dibangun ketika *tower* 2 sudah selesai. Dengan kata lain, strategi ini menerapkan penyelesaian masing-masing *tower* terlebih dahulu. Selanjutnya dibahas penjadwalan pembangunan proyek apartemen dengan strategi *sequence*.

4.3.1.1 Hubungan Keterkaitan Antar Aktivitas

Hubungan keterkaitan antar aktivitas menjelaskan langkah-langkah pembangunan apartemen. Tabel 4.7 merupakan rincian hubungan keterkaitan antar aktivitas untuk strategi *sequence* yang dapat dilihat pada kolom *predecessor*. *Predecessor* artinya aktivitas sebelumnya atau aktivitas yang mendahului. Contoh penjelasan untuk aktivitas *ERSS (Retaining Wall)*, aktivitas ini memiliki *predecessor* 4SS+60 days. Artinya aktivitas ini dimulai *start-to-start* (SS) atau bersamaan dengan aktivitas nomer 4 yaitu *Bored Piled* dan memiliki *lag* 60 hari. Jadi aktivitas *ERSS (Retaining Wall)* dimulai bersamaan setelah 60 hari aktivitas *Bored Piled* di mulai.

Tabel 4.7

Hubungan Keterkaitan Antar Aktivitas untuk Strategi *Sequence*

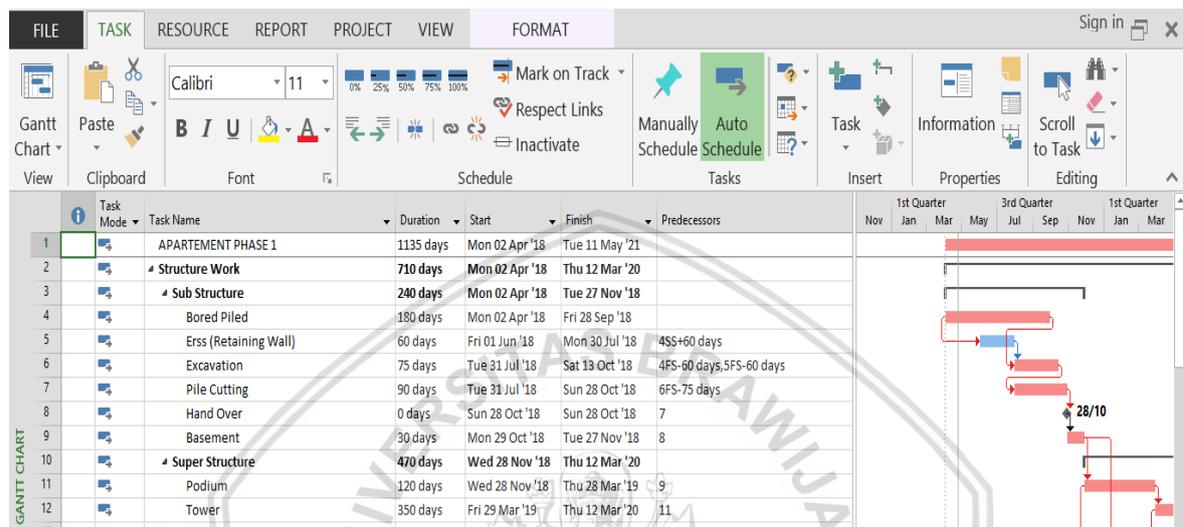
No	Activity	ID	Predecessor
1	Apartment Phase 1 (Sequence)		
2	Structure Work		
3	Sub Structure		
4	<i>Bored Piled</i>	S1	-
5	<i>ERSS (Retaining Wall)</i>	S2	4SS
6	<i>Excavation</i>	S3	4SS+90 days
7	<i>Pile Cutting</i>	S4	4SS+90 days
8	<i>Hand Over</i>	S5	7
9	<i>Basement</i>	S6	8
10	Super Structure		
11	<i>Podium</i>	S7	9
12	<i>Tower</i>	S8	11
13	Facade Podium		
14	<i>Podium</i>	FP1	21FS-60 days
15	<i>Tower</i>	FP2	35FS-150 days
16	Architectural Work		
17	Basement + Podium		
18	<i>Brick and Block</i>	A1	9FS+45 days
19	<i>Door Frame</i>	A2	18FS-15 days
20	<i>Waterproofing</i>	A3	18FS-15 days
21	<i>Plastering and Screeding</i>	A4	18FS-45 days
22	<i>Ceiling Work</i>	A5	18FS-30 days, 21FS-30 days
23	<i>Floor Hardening</i>	A6	18SS+30 days, 20SS+45 days
24	<i>Tiles</i>	A7	18FS-30 days, 20FS-15 days, 22FS-15 days
25	<i>Marble</i>	A8	18FS-15 days, 20FS-10 days, 22FS-15 days
26	<i>Door Installation</i>	A9	24FS-60 days, 19

No	Activity	ID	Predecessor
27	<i>Ironmongery</i>	A10	26SS+30 days
28	<i>Painting & Coating</i>	A11	21FS-30 days,22FS-30 days,24FS-30 days
29	<i>Furniture</i>	A12	22,24,28
30	<i>Cleaning & Finishwork Touch-Up</i>	A13	22,24,26,28,29
31	Tower		
32	<i>Brick And Block</i>	A14	12SS+60 days
33	<i>Door Frame</i>	A15	32FS-240 days
34	<i>Waterproofing</i>	A16	32FS-150 days
35	<i>Plastering & Screeding</i>	A17	34FS-200 days
36	<i>Ceilling Work</i>	A18	32FS-180 days,35FS-210 days
37	<i>Tiles</i>	A19	32FS-240 days,34FS-180 days,36FS-210 days
38	<i>Marble</i>	A20	36FS-120 days,32FS-150 days,34FS-90 days
39	<i>Door Installation</i>	A21	33FS-120 days,37FS-150 days
40	<i>Ironmongery</i>	A22	39SS+30 days
41	<i>Painting & Coating</i>	A23	35FS-90 days,36FS-90 days,37FS-60 days
42	<i>Furniture</i>	A24	36,37,41
43	<i>Cleaning & Finishwork Touch-Up</i>	A25	25,36,37,38,39,41,42
44	MEP Work		
45	Basement + Podium		
46	<i>Electrical Work</i>	MEP1	18SS+60 days
47	<i>Electronic Work</i>	MEP2	18FS-60 days,21FS-90 days
48	<i>Plumbing & Sanitary Drainage</i>	MEP3	21FS-90 days,18FS-60 days
49	<i>Fire Protection & Fire Alarm</i>	MEP4	22FS-60 days
50	<i>Acmy Installation</i>	MEP5	18FS-60 days,21FS-90 days
51	Tower		
52	<i>Electrical Work</i>	MEP6	32SS+180 days
53	<i>Electronic Work</i>	MEP7	32FS-150 days,35FS-180 days
54	<i>Plumbing & Sanitary Drainage</i>	MEP8	35FS-180 days,32FS-150 days
55	<i>Fire Protection & Fire Alarm</i>	MEP9	36FS-90 days
56	<i>Acmy Installation</i>	MEP10	32FS-150 days,35FS-180 days
57	<i>Lift Installation</i>	MEP11	37,38,52
58	External Work		
59	<i>Drainage Wrok</i>	E1	11SS+120 days
60	<i>Retaining Pool</i>	E2	11SS+120 days
61	<i>Hardscaping</i>	E3	12FS-90 days
62	<i>Softscaping Works</i>	E4	12FS-60 days
63	<i>Guard House</i>	E5	12FS-180 days
64	<i>Swimming Pool</i>	E6	12
65	<i>Sport Area</i>	E7	12
66	Final Cleaning		
67	<i>Final Cleaning</i>	F1	30,43

