

Analisis Penjadwalan Pada Proyek EPC Berbasis *Critical Chain Management*

Pratiwi Setyaning Putri^{1*)}; Hastanto SM¹; Tommy Iduwin¹

1. Program Studi S1 Teknik Sipil, Institut Teknologi PLN, Menara PLN, Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta Barat, Jakarta 11750, Indonesia

^{*)}Email: pratiwi@itpln.ac.id

Received: 7 Desember 2023 | Accepted: 20 Agustus 2024 | Published: 22 Agustus 2024

ABSTRACT

The EPC (Engineering, Procurement, and Construction) contract type is commonly used in construction projects in Indonesia, particularly in power plant development projects involving multiple parties, alongside conventional contracts. To prevent delays, project management practices must be implemented in EPC contract projects. Additionally, effective time management must be applied during the planning (engineering) phase, as it is the initial stage of the entire series of activities in an EPC project. The method used to analyze the EPC project schedule is buffer management. Through this research, the duration of the planning (engineering) phase in EPC projects will be identified, and the difference in the duration of engineering completion before and after the application of critical chain management will be determined. The results of the research show that scheduling the planning (engineering) process with critical chain management can be completed faster than scheduling with CPM.

Keywords: EPC, buffer, Critical Chain Management

ABSTRAK

Jenis kontrak EPC (Engineering, Procurement, and Construction) pada proyek konstruksi di Indonesia khususnya proyek pembangunan pembangkit listrik yang melibatkan banyak pihak juga sering digunakan, selain menggunakan kontrak konvensional. Untuk mencegah terjadinya keterlambatan, maka pada praktik proyek yang menerapkan kontrak EPC perlu menerapkan manajemen proyek. Selain itu dilakukannya manajemen waktu proyek yang baik harus diterapkan pada pelaksanaan proses perencanaan (engineering) mengingat tahap awal dari seluruh rangkaian aktivitas proyek EPC adalah proses perencanaan. Metode yang digunakan untuk menganalisa jadwal proyek EPC adalah manajemen buffer. Melalui penelitian ini akan diketahui durasi perencanaan (engineering) pada proyek EPC dan diketahui selisih durasi penyelesaian engineering sebelum dan sesudah penerapan manajemen critical chain. Dari hasil penelitian didapatkan durasi penjadwalan pada proses perencanaan (engineering) dengan manajemen critical chain dapat dilakukan lebih cepat dibandingkan dengan penjadwalan dengan CPM.

Kata Kunci: EPC, buffer, manajemen critical chain

1. PENDAHULUAN

Proyek dengan sistem kontrak yang mencakup lingkup tanggung jawab desain (*engineering*), pengadaan (*procurement*), dan konstruksi (*construction*) yang dikerjakan sekaligus oleh suatu perusahaan kontraktor atau satu asosiasi yang terdiri dari beberapa kontraktor dapat didefinisikan sebagai proyek EPC (*Engineering-procurement-construction*) [1]. EPC mencakup tahap Engineering, Procurement, Construction tetapi tidak terbatas dalam 3 tahapan tersebut saja dan ilmu pengetahuan dalam tahap tersebut tidak cukup dalam pelaksanaan proyek EPC [2].

Pada tahun 1967 di Amerika Serikat terdapat 38 perusahaan yang bergerak dibidang EPC (*Engineering Procurement Construction*) dan pada tahun 2007 hanya tersisa 18 perusahaan, tutup atau konsolidasinya perusahaan EPC tersebut sebagian besar diakibatkan oleh kegagalan menangani proyek EPC [3]. Suatu proyek yang dikerjakan kontraktor meliputi pekerja studi desain, pengadaan material, dan konstruksi serta perencanaan dari ketiga aktivitas tersebut dinyatakan sebagai proyek EPC (*Engineering Procurement Construction*) [4].

Pada setiap tahapan pekerjaan proyek EPC dapat terjadi risiko atau ketidakpastian, khususnya di tahapan engineering yang mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek secara keseluruhan. Risiko yang sering terjadi pada proyek EPC adalah keterlambatan pelaksanaan proyek. Keterlambatan proyek akibat tidak dapat diselesaikan pekerjaan sesuai tenggat waktu mencapai 18% [5]. Salah satu fungsi vital agar tercapainya tujuan proyek adalah proses perencanaan proyek.