4.3.1.2 Penjadwalan Proyek dengan Strategi Sequence

Setelah itu melakukan penjadwalan proyek dengan *software Microsoft Project 2013*. Dalam *Microsoft Project 2013* terdapat beberapa *menu bar*, namun tidak semua harus

didefinisikan. Setelah muncul tampilan awal *Microsoft Project 2013*, yang harus didefinisikan adalah *Task Name*, *Working time* dan *Non-working Time*, *Duration*, *Start Date* pada *Project Information* dan *Predecessor*. Pilih *Auto Schedule* pada menu bar untuk penjadwalan secara otomatis. *Microsoft Project 2013* membuat jadwal berdasarkan logika *predecessor* yang telah diisikan. Gambar 4.2 merupakan tampilan dalam *Microsoft Project 2013* setelah melakukan penjadwalan untuk strategi *sequence*.



Gambar 4.2 Tampilan penjadwalan proyek untuk strategi *sequence*

Proyek pembangunan apartemen ini dimulai pada awal tahun 2018 yakni 2 April 2018. Jadwal pembangunan proyek dengan strategi *sequence* memiliki durasi 1135 hari dan selesai pada 11 Mei 2021. Artinya jadwal proyek dengan strategi *sequence* ini melebihi *deadline* yang ditentukan yaitu Oktober 2020 dengan toleransi tambahan 6 bulan yang jatuh pada bulan April 2021. Sehingga peneliti melakukan percepatan proyek yang akan dibahas pada subbab selanjutnya. Penjadwalan proyek dengan strategi *sequence* dapat dilihat pada Lampiran 1.

4.3.1.3 Penentuan Lintasan Kritis

Berdasarkan hasil penjadwalan dengan strategi *sequence* menggunakan *Microsoft Project* dapat dilihat bahwa proyek diselesaikan selama 1135 hari dan selesai pada 11 Mei 2021. Proyek ini akan mendapatkan penalti apabila melebihi April 2021, sehingga peneliti mempercepat dengan pembangunan proyek melalui lintasan kritis. Lintasan kritis merupakan jalur yang memiliki jumlah *slack* terkecil menurut Gray & Larson (2007). *Slack* sendiri merupakan perbedaan antara *late start* dengan *early start* atau perbedaan antara *late finish* dengan *early finish*.

Dalam *software Microsoft Project*, lintasan kritis ditunjukkan oleh lintasan yang berwarna merah, artinya aktivitas tersebut memiliki *slack* terkecil. Aktivitas yang berada pada lintasan kritis dimungkinkan dapat dipercepat. Dalam Lampiran 1, menunjukkan adanya lintasan kritis dengan ditandai warna merah. Berdasarkan Lampiran 1, dapat diketahui lintasan kritis terdapat pada aktivitas S1, S3, S4, S6, S7, S8, A14, A16, A17, A18, A19, A23, A24, A25 dan F1. Percepatan proyek pada strategi ini menggunakan penambahan alat berat dan penambahan jam kerja (lembur). Percepatan proyek pada strategi *sequence* dibahas pada subbab selanjutnya.

4.3.1.4 Percepatan Proyek

Percepatan proyek merupakan alternatif yang biasanya dilakukan oleh manajer proyek apabila durasi yang direncanakan tidak sesuai dengan keadaan. Sehingga metode ini dapat memperpendek jadwal penyelesaian proyek pada aktivitas lintasan kritis dengan dikenakan biaya. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam mempercepat penyelesaian proyek salah satunya dengan menambah jam kerja selama 2 jam per hari pada aktivitas kritis sesuai dengan aturan yang disarankan oleh perusahaan. Pertimbangan menambahkan 2 jam per hari tersebut mengacu pada keputusan Menteri Tenaga Kerja: KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11.

Penambahan jam kerja yang ditetapkan dalam pelaksanaan proyek adalah 2 jam per hari. Penambahan jam kerja dilakukan setelah 8 jam kerja normal yaitu satu jam setelah waktu kerja normal atau 18.00-20.00. Total jam kerja dalam pembangunan apartemen setelah adanya penambahan jam lembur menjadi 10 jam kerja. Namun untuk aktivitas *bored piled* (S1) tidak mengalami percepatan walaupun berada pada lintasan kritis. Hal ini dikarenakan aktivitas ini merupakan pengeboran pondasi tiang pancang yang tidak dapat dilaksanakan pada malam hari karena dapat mengganggu warga sekitar. Tabel 4.8 menampilkan durasi sebelum percepatan, percepatan (karena penambahan jam lembur) dan hasil durasi akhir.

Tabel 4.8
Hasil Penambahan Jam Lembur

NO	ID	Durasi (hari)	Percepatan (hari)	Durasi Akhir (hari)
1	S1	180	-	-
2	S3	75	15	60
3	S4	90	18	72
4	S6	30	6	24
5	S7	120	24	96
6	S8	350	70	280

NO	ID	Durasi (hari)	Percepatan (hari)	Durasi Akhir (hari)
7	A14	300	60	240
8	A16	240	48	192
9	A17	255	51	204
10	A18	240	48	192
11	A19	225	45	180
12	A23	180	36	144
13	A24	45	9	36
14	A25	30	6	24
15	F1	30	6	24

Contoh perhitungan percepatan dengan metode penambahan jam lembur untuk aktivitas *excavation* (S3) dengan durasi awal 75 hari sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{durasi awal} \times \text{jam kerja awal}}{\text{total jam kerja}} \\
 &= \frac{75 \text{ hari} \times 8 \text{ jam}}{10 \text{ jam}} \\
 &= 60 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Penambahan alat berat juga dibutuhkan dalam percepatan pembangunan proyek apartemen ini. Fungsi dari alat berat ialah untuk mengangkut material yang di butuhkan pada aktivitas yang dibangun di atas (tinggi). Contohnya, proyek pembangunan apartemen ini telah menggunakan 1 (satu) *passenger hoist*. Dimana *passenger hoist* berfungsi untuk mengangkut orang ataupun barang sampai ke lantai atas. Untuk percepatan proyek dengan strategi *sequence* dirasa perlu penambahan alat berat *passenger hoist*.

Setelah mengalami percepatan, proyek pembangunan apartemen ini berlangsung selama 807 hari. Dengan estimasi biaya yang meningkat, proyek ini selesai pada tanggal 17 Juni 2020. Peningkatan biaya dikarenakan upah jam lembur pekerja dan penambahan satu alat berat *passenger hoist*. Dalam strategi *sequence* tidak ditemukan adanya konflik penggunaan sumber daya. Penjadwalan proyek setelah mengalami percepatan dapat dilihat pada Lampiran 2.

4.3.1.5 Estimasi Biaya

Estimasi biaya adalah perhitungan kebutuhan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu kegiatan atau pekerjaan. Perhitungan ini di dapatkan setelah adanya penambahan jam kerja lembur dan penambahan alat berat (*passenger hoist*).