Identifikasi aktivitas yang dibutuhkan untuk menentukan regulasi dan pertanggungjawaban untuk mencapai tujuan proyek, menyelesaikan target, estimasi durasi aktivitas pelaksanaan, jadwal aktivitas, menciptakan estimasi biaya yang akurat, menciptakan pelaporan dan level komunikasi, dan menentukan kriteria penerimaan disebut sebagai aktivitas dalam perencanaan [6].

Kunci untuk pengaturan aktivitas pada rantai kritis jadwal proyek dapat didefinisikan sebagai manajemen *buffer*. Manajemen *buffer* dapat memberikan gambaran yang jelas terhadap tingkat risiko yang kumulatif pada kinerja proyek, termasuk mempertimbangkan tentang batasan sumber daya dan berfokus kepada penyebab ketidakpastian didalam manajemen proyek [7]. Perencanaan dan penjadwalan yang tepat, sebagai bagian integral dari buku ini, merupakan faktor kunci untuk penyelesaian konstruksi proyek sesuai anggaran, tepat waktu, dan dengan sedikit masalah [8]. Proyek EPC rentan mengalami keterlambatan karena karakteristik yang kompleks dan ketidakpastian yang tinggi [9]. Faktor-faktor yang menjadi pemicu atau menyebabkan keterlambatan proyek, salah satunya adalah tidak mau akalnya perencanaan proyek atau kecilnya memungkinkan untuk penerapan ketika pelaksanaan proyek di lapangan [10]. Pada metode *critical chain project management*, *buffer* ditambahkan pada durasi yang digunakan pada penjadwalan proyek untuk melindungi *critical chain* untuk mencapai tujuan proyek. *Buffer*/ penyangga diperlukan untuk menyelesaikan proyek lebih awal dari jadwal yang direncanakan akibat keterbatasan sumber daya. *Buffer* digunakan untuk melindungi jadwal proyek secara keseluruhan dari ketidakpastian pada setiap aktivitas sehingga dapat diselesaikan secara tepat waktu. *Buffer* yang digunakan didalam *critical chain* adalah sebagai berikut:

1. *Project buffer* adalah penyangga yang digunakan untuk melindungi waktu penyelesaian akhir proyek dari ketidakpastian jadwal didalam aktivitas *critical chain*. *Project buffer* ditempatkan pada akhir proyek setelah aktivitas yang berada di dalam jaringan kritis yang terakhir.
2. *Feeding buffer* digunakan untuk melindungi dan menjaga kinerja aktivitas jaringan *critical chain* dari perubahan karena adanya jadwal yang tidak pasti didalam aktivitas pada lintasan tidak kritis sehingga tidak mengganggu aktivitas didalam lintasan kritis.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui aktivitas proyek pada proses perencanaan yang berada didalam jalur kritis.
2. Mengetahui durasi project buffer dan feeding buffer yang dibutuhkan untuk melakukan pengendalian waktu pada proses perencanaan.

Tingkat keterbaruan atau faktor *novelty* dalam penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian terdahulu yang memiliki konsep utama yaitu melakukan percepatan pada aktivitas proyek yang memungkinkan sehingga didapatkan tindakan korektif yang dapat dilakukan untuk mengatasi adanya keterlambatan durasi proyek pada suatu aktivitas dengan menggunakan manajemen *critical chain*.

Pemilihan objek ini dikarenakan langkah penyempurnaan dari proses manajemen proyek khususnya pada penjadwalan proyek yang menjadi faktor penting dalam laju produktivitas proyek.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Beberapa tahapan penelitian yang penulis lakukan untuk mendapatkan jawaban dari rumusan permasalahan penelitian. Tahapan penelitian yang dilakukan, secara umum terdiri dari 2 fase pelaksanaan. Dimana fase 1 ini merupakan langkah awal penentuan tema dan tujuan penelitian. Untuk menentukan tema dan tujuan penelitian, maka terdapat langkah-langkah yang dikerjakan yaitu identifikasi masalah, tujuan penelitian dan studi literatur.

Setelah tema dan tujuan penelitian ditentukan, tahapan penelitian selanjutnya masuk pada fase 2. Dimana pada fase 2 ini langkah lanjutan dalam pengumpulan data, pengolahan data, analisis data dan menarik kesimpulan. Secara berurutan, langkah-langkah yang dilakukan pada fase 2 yaitu wawancara, pengumpulan data, analisis data menggunakan CPM, mengidentifikasi durasi pada setiap aktivitas, mengidentifikasi *safety time* pada setiap aktivitas, membuat jadwal aktivitas *non critical chain* menjadi *as late as possible*, menganalisis *feeding buffer* dan *project buffer* dan terakhir menarik kesimpulan.

Untuk mencapai tujuan penelitian ini penulis menggunakan beberapa strategi penelitian sebagai berikut:

1. Survei

Strategi ini dilakukan untuk mendapatkan informasi dan mendata fenomena-fenomena yang terjadi pada proyek EPC (*Engineering Procurement Construction*) di tahap *engineering*. Pelaksanaan survei dilakukan pada seluruh populasi, yaitu populasi besar maupun kecil untuk mencari dan mendapatkan informasi mengenai pertanyaan apa, berapa banyak, dan berapa besar. Survei kuesioner diberikan kepada para pakar dan responden dilakukan untuk memvalidasi sistem variabel yang akan diteliti apakah sudah tepat dalam menjawab rumusan masalah penelitian.

2. Pengolahan data

Untuk mendapatkan jawaban atas pertanyaan apa dan berapa besar, maka strategi penelitian penting dilakukan. Data yang ada, kemudian akan dianalisis dengan metode analisis yang penulis tentukan. Pengolahan data dilakukan berdasarkan data yang diperoleh yaitu:

- Menetapkan jalur kritis proyek
- Menentukan durasi *safety time*
- Menentukan *as late as possible* pada aktivitas di jalur non kritis.

- Memberikan *project buffer* di akhir *critical chain*
- Menyisipkan *feeding buffer* di antara aktivitas *non critical*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penjadwalan Proyek Pada Proses Engineering

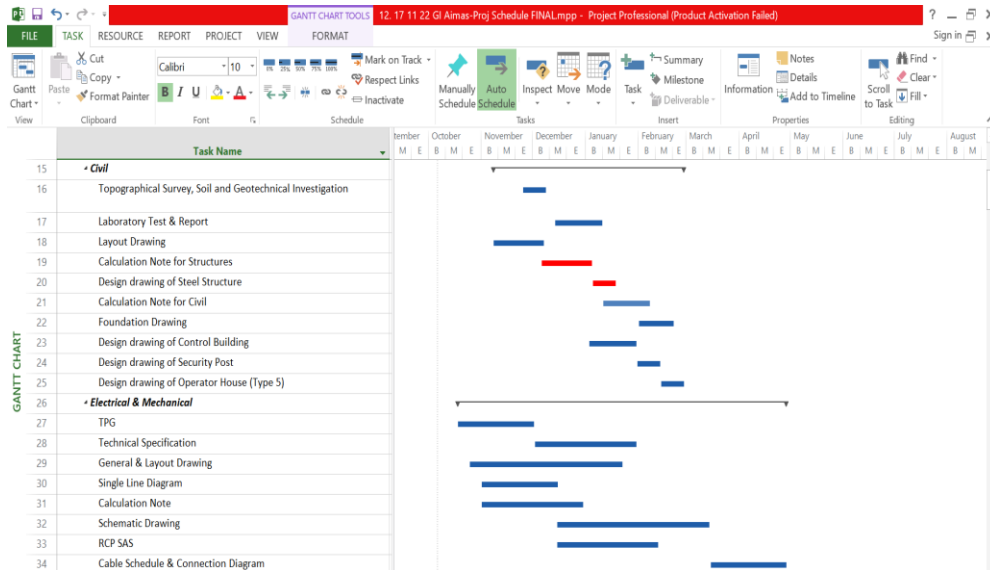
Berdasarkan data yang diperoleh dari jadwal perencanaan proyek EPC, durasi pengerjaan proses *engineering* akan dihitung menggunakan alat bantu *software* Ms. Project 2013 dengan menerapkan metode CCPM (*Critical Chain Project Management*). Data yang telah diperoleh dilakukan penyusunan WBS (*Work Breakdown Structure*) terlebih dahulu agar aktivitas-aktivitas dalam proyek tersebut saling terhubung.