4.3.1.5.1 Upah Pekerja Lembur

Berdasarkan keputusan Menteri Tenaga Kerja: KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 11 tentang cara perhitungan upah kerja lembur, peneliti menjabarkan penambahan jam kerja selama 2 jam sebagai berikut:

1. Upah pekerja per hari = jumlah pekerja x gaji per hari
2. Upah per jam = $\frac{\text{upah pekerja per hari}}{8}$
3. Upah lembur 1 jam pertama = upah pekerja per jam x 1.5 x tambahan waktu lembur
4. Upah lembur 1 jam kedua = upah pekerja per jam x 2 x tambahan waktu lembur
5. Total biaya lembur = upah lembur 1 jam pertama + upah lembur 1 jam kedua

Contoh perhitungan estimasi biaya setelah adanya penambahan jam kerja lembur untuk aktivitas *Excavation* (S3):

1. Total upah pekerja per hari pada aktivitas S3 adalah jumlah tiap jenis pekerja dikali dengan gaji per hari tiap jenis pekerja sesuai dengan ketentuan perusahaan.

$$\begin{aligned}\text{Upah pekerja S3 per hari} &= [(4 \text{ tenaga ahli} \times \text{Rp } 130.000) + (25 \text{ helper} \times \text{Rp } 115.000)] \\ &= \text{Rp } 3.395.000\end{aligned}$$

2. Upah pekerja S3 per jam didapatkan dari upah pekerja per hari dibagi dengan total jam kerja normal yaitu 8 jam kerja.

$$\begin{aligned}\text{Upah pekerja S3 per jam} &= \frac{\text{Rp } 3.395.000}{8} \\ &= \text{Rp } 424.375\end{aligned}$$

3. Upah biaya lembur 1 jam pertama didapatkan dari upah pekerja per jam dikali 1,5 dikali tambahan waktu lembur.

$$\begin{aligned}\text{Upah lembur 1 jam pertama} &= \text{Rp } 424.375 \times 1,5 \times 1 \\ &= \text{Rp } 636.563\end{aligned}$$

4. Upah biaya lembur 1 jam kedua tiap bulan didapatkan dari upah pekerja per jam dikali 2 dikali tambahan waktu lembur.

$$\begin{aligned}\text{Upah lembur 1 jam kedua} &= \text{Rp } 424.375 \times 2 \times 1 \\ &= \text{Rp } 848.750\end{aligned}$$

5. Upah total biaya lembur S3 didapatkan dari upah lembur 1 jam pertama ditambah dengan upah lembur 1 jam kedua.

$$\begin{aligned}\text{Total biaya lembur} &= \text{Rp } 636.563 + \text{Rp } 848.750 \\ &= \text{Rp } 1.485.313\end{aligned}$$

Tabel 4.9
Rekap Hasil Perhitungan Biaya Lembur (dalam rupiah)

ID	Durasi akhir (hari)	Upah Pekerja per hari	Upah Pekerja per jam	Upah lembur 1 jam pertama	Upah lembur 1 jam kedua	Biaya lembur	Total Biaya lembur
S1		-	-	-	-	-	
S3	60	3.395.000	424.375	636.563	848.750	1.485.313	89.118.750
S4	72	9.215.000	1.151.875	1.727.813	2.303.750	4.031.563	290.272.500
S6	24	6.175.000	771.875	1.157.813	1.543.750	2.701.563	64.837.500
S7	96	6.565.000	820.625	1.230.938	1.641.250	2.872.188	275.730.000
S8	280	27.425.000	3.428.125	5.142.188	6.856.250	11.998.438	3.359.562.500
A14	240	27.330.000	3.416.250	5.124.375	6.832.500	11.956.875	2.869.650.000
A16	192	8.820.000	1.102.500	1.653.750	2.205.000	3.858.750	740.880.000
A17	204	11.805.000	1.475.625	2.213.438	2.951.250	5.164.688	1.053.596.250
A18	192	10.415.000	1.301.875	1.952.813	2.603.750	4.556.563	874.860.000
A19	180	12.600.000	1.575.000	2.362.500	3.150.000	5.512.500	992.250.000
A23	144	14.120.000	1.765.000	2.647.500	3.530.000	6.177.500	889.560.000
A24	36	6.715.000	839.375	1.259.063	1.678.750	2.937.813	105.761.250
A25	24	5.640.000	705.000	1.057.500	1.410.000	2.467.500	59.220.000
F1	24	3.565.000	445.625	668.438	891.250	1.559.688	37.432.500

Tabel 4.9 Merupakan rekap hasil perhitungan estimasi biaya untuk penambahan jam kerja lembur yang berlangsung selama 2 jam. Penambahan jam kerja lembur hanya dilakukan pada aktivitas yang berada di lintasan kritis. Total biaya lembur pada Tabel 4.9 didapatkan dari durasi akhir dikali dengan biaya lembur. Total keseluruhan biaya lembur pada aktivitas yang dipercepat sebesar Rp 11.702.731.250.

4.3.1.5.2 Alat Berat

Penambahan alat berat *passanger hoist* ini dapat membantu pekerja untuk membawa material sampai ke lantai atas. *Passanger hoist* juga dapat mengangkut pekerja untuk sampai ke lantai atas. Dengan kata lain, hal ini dapat menunjang semua aktivitas yang berada pada lokasi atas. Pada Tabel 4.3 menyebutkan harga sewa *passanger hoist* per bulan. Sedangkan *passanger hoist* dapat digunakan selama aktivitas *Architectural Work* berlangsung, artinya penyewaan *passanger hoist* ini berlangsung selama 573 hari atau 19 bulan. Perhitungan biaya sewa *passanger hoist* sebagai berikut.

$$= \text{Rp } 68.000.000 \times 19 \text{ bulan}$$

$$= \text{Rp } 1.292.000.000$$

4.3.1.5.3 Total Biaya untuk Strategi *Sequence*

Total biaya keseluruhan dalam strategi *sequence* didapatkan dari penjumlahan total biaya pembangunan awal ditambah total biaya lembur ditambah biaya penyewaan alat berat *passanger hoist*.

$$\begin{aligned} &= \text{Rp } 357.716.409.322 + \text{Rp } 11.702.731.250 + \text{Rp } 1.292.000.000 \\ &= \text{Rp } 370.711.140.572 \end{aligned}$$

Jadi untuk strategi *sequence* mengalami penambahan biaya sebesar Rp 12.994.731.250. Hal ini dikarenakan penambahan jam lembur selama 2 jam per hari setelah waktu kerja normal dan penambahan biaya sewa alat berat *passanger hoist* selama 573 hari.

4.3.2 Strategi *Parallel*

Setelah tahap pembangunan *basement* dan *podium*, dalam strategi ini dilanjutkan pembangunan 3 *tower* dengan strategi *parallel*. Yang dimaksud dengan strategi *parallel* adalah pembangunan 3 *tower* secara bersamaan. *Tower* satu, dua dan 3 dimulai secara bersamaan dan selesai bersamaan juga. Berbeda dengan strategi *sequence*, yang mana 3 *tower* tersebut dibangun secara *sequence*. Pembangunan *tower* dimulai dua bulan setelah aktivitas *super structure* untuk *podium* berjalan. Strategi *parallel* diterapkan pada pembangunan *tower* setelah pekerjaan *basement* dan *podium* dilakukan. Selanjutnya merupakan penjadwalan pembangunan proyek apartemen dengan strategi *parallel*.