Tabel 1. Waktu dan Aktivitas Kerja

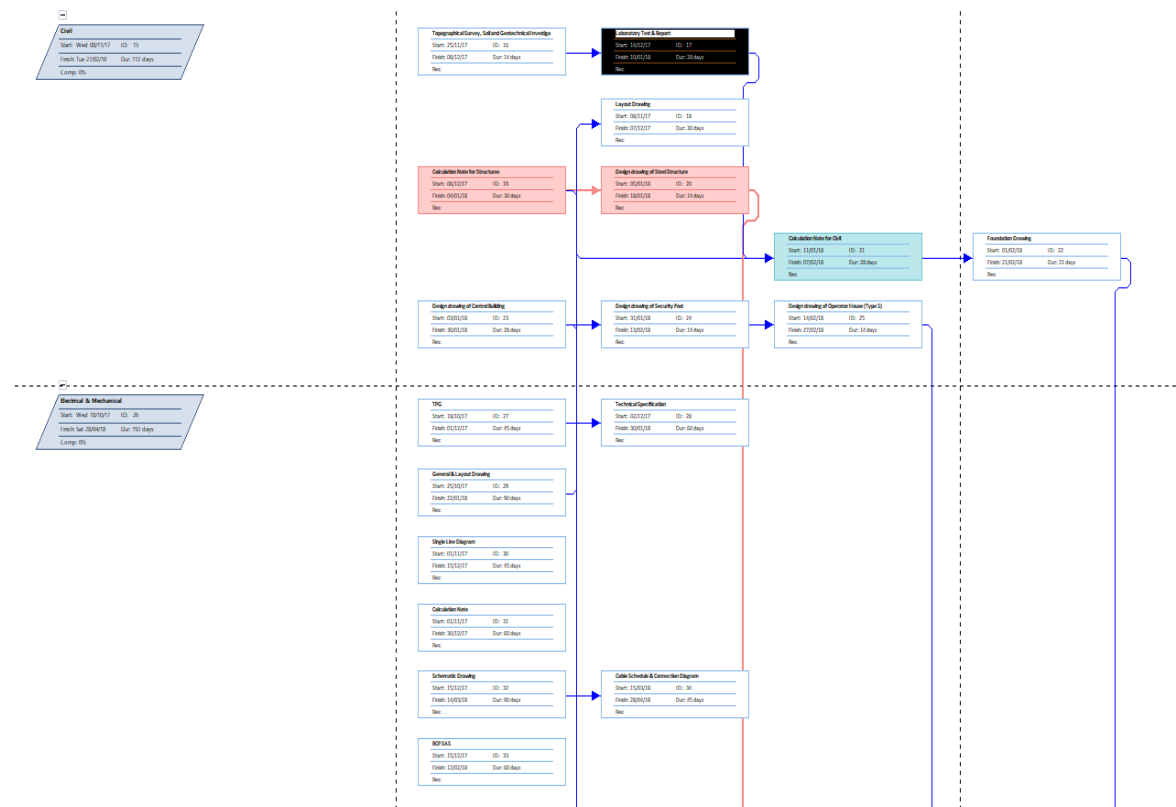
No	Kegiatan	Durasi (Hari)	Mulai	Selesai	Kegiatan sebelum	Kegiatan sesudah
X1	Civil	112	8/11/17	27/02/18		
X2	<i>Topographical survey, soil and geotechnical investigation</i>	14	25/11/17	08/12/17		3FS+5 days
X3	<i>Laboratory test & report</i>	28	14/12/17	10/01/18	2FS+5 days	7
X4	<i>Layout drawing</i>	30	08/11/17	07/12/17	15SS +14 days	
X5	<i>Calculation note for structures</i>	30	06/12/17	04/01/18		6;7
X6	<i>Design drawing of steel structure</i>	14	05/01/18	18/01/18	5	
X7	<i>Calculation note for civil</i>	28	11/01/18	07/02/18	3;5	8FS-7 days
X8	<i>Foundation drawing</i>	21	01/02/18	21/02/18	7FS-7 days	
X9	<i>Design drawing of control building</i>	28	03/01/18	30/01/18		
X10	<i>Design drawing of security post</i>	14	31/01/18	13/02/18	9	11
X11	<i>Design drawing of operator house (type 5)</i>	14	14/02/18	27/02/18	10	
X12	Electrical & mechanical	193	18/10/17	28/04/18		
X13	TPG	45	18/10/17	01/12/17		14
X14	<i>Technical Specification</i>	60	02/12/17	30/01/18	13	
X15	<i>General & Layout drawing</i>	90	25/10/17	22/01/18		4SS+14 days
X16	<i>Single line diagram</i>	45	01/11/17	15/12/17		
X17	<i>Calculation note</i>	60	01/11/17	30/12/17		
X18	<i>Schematic drawing</i>	90	15/12/17	14/03/18		20
X19	RCP SAS	60	15/12/17	12/02/18		
X20	<i>Cable schedule & connection diagram</i>	45	15/03/18	28/04/18	18	

Sumber: Olahan Penulis

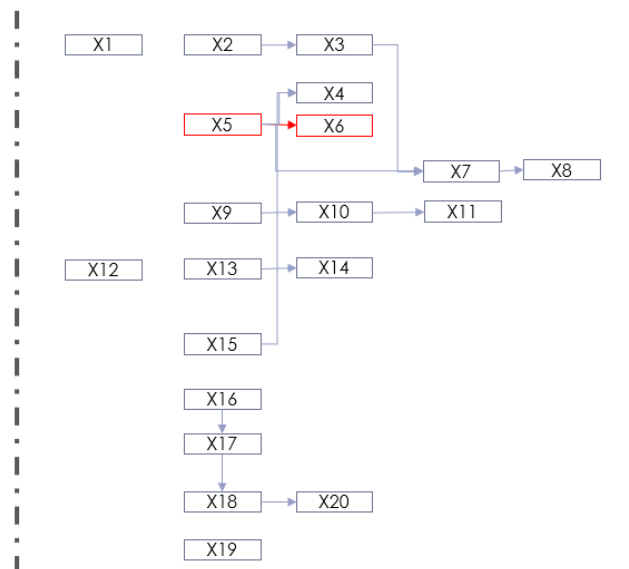
Selanjutnya dilakukan analisa lintasan kritis dengan menggunakan *software* Microsoft Project 2013. Hasil analisa yang ditunjukkan pada Gambar 4, terlihat bahwa lintasan kritis berada pada X5 dan X6 yang secara berturut-turut adalah kegiatan *calculation note for structure* dan *design drawing of steel structure*. Penjadwalan *engineering* dengan menggunakan *Gantt Chart* ditunjukkan pada Gambar 2. Penjadwalan *engineering* dengan menggunakan *Network Diagram* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Gantt chart



Gambar 3. Network Diagram



Gambar 4. Lintasan kritis dengan penerapan CPM

Sumber: Olahan penulis

B. Durasi Buffer Aktivitas Pada Proses Engineering

Selanjutnya dilakukan perhitungan durasi tanpa menggunakan *safety time* berdasarkan durasi aktual penyelesaian aktivitas dan hasil wawancara dengan perencana jadwal, *Safety time* yang

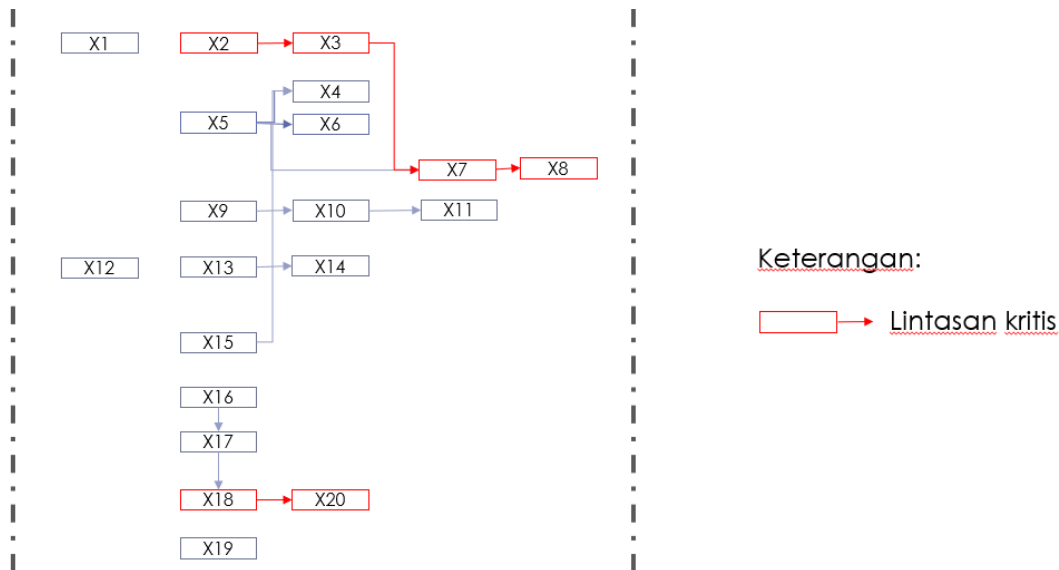
digunakan pada perencanaan durasi setiap aktivitas adalah 15%. Durasi tanpa *safety time* pada setiap aktivitas ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Durasi *Safety Time*