4.3.2.1 Hubungan Keterkaitan Antar Aktivitas

Hubungan keterkaitan antar aktivitas untuk strategi *parallel* berbeda dengan strategi *sequence*. Tabel 4.10 merupakan rincian hubungan keterkaitan antar aktivitas untuk strategi *parallel*. Pada Tabel 4.10 disebutkan juga hubungan keterkaitan antar aktivitas yang dapat dilihat pada kolom *predecessor*. *Predecessor* artinya aktivitas sebelumnya atau aktivitas yang mendahului. Untuk hubungan keterkaitan antar aktivitas dalam strategi *parallel* berbeda dengan *sequence*. Dalam strategi ini banyak aktivitas yang dilaksanakan secara bersamaan. Dengan kata lain, dalam strategi ini banyak menerapkan *predecessor start-to-start*.

Contoh penjelasan untuk aktivitas *Basement + Podium* pada *Architectural Work*. Terdapat tiga aktivitas yang memiliki *predecessor* 18SS+60 days yaitu *Door Frame* (A2), *Waterproofing* (A3), dan *Plastering and Screeding* (A4). Angka 18 menunjukkan aktivitas

Brick and Block (A1), artinya ketiga aktivitas tersebut dimulai bersamaan setelah 60 hari A1 dimulai.

Tabel 4.10
Hubungan Keterkaitan Antar Aktivitas untuk Strategi *Parallel*

No	Activity	ID	Predecessor
1	Apartment Phase I(Parallel)		
2	Structure Work		
3	Sub Structure		
4	<i>Bored Piled</i>	S1	
5	<i>Erss (Retaining Wall)</i>	S2	4SS
6	<i>Excavation</i>	S3	4SS+90 days
7	<i>Pile Cutting</i>	S4	4SS+90 days
8	<i>Hand Over</i>	S5	7
9	<i>Basement</i>	S6	8
10	Super Structure		
11	<i>Podium</i>	S7	9
12	<i>Tower</i>	S8	11FS-60 days
13	Facade Podium		
14	<i>Podium</i>	FP1	22SS+30 days
15	<i>Tower</i>	FP2	36SS+30 days
16	Architectural Work		
17	Basement + Podium		
18	<i>Brick and Block</i>	A1	9FS+45 days
19	<i>Door Frame</i>	A2	18SS+60 days
20	<i>Waterproofing</i>	A3	18SS+60 days
21	<i>Plastering and Screeding</i>	A4	18SS+60 days
22	<i>Ceilling Work</i>	A5	18FS-30 days,21FS-60 days
23	<i>Floor Hardening</i>	A6	18FS-90 days,20FS-15 days
24	<i>Tiles</i>	A7	18FS-30 days,20FS-15 days,22FS-30 days
25	<i>Marble</i>	A8	18FS-15 days,20FS-10 days,22FS-15 days
26	<i>Door Installation</i>	A9	24FS-60 days,19
27	<i>Ironmongery</i>	A10	26SS
28	<i>Painting & Coating</i>	A11	21FS-60 days,22FS-60 days,24FS-60 days
29	<i>Furniture</i>	A12	22,24,28
30	<i>Cleaning & Finishwork Touch-Up</i>	A13	22,24,26,28,29
31	Tower		
32	<i>Brick And Block</i>	A14	12SS+60 days
33	<i>Door Frame</i>	A15	32
34	<i>Waterproofing</i>	A16	32FS-240 days
35	<i>Plastering & Screeding</i>	A17	34SS+60 days
36	<i>Ceilling Work</i>	A18	32FS-120 days
37	<i>Tiles</i>	A19	32FS-120 days,35FS-140 days
38	<i>Marble</i>	A20	37SS+60 days
39	<i>Door Installation</i>	A21	33SS+90 days
40	<i>Ironmongery</i>	A22	39SS+30 days
41	<i>Painting & Coating</i>	A23	35FS-120 days,36FS-150 days,37FS-150 days
42	<i>Furniture</i>	A24	36,37,41
43	<i>Cleaning & Finishwork Touch-Up</i>	A25	25,36,37,38,39,41,42
44	MEP Work		
45	Basement + Podium		

No	Activity	ID	Predecessor
46	Electrical Work	MEP1	18SS+60 days
47	Electronic Work	MEP2	18FS-60 days,21FS-90 days
48	Plumbing & Sanitary Drainage	MEP3	21FS-90 days,18FS-60 days
49	Fire Protection & Fire Alarm	MEP4	22FS-60 days
50	Acmv Installation	MEP5	18FS-60 days,21FS-90 days
51	Tower		
52	Electrical Work	MEP6	32SS+180 days
53	Electronic Work	MEP7	32FS-150 days,35FS-180 days
54	Plumbing & Sanitary Drainage	MEP8	35FS-180 days,32FS-150 days
55	Fire Protection & Fire Alarm	MEP9	36FS-90 days
56	Acmv Installation	MEP10	32FS-150 days,35FS-180 days
57	Lift Installation	MEP11	37,38,52
58	External Work		
59	Drainage Wrok	E1	11
60	Retaining Pool	E2	11
61	Hardscaping	E3	12SS+200 days
62	Softscaping Works	E4	12SS+230 days
63	Guard House	E5	12SS+100 days
64	Swimming Pool	E6	12
65	Sport Area	E7	12
66	Final Cleaning		
67	Final Cleaning	F1	30,43

4.3.2.2 Penjadwalan Proyek dengan Strategi *Parallel*

Penjadwalan proyek dengan strategi *parallel* hampir sama dengan *sequence*, hanya pengisian kolom *predecessor* saja yang membuat keduanya berbeda. Penjadwalan dengan strategi *parallel* menghasilkan durasi yang lebih cepat dibandingkan *sequence*. Hal ini disebabkan pengerjaan 3 *tower* yang dibangun secara bersamaan. Penjadwalan proyek dengan strategi *parallel* dapat dilihat dalam Lampiran 3. Berdasarkan hasil penjadwalan dengan *Microsoft Project 2013*, Pembangunan apartemen dengan strategi *parallel* berlangsung selama 930 hari dan selesai pada tanggal 19 Oktober 2020. Dimana sesuai dengan *deadline* penyerahan kepada konsumen yaitu bulan oktober 2020 dengan batas toleransi tambahan 6 bulan. Namun dalam penjadwalan proyek dengan strategi *parallel* menimbulkan konflik penggunaan sumber daya. Pembahasan konflik penggunaan sumber daya akan dibahas pada subbab selanjutnya.

4.3.2.3 Konflik Penggunaan Sumber Daya

Sumber daya sangat berpengaruh terhadap proyek pembangunan apartemen di Surabaya. Terdapat 4 peran dalam pembagian sumber daya manusia di proyek pembangunan apartemen yaitu *helper*, mandor, tenaga ahli dan *mechanical electrical*

(ME). Tabel 4.2 menjelaskan keahlian pekerja dan jumlah ketersediaan pekerja di proyek ini. Perusahaan pembangunan konstruksi menerima adanya penambahan sumber daya manusia dalam proses pembangunan apartemen. Sehingga dalam penyelesaian konflik dimungkinkan adanya penambahan sumber daya manusia. Dalam strategi *parallel* sangat membutuhkan banyak sumber daya manusia, karena pada strategi ini 3 *tower* apartemen dibangun secara bersamaan.

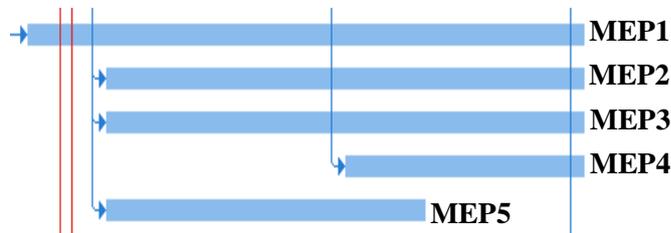
Berdasarkan pada jadwal proyek pembangunan apartemen dengan strategi *parallel* yang dapat dilihat pada Lamiran 4, terdapat beberapa aktivitas yang dilakukan secara bersamaan dan menggunakan *resource* yang sama. Hal ini menyebabkan terjadinya konflik penggunaan sumber daya manusia. Pada Tabel 4.11 dapat dilihat aktivitas yang mengalami konflik penggunaan sumber daya beserta keterangannya.

Tabel 4.11
Konflik Penggunaan Sumber Daya Manusia

Aktivitas (ID)	Kebutuhan	Konflik dengan Aktivitas	Keterangan
E2	4 tenaga ahli, 30 <i>helper</i>	A14 dan E1	Membutuhkan 11 <i>helper</i>
MEP2	2 tenaga ahli, 15 <i>helper</i> , dan 35 ME	MEP1	Membutuhkan 10 ME
MEP3	2 mandor, tenaga ahli, 30 <i>helper</i> dan 2 ME	MEP1, MEP2	Membutuhkan 2 ME
MEP4	10 tenaga ahli, 15 <i>helper</i> , dan 30 ME	MEP1, MEP2 dan MEP3	Membutuhkan 30 ME
MEP5	10 tenaga ahli, 15 <i>helper</i> , dan 4 ME	MEP1, MEP2, MEP4 dan MEP3	Membutuhkan 4 ME
E5	5 tenaga ahli dan 10 <i>helper</i>	A14, E1, dan E2	Membutuhkan 10 <i>helper</i>
A19	7 mandor, 4 tenaga ahli, dan 95 <i>helper</i>	A16, A17, dan A18	Membutuhkan 21 <i>helper</i>
A23	8 mandor, 10 tenaga ahli dan 100 <i>helper</i>	A20	Membutuhkan 16 <i>helper</i>
MEP8	2 mandor, 4 tenaga ahli, 30 <i>helper</i> dan 2 ME	MEP6 dan MEP7	Membutuhkan 5 <i>helper</i>

Berdasarkan yang sudah dijelaskan pada Tabel 4.11, konflik aktivitas ini dilihat dari kebutuhan sumber daya yang tidak dapat dipenuhi karena sumber daya yang tersedia tidak mencukupi untuk aktivitas yang dikerjakan pada waktu yang sama. Salah satu contohnya ialah pada aktivitas MEP2, *mechanical electrical* (ME) yang dibutuhkan sebanyak 35 orang. Namun pada aktivitas MEP1 sudah menggunakan sebanyak 30 orang ME dari total keseluruhan 55 orang ME. Sementara itu, waktu pengerjaan MEP2 berbarengan dengan MEP3, MEP4 dan MEP5 dengan kebutuhan ME secara berurutan ialah 35 orang, 2 orang, 30 orang dan 4 orang.

Ketersediaan ME sebanyak 55 orang tidak dapat memenuhi kebutuhan pada aktivitas tersebut. Sehingga terjadi konflik penggunaan sumber daya *mechanical electrical*. Pada aktivitas-aktivitas tersebut, total ME yang dibutuhkan 101 orang. Sementara jumlah ME yang tersedia hanya 55 orang. Konflik penggunaan sumber daya ME dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Konflik sumber daya *mechanical electrical*

4.3.2.4 Penyelesaian Konflik

Berdasarkan konflik yang sudah dijelaskan dalam subbab sebelumnya, selanjutnya merupakan penyelesaian konflik penggunaan sumber daya. Pada penelitian ini, bentuk penyelesaian konflik yang dilakukan terdapat beberapa cara yaitu dengan menambahkan jumlah pekerja atau menggeserkan waktu mulai aktivitas tersebut.

Terdapat konsekuensi yang berbeda dalam setiap cara penyelesaian konflik. Jika menambahkan jumlah pekerja, maka menambah biaya pembangunan proyek apartemen yang mana untuk upah pekerja per hari dapat dilihat pada Tabel 4.2. Jika menggeser waktu mulai aktivitas untuk menunggu jumlah pekerja *available*, maka dapat berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek apartemen yang memiliki *deadline* Oktober 2020 dengan tambahan toleransi 6 bulan setelah bulan Oktober. Tabel 4.12 merupakan penyelesaian konflik penggunaan sumber daya manusia.

Tabel 4.12
Penyelesaian Konflik Penggunaan Sumber Daya Manusia

Aktivitas (ID)	Konflik dengan Aktivitas	Keterangan	Penyelesaian
E2	A14 dan E1	Mebutuhkan 11 <i>helper</i>	Geser waktu mulai menjadi 14 April 2019 (sebelumnya 28 Februari 2019)
MEP2	MEP1	Mebutuhkan 10 ME	Menambah jumlah pekerja ME sebanyak 46 orang
MEP3	MEP1, MEP2	Mebutuhkan 2 ME	
MEP4	MEP1, MEP2 dan MEP3	Mebutuhkan 30 ME	
MEP5	MEP1, MEP2, MEP4 dan MEP3	Mebutuhkan 4 ME	
E5	A14, E1, dan E2	Mebutuhkan 10 <i>helper</i>	Geser waktu mulai menjadi 14 April 2019 (sebelumnya 9 April 2019)

Aktivitas (ID)	Konflik dengan Aktivitas	Keterangan	Penyelesaian
A19	A16, A17, dan A18	Mebutuhkan 21 <i>helper</i>	Geser waktu mulai menjadi 25 November 2019 (sebelumnya 21 Oktober 2019)
A23	A20	Mebutuhkan 16 <i>helper</i>	Geser waktu mulai menjadi 9 Maret 2020 (sebelumnya 4 Januari 2020)
MEP8	MEP6 dan MEP7	Mebutuhkan 5 <i>helper</i>	Geser waktu mulai menjadi 26 September 2019 (sebelumnya 11 September 2019)

Perhitungan penambahan pekerja *mechanical electrical* pada aktivitas MEP2, MEP3, MEP4 dan MEP5. Upah pekerja *mechanical electrical* (ME) sebesar Rp 120.000 per hari. Perhitungan penambahan biaya ini didapatkan dari jumlah kebutuhan *mechanical electrical* dikali dengan upah pekerja ME per hari dikali dengan durasi (hari). Tabel 4.13 merupakan rincian perhitungan biaya penambahan pekerja ME.