No	Aktivitas	Durasi Tanpa <i>Safety Time</i> (Hari)	Durasi <i>Safety</i> <i>Time</i> (Hari)
X1	Civil		
X2	Topographical Survey, Soil and Geotechnical Investigation	12	2
X3	Laboratory Test & Report	24	4
X4	Layout Drawing	26	4
X5	Calculation Note for Structures	26	4
X6	Design drawing of Steel Structure	12	2
X7	Calculation Note for Civil	24	4
X8	Foundation Drawing	18	3
X9	Design drawing of Control Building	24	4
X10	Design drawing of Security Post	12	2
X11	Design drawing of Operator House (Type 5)	12	2
X12	Electrical & Mechanical		
X13	TPG	39	6
X14	Technical specification	52	8
X15	General & Layout drawing	78	12
X16	Single line diagram	39	6
X17	Calculation note	52	8
X18	Schematic drawing	78	12
X19	RCP SAS	52	8
X20	Cable schedule & connection diagram	39	6

Sumber: Olahan penulis

Lintasan kritis yang menerapkan CPM (*Critical Path Method*) pada Gambar 4, selanjutnya dikembangkan dengan menerapkan *as late as possible* pada aktivitas di jalur non kritis. Hal ini bertujuan untuk mengetahui durasi terpanjang yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan. Lintasan kritis yang menerapkan *as late as possible* pada lintasan non kritis ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Lintasan kritis dengan penerapan “As late as possible” pada jalur non kritis

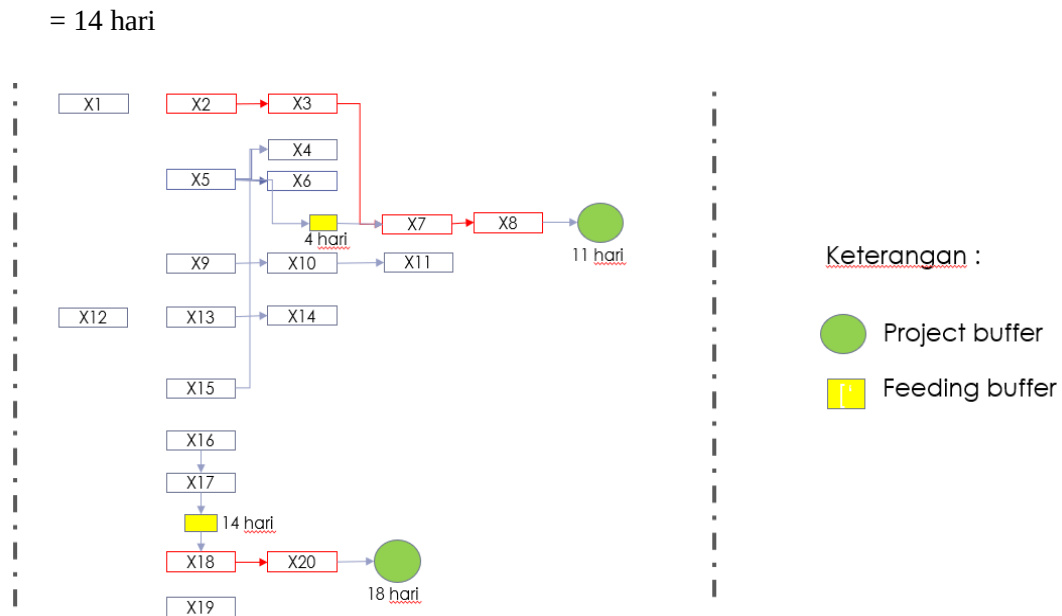
Sumber: Olahan penulis

Aktivitas-aktivitas kritis selanjutnya dijadikan prioritas karena memiliki pengaruh yang paling dominan terhadap *progress* penyelesaian pekerjaan. Sehingga untuk melakukan pengendalian waktu diperlukan rekayasa durasi penyelesaian di setiap aktivitas pada jalur kritis. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memasukkan *project buffer* pada akhir rantai kritis. *Project buffer* dari lintasan kritis tersebut ditunjukkan dengan perhitungan sebagai berikut:

- *Project buffer 1*
 = Total *safety time* pada lintasan kritis
 = $\sum (\text{Safety time X2, X3, X7, X8})$
 = 11 hari
- *Project buffer 2*
 = Total *safety time* pada lintasan kritis
 = $\sum (\text{Safety time X18, X20})$
 = 18 hari

Setelah menghitung *project buffer*, durasi *project buffer* tersebut dimasukkan ke dalam rangkaian durasi lintasan kritis untuk menjaga kinerja waktu aktivitas pada lintasan kritis tersebut sehingga mencegah adanya perubahan durasi penyelesaian yang dapat mengakibatkan keterlambatan. Lintasan yang tidak kritis dan memiliki hubungan saling ketergantungan disisipkan *feeding buffer* yang ditempatkan pada persimpangan konektifitas antara rantai yang tidak kritis dengan kritis. *Feeding buffer* ditunjukkan dengan perhitungan dibawah ini:

- *Feeding buffer 1*
 = Total *safety time* pada lintasan kritis
 = *Safety time* X5
 = 4 hari
- *Feeding buffer 2*
 = Total *safety time* pada lintasan kritis
 = $\sum (\text{Safety time X16, X17})$



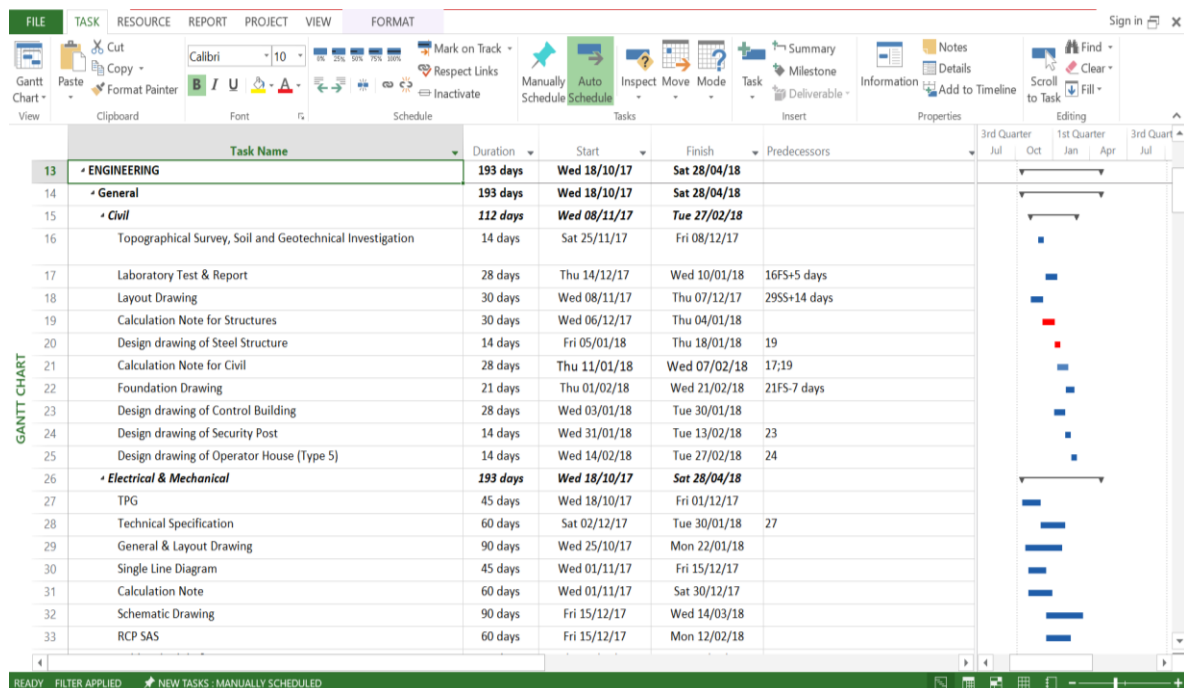
Gambar 6. Lintasan kritis dengan penerapan “As late as possible” pada jalur non kritis

Sumber: Olahan penulis

Dari hasil perhitungan project buffer dan feeding buffer terdapat 2 *project buffer* dan 2 *feeding buffer* yang ditunjukkan pada Gambar 6. *Project buffer* sebesar 11 hari pada akhir lintasan kritis X8 (*Foundation drawing*) dan 18 hari pada akhir lintasan kritis X20 (*Cable schedule & connection diagram*). Fungsi *Project buffer* adalah untuk mengendalikan aktivitas yang berada pada lintasan kritis karena adanya ketidakpastian pada suatu aktivitas didalam lintasan kritis mengakibatkan keterlambatan untuk seluruh penyelesaian proyek. *Feeding buffer* ditambahkan diantara aktivitas *non critical* dengan aktivitas *critical chain*. *Feeding buffer* yang ditambahkan sebesar 4 hari yang mendukung aktivitas X7 (*Calculation note for civil*) dan 14 hari yang mendukung aktivitas X18 (*Schematic drawing*).