Tabel 4.13

Perhitungan Upah Pekerja *Mechanical Electrical*

Aktivitas (ID)	Kebutuhan	Durasi (hari)	Perhitungan
MEP2	10 ME	180	$10 \times 120.000 \times 180 =$ Rp 216.000.000
MEP3	2 ME	180	$2 \times 120.000 \times 180 =$ Rp 43.200.000
MEP4	30 ME	90	$30 \times 120.000 \times 90 =$ Rp 324.000.000
MEP5	4 ME	120	$4 \times 120.000 \times 120 =$ Rp 57.600.000
Total			Rp 640.800.000

Berdasarkan perhitungan, proyek pembangunan apartemen di Surabaya mengalami penambahan biaya sebesar Rp 640.800.000. Dalam strategi *parallel* juga dilakukan penambahan alat berat yaitu *passanger hoist*. Penambahan *passanger hoist* sebanyak 2 buah alat digunakan untuk 2 *tower* yang berlangsung selama 573 hari atau 19 bulan. Perhitungan biaya sewa *passanger hoist* sebagai berikut.

$$= \text{Rp } 68.000.000 \times 19 \text{ bulan} \times 2 \text{ buah}$$

$$= \text{Rp } 1.292.000.000 \times 2$$

$$= \text{Rp } 2.584.000.000$$

Total biaya proyek pembangunan apartemen dengan strategi *parallel* didapatkan dari biaya pembangunan ditambah biaya penambahan pekerja *mechanical electrical* ditambah penyewaan alat berat *passanger hoist* yaitu sebesar Rp 357.716.409.322 + Rp 640.800.000 + Rp 2.584.000.000 = Rp 360.941.209.322.

Pada Tabel 4.12 menyebutkan beberapa aktivitas yang mengalami pergeseran akibat konflik penggunaan sumber daya manusia. Hal ini menyebabkan perubahan jadwal yang sudah didapatkan berdasarkan strategi *parallel* dengan *Microsoft Project* sebelumnya.

Setelah mengalami pergeseran, penjadwalan proyek pembangunan apartemen dengan strategi *parallel* selesai pada 24 Desember 2020 dengan durasi 996 hari. Penjadwalan proyek apartemen dengan strategi *parallel* setelah penyelesaian konflik dapat dilihat pada Lampiran 4.

4.4 Analisis dan Pembahasan

Setelah semua tahap-tahap pada pengolahan data telah dilakukan, selanjutnya dilakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh. Pembahasan dilakukan sesuai dengan tujuan dari penelitian, yaitu mengenai penjadwalan proyek pembangunan apartemen dengan strategi *parallel* dan *sequence* menggunakan metode PDM.

4.4.1 Analisis dan Pembahasan Strategi *Sequence*

Dalam strategi *sequence* terdapat beberapa tahap yang dilakukan, yaitu menentukan hubungan keterkaitan antar aktivitas, penjadwalan proyek dengan *Microsoft Project 2013*, dan melakukan percepatan proyek. Penjadwalan proyek sebelum dilakukan percepatan memiliki durasi 1135 hari dan selesai pada 11 Mei 2021. Artinya jadwal proyek dengan strategi *sequence* ini melebihi *deadline* yang ditentukan yaitu Oktober 2020 dengan toleransi tambahan 6 bulan yang jatuh pada bulan April 2021. Sehingga peneliti melakukan percepatan proyek.

Percepatan proyek dilakukan dengan menambahkan jam lembur pada aktivitas yang berada di lintasan kritis. Penentuan lintasan kritis dapat dilihat dalam *software Microsoft Project* dengan tampilan *Network Diagram*. Lintasan kritis ditunjukkan oleh warna merah pada masing-masing aktivitas dalam *Microsoft Project 2013*. Terdapat 15 aktivitas yang berada dalam lintasan kritis yaitu S1, S3, S4, S6, S7, S8, A14, A16, A17, A18, A19, A23, A24, A25, dan F1.

Percepatan proyek dengan menambah jam kerja (lembur) selama 2 jam per hari dilakukan setelah 8 jam kerja normal yaitu satu jam setelah waktu kerja normal atau 18.00-20.00 pada aktivitas kritis. Total jam kerja dalam proyek ini menjadi 10 jam kerja per hari. Pertimbangan ini mengacu pada keputusan Menteri Tenaga Kerja: KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11. Namun pada aktivitas *bored piled* (S1) tidak mengalami percepatan karena aktivitas ini merupakan pengeboran pondasi tiang pancang yang tidak dapat dilakukan pada malam hari. Lokasi pembangunan apartemen ini sangat dekat dengan permukiman warga, sehingga banyak yang menentang apabila aktivitas *Bored Pile*

dilakukan pada malam hari. Hal ini dikarenakan faktor kebisingan yang ditimbulkan oleh aktivitas *Bored Pile*.

Total biaya pembangunan proyek apartemen ini menjadi Rp 370.711.140.572 dengan penambahan biaya sebesar Rp 12.994.731.250. Penambahan biaya ini dikarenakan upah pekerja akibat penambahan jam lembur dan penambahan sewa alat berat *passanger hoist* selama 573 hari sebesar Rp 1.292.000.000. Rekap hasil perhitungan biaya lembur dapat dilihat pada Tabel 4.9. Setelah mengalami percepatan, proyek ini memiliki durasi 807 hari dan selesai pada tanggal 17 Juni 2020 dengan estimasi biaya meningkat seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Artinya penjadwalan proyek apartemen dengan strategi *sequence* tidak melewati *deadline* yang telah ditentukan.

4.4.2 Analisis dan Pembahasan Strategi *Parallel*

Berbeda dengan strategi *sequence*, dalam *parallel* tahap yang dilakukan merupakan menentukan hubungan keterkaitan antar aktivitas, menjadwalkan proyek dengan *Microsoft Project* 2013, lalu terdapat konflik penggunaan sumber daya manusia dan melakukan penyelesaian untuk konflik tersebut.

Hubungan keterkaitan antar aktivitas dalam strategi ini berbeda dengan *sequence*. Dalam strategi *parallel* banyak aktivitas yang dilakukan secara bersamaan. Penjadwalan proyek dengan strategi *parallel* memiliki durasi selama 930 hari dan selesai pada tanggal 19 Oktober 2020 dimana sesuai *deadline* yang telah di tentukan. Berdasarkan pada jadwal proyek pembangunan apartemen dengan strategi *parallel* yang dapat dilihat pada Lamiran 4, terdapat beberapa aktivitas yang dilakukan secara bersamaan dan menggunakan *resource* yang sama. Konflik ini dikarenakan oleh jumlah *resource* yang terbatas untuk menyelesaikan aktivitas tersebut. Pada Tabel 4.11 dapat dilihat aktivitas yang mengalami konflik penggunaan sumber daya beserta keterangannya.

Berdasarkan yang sudah dijelaskan pada Tabel 4.11, konflik aktivitas dilihat dari kebutuhan sumber daya yang tidak dapat dipenuhi karena sumber daya yang tersedia tidak mencukupi untuk aktivitas yang dikerjakan pada waktu yang sama. Terdapat 9 aktivitas yang memiliki konflik penggunaan sumber daya manusia yaitu E2, MEP2, MEP3, MEP4, MEP5, E5, A19, A23, dan MEP8. Dalam penyelesaian konflik, terdapat beberapa metode yaitu dengan menambahkan jumlah pekerja pada aktivitas yang kekurangan atau dengan menggeser waktu mulainya aktivitas.

Terdapat konsekuensi yang berbeda dalam setiap cara penyelesaian konflik. Jika menambahkan jumlah pekerja, maka menambah biaya pembangunan proyek apartemen. Jika menggeser waktu mulai aktivitas untuk menunggu jumlah pekerja *available*, maka dapat berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek apartemen yang memiliki *deadline* Oktober 2020 dengan tambahan toleransi 6 bulan setelah bulan Oktober.

Untuk aktivitas MEP2, MEP3, MEP4 dan MEP5 diselesaikan dengan menambahkan jumlah pekerja *mechanical electrical* (ME) sebanyak 46 orang. Hal ini juga menimbulkan penambahan biaya untuk pembangunan proyek apartemen dengan strategi *parallel*. Perhitungan penambahan biaya ini didapatkan dari jumlah kebutuhan *mechanical electrical* dikali dengan upah pekerja ME per hari dikali dengan durasi (hari). rincian perhitungan biaya penambahan pekerja ME dapat dilihat pada Tabel 4.13. Penambahan biaya pada strategi *parallel* juga dikarenakan adanya penambahan alat berat *passanger hoist* sebanyak 2 buah yang akan digunakan pada masing-masing *tower*. Total biaya proyek pembangunan apartemen dengan strategi *parallel* menjadi Rp 360.941.209.322.

Untuk aktivitas E2, E5, A19, A23, dan MEP8 diselesaikan dengan menggeser waktu mulai (*start*) aktivitas. Hal ini menyebabkan perubahan jadwal yang sudah didapatkan dengan strategi *parallel* sebelum adanya pergeseran. Setelah mengalami pergeseran, penjadwalan proyek pembangunan apartemen dengan strategi *parallel* selesai pada 24 Desember 2020 dengan durasi 996 hari. Artinya penjadwalan proyek dengan strategi *parallel* dapat diterima karena tidak melewati batas toleransi tambahan 6 bulan setelah Oktober 2020. Penjadwalan proyek apartemen dengan strategi *parallel* setelah adanya penyelesaian konflik dapat dilihat pada Lampiran 4.

4.4.3 Pemilihan Strategi

Setelah melakukan penjadwalan dengan dua strategi di atas, selanjutnya akan dibahas pemilihan strategi yang tepat dalam proyek pembangunan apartemen di Surabaya. Kriteria pemilihan strategi berdasarkan penambahan biaya yang paling minimal serta tidak melewati batas toleransi tambahan 6 bulan setelah Oktober 2020. Tabel 4.14 yang berisi perbandingan antara strategi *parallel* dan *sequence*.

Tabel 4.14
Perbandingan Strategi *Parallel* dan *Sequence*

Strategi	Durasi (hari)	Tanggal Selesai	Penambahan Biaya	Total Biaya
<i>Sequence</i>	807	17 Juni 2020	Rp 12.994.731.250	Rp 370.711.140.572
<i>Parallel</i>	996	24 Desember 2020	Rp 3.224.800.000	Rp 360.941.209.322

Berdasarkan tabel 4.14, penambahan biaya yang paling minimal terdapat pada strategi *parallel*. Hal ini dikarenakan dalam strategi *parallel* penambahan biaya dilakukan untuk menambah jumlah pekerja *mechanical electrical* dan sewa alat berat *passanger hoist*. Berbeda dengan strategi *sequence*, penambahan biaya dilakukan untuk membayar upah pekerja lembur dan sewa alat berat *passanget hoist*. Penambahan biaya untuk upah lembur mengalami peningkatan yang sangat besar, karena jam kerja lembur ditambahkan pada hampir semua aktivitas yang berada dalam lintasan kritis. Strategi *parallel* juga tidak melewati *deadline* yang telah ditentukan yang jatuh pada bulan April 2021 (6 bulan setelah Oktober 2020). Artinya dalam penelitian ini, strategi *parallel* merupakan strategi yang dipilih. Dengan penjadwalan proyek pembangunan apartemen yang memiliki durasi 996 hari dan selesai pada 24 Desember 2020.

4.4.4 Perbandingan Hasil Penjadwalan

Hasil penjadwalan proyek yang terpilih yaitu dengan strategi *parallel* menggunakan metode PDM memiliki durasi selama 996 hari dengan penyelesaian konflik sumber daya manusia. Penjadwalan ini dimulai 02 April 2018 sampai 24 Desember 2020. Total biaya untuk pembangunan apartemen dengan strategi *parallel* menggunakan metode PDM sebesar Rp 360.941.209.322. Dengan penambahan biaya sebesar Rp 3.224.800.000, proyek ini menambah jumlah pekerja *mechanical electrical* (ME) dan alat berat *passanger hoist* sebanyak 2 buah. Penjadwalan proyek dengan strategi ini tidak mendapatkan penalti karena tidak melewati *deadline* 6 bulan setelah Oktober 2020 (April 2021).

Sementara itu pada penjadwalan proyek awal yang dilakukan oleh Perusahaan Pembangunan Konstruksi memiliki durasi 1135 hari. Total biaya pembangunan apartemen yang direncanakan oleh perusahaan sebesar Rp 357.716.409.322. Penjadwalan ini tidak dimulai sesuai perencanaan awal, dimana proyek ini akan dimulai pada bulan Agustus 2017. Hal ini akan berpengaruh pada waktu selesai dari pembangunan proyek. Proyek ini memiliki *deadline* Oktober 2020 dengan toleransi tambahan 6 bulan setelahnya yaitu April 2021. Berdasarkan jadwal yang telah direncanakan oleh perusahaan, proyek pembangunan apartemen ini akan selesai pada 9 Oktober 2020. Namun hingga bulan Februari 2018, aktivitas pengeboran pondasi tiang pancang atau *bored piled* belum dimulai.

Berdasarkan hasil penjadwalan dengan strategi *parallel* menggunakan metode PDM, dapat dilihat bahwa strategi ini memiliki durasi yang lebih cepat yaitu 996 hari. Sementara durasi yang direncanakan oleh pihak perusahaan selama 1135 hari. Sehingga dapat

dikatakan penjadwalan dengan strategi *parallel* menggunakan metode PDM lebih optimal dibandingkan penjadwalan yang dilakukan perusahaan menggunakan strategi *sequence*. Maka dari itu, penerapan penjadwalan dengan strategi *parallel* menggunakan metode PDM seperti yang dilakukan dalam penelitian ini dapat membantu perusahaan agar estimasi biaya dan waktu lebih optimal. Sehingga dapat meminimalkan kerugian yang akan diperoleh.



BAB V PENUTUP

Bab penutup menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian ini. Kesimpulan berisi ringkasan dari hasil pengolahan data yang dilakukan pada bab sebelumnya. Sementara itu juga terdapat saran yang ditunjukkan untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil pengolahan data pada penelitian mengenai proyek pembangunan apartemen menggunakan metode PDM adalah:

1. Penjadwalan dengan strategi *sequence* dimulai dengan menentukan hubungan keterkaitan antar aktivitas. Penjadwalan proyek dengan strategi ini memiliki durasi 1135 hari dan selesai pada 11 Mei 2021. Artinya jadwal proyek dengan strategi *sequence* ini melebihi *deadline* yang ditentukan yaitu Oktober 2020 dengan toleransi tambahan 6 bulan yang jatuh pada bulan April 2021. Sehingga peneliti melakukan percepatan proyek dengan cara menambahkan jam kerja lembur pada aktivitas yang berada di lintasan kritis. Terdapat 15 aktivitas yang berada dalam lintasan kritis yaitu S1, S3, S4, S6, S7, S8, A14, A16, A17, A18, A19, A23, A24, A25, dan F1. Percepatan proyek dengan menambah jam kerja (lembur) selama 2 jam per hari dilakukan setelah 8 jam kerja normal yaitu satu jam setelah waktu kerja normal atau 18.00-20.00 pada aktivitas kritis. Total jam kerja dalam proyek ini menjadi 10 jam kerja per hari. Namun pada aktivitas *bored piled* (S1) tidak mengalami percepatan karena aktivitas ini merupakan pengeboran pondasi tiang pancang yang tidak dapat dilakukan pada malam hari. Setelah mengalami percepatan, proyek ini memiliki durasi 807 hari dan selesai pada tanggal 17 Juni 2020 dengan estimasi biaya meningkat sebesar Rp 12.994.731.250. Penambahan biaya ini dikarenakan upah pekerja akibat penambahan jam lembur dan penambahan sewa alat berat *passanger hoist* selama 573 hari. Total biaya pembangunan proyek apartemen dengan strategi ini menjadi Rp 370.711.140.572.
2. Penjadwalan dengan strategi *parallel* dimulai dengan menentukan hubungan keterkaitan antar aktivitas juga. Namun dalam strategi *parallel* hubungan keterkaitan

antar aktivitas yang ditentukan berbeda dengan *sequence*. Penjadwalan dengan strategi ini memiliki durasi 930 hari dan selesai pada 19 Oktober 2020. Namun dalam strategi ini menimbulkan konflik penggunaan sumber daya manusia. Terdapat 9 aktivitas yang mengalami konflik penggunaan sumber daya manusia yaitu E2, MEP2, MEP3, MEP4, MEP5, E5, A19, A23, dan MEP8. Untuk aktivitas MEP2, MEP3, MEP4 dan MEP5 diselesaikan dengan menambahkan jumlah pekerja *mechanical electrical* (ME) sebanyak 46 orang. Hal ini juga menimbulkan penambahan biaya sebesar Rp 640.800.000. Untuk aktivitas E2, E5, A19, A23, dan MEP8 diselesaikan dengan menggeser waktu mulai (*start*) aktivitas. Dalam strategi *parallel* juga dilakukan penambahan 2 *passanger hoist* untuk 2 gedung yang berbeda dikarenakan pembangunan dengan strategi ini dilakukan secara bersamaan. Setelah mengalami pergeseran, penjadwalan proyek pembangunan apartemen dengan strategi *parallel* selesai pada 24 Desember 2020 dengan durasi 996 hari. Artinya penjadwalan proyek dengan strategi *parallel* dapat diterima karena tidak melewati batas toleransi tambahan 6 bulan setelah Oktober 2020. Total biaya untuk proyek pembangunan apartemen dengan strategi *parallel* sebesar Rp 360.941.209.322.

3. Kriteria pemilihan strategi berdasarkan penambahan biaya yang paling minimal serta tidak melewati batas toleransi tambahan 6 bulan setelah Oktober 2020. Berdasarkan hasil penjadwalan proyek dengan strategi *parallel* dan *sequence*, penambahan biaya yang paling minimal terdapat pada strategi *parallel*. Strategi *parallel* juga tidak melewati *deadline* yang telah ditentukan yang jatuh pada bulan April 2021 (6 bulan setelah Oktober 2020). Artinya dalam penelitian ini, strategi *parallel* merupakan strategi yang dipilih. Penjadwalan proyek pembangunan apartemen dengan strategi *parallel* memiliki durasi 996 hari dan selesai pada 24 Desember 2020 dengan total biaya sebesar Rp 360.941.209.322. Sementara itu pada penjadwalan proyek awal yang dilakukan oleh Perusahaan Pembangunan Konstruksi memiliki durasi 1135 hari dengan total biaya sebesar Rp 357.716.409.322. Sehingga dapat dikatakan penjadwalan dengan strategi *parallel* menggunakan metode PDM lebih optimal.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya maupun kepada perusahaan adalah:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan melakukan penjadwalan proyek menggunakan metode yang berbeda serta mempertimbangkan analisis kelayakan untuk mengukur kecukupan sumber daya yang ada.
2. Perusahaan diharapkan menambah pekerja *mechanical electrical* (ME) pada saat aktivitas yang membutuhkan pekerja ME berlangsung dan menerapkan strategi *parallel* untuk proyek pembangunan apartemen di Surabaya.





Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

- Andhika, Mochammad. 2017. Perencanaan Penjadwalan Proyek Pembangunan Rumah Susun Gorontalo. *Skripsi*. Makassar. Universitas Hasanuddin.
- Badri, Sofwan. 1997. *Dasar-dasar Network Planning*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Bastian, Ifnu, Sugiono, & Tantrika, C.F.M.. 2015. Optimisasi Perencanaan Proyek Pembangunan Perpustakaan Menggunakan PDM Dan Resource Leveling (Studi Kasus Proyek Perpustakaan Oleh CV. Maju Indah). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri Vol. 3 No.1*. Malang, Universitas Brawijaya.
- Ervianto, Wulfram I. 2005. *Manajemen Proyek Konstruksi – Edisi Revisi*. Yogyakarta: Andi.
- Glenwright Jr., Earl T. 2004. Let,s Scrap The Precedence Diagramming Method. AACE Internasional Transaction. *Proquest Journal*. PS. 08.1- PS.08.6.
- Gray, Clifford, A. & Larson, Erik W. 2007. *Manajemen Proyek Proses Manajerial*. Yogyakarta: Andi.
- Husen, Abrar. 2008. *Manajemen Proyek Perencanaan Penjadwalan & Pengendalian Proyek*. Yogyakarta: Andi.
- Kalangi, A. Leonardo. 2015. Penerapan Precedence Diagram Method Dalam Konstruksi Bangunan. *Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.1*. Manado. Universitas Sam Ratulangi.
- KBBI, 1994. *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)*. [Online] Available at: <http://kbbi.web.id/apartemen>. [Diakses 30 Oktober 2017]
- Kenley, R. & Seppänen, O. 2009. *Location-Based Management of Construction Projects: Part of A New Typology for Project Scheduling Methodologies*. Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference. 2563-2570.
- Laksito, B. 2005. *Studi Komparatif Penjadwalan Proyek Konstruksi Repetitif Menggunakan Metode Penjadwalan Berulang (RSM) dan Metode Diagram Preseden (PDM)*. Surakarta: Media Teknik Sipil.
- Riyanto, R.P, Choiri, M., & Sari, R.A. 2017. Optimasi Waktu Dan Biaya Penjadwalan Proyek Pembangunan Guest House Dengan Pendekatan EVM & PDM. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri Vol 5, No 6*. Malang, Universitas Brawijaya.
- Siswojo. 1981. *Pokok-pokok Project Management PERT dan CPM*. Jakarta: Erlangga.
- Sukmadinata. 2006. *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: Graha Aksara.
- Suputra, I.G.N Oka. 2011. Penjadwalan Proyek Dengan Precedence Diagram Method (PDM) Dan Ranked Position Weight Method (RPWM). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 15, No. 1*. Bali. Universitas Udayana.
- Soeharto, Imam. 1999. *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.



Walean, D.M, Mandagi, R.J.M & Tjakra, J. 2012. Perencanaan Dan Pengendalian Jadwal Dengan Menggunakan Program Microsoft Project 2010 (Studi Kasus: Proyek Pt. Trakindo Utama). *Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.1*. Manado. Universitas Sam Ratulangi.