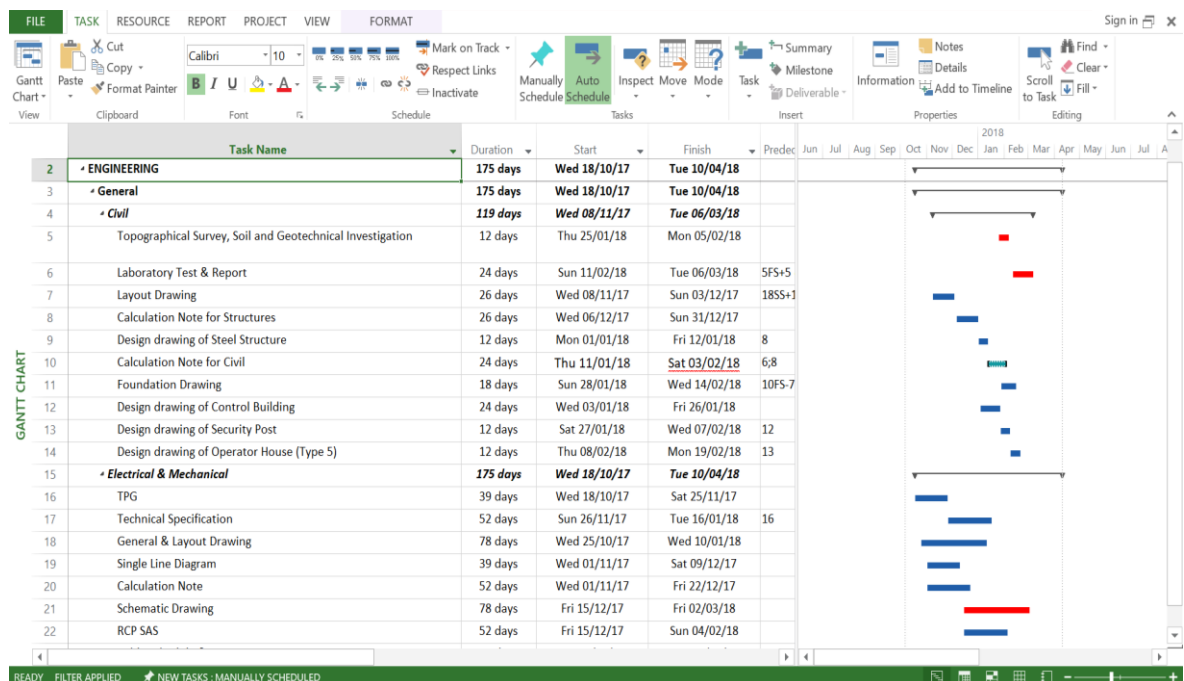
C. Pengembangan metode percepatan

Analisa durasi penyelesaian proses *engineering* dilanjutkan dengan memasukkan hasil perhitungan durasi tanpa *safety time* yang terdapat pada Tabel 2 kedalam setiap aktivitas. Selanjutnya dilakukan simulasi durasi penyelesaian proses *engineering* dengan menggunakan *software* Microsoft Project 2013. Hasil perbandingan penyelesaian proses *engineering* sebelum dan sesudah memasukkan durasi tanpa *safety time* dengan Microsoft Project 2013 sebagai pengolah data, secara berurutan ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Penjadwalan proses *engineering* sebelum dilakukan manajemen *buffer*

Sumber: Olahan penulis



Gambar 8. Penjadwalan proses *engineering* setelah dilakukan manajemen *buffer*

Sumber: Olahan penulis

Durasi penyelesaian proses *engineering* ditunjukkan dengan tanggal mulainya aktivitas hingga berakhirnya aktivitas terakhir selesai. Pada rangkaian aktivitas proses *engineering* sebelum dilakukan manajemen *buffer* menunjukkan bahwa proses tersebut dimulai pada 18 Oktober 2017, sedangkan proses *engineering* berakhir ketika aktivitas *electrical & mechanical* selesai yaitu pada

tanggal 28 April 2018 ditunjukkan pada Gambar 7. Pada rangkaian aktivitas proses *engineering* setelah dilakukan manajemen *buffer* menunjukkan bahwa proses tersebut dimulai pada 18 Oktober 2017, sedangkan proses *engineering* berakhir ketika aktivitas *electrical & mechanical* selesai yaitu pada tanggal 10 April 2018 ditunjukkan pada Gambar 8.

Dari data diatas dapat terlihat bahwa proses *engineering* tanpa menggunakan manajemen *buffer* dapat dilaksanakan paling cepat 193 hari, sedangkan proses *engineering* setelah dilakukan manajemen *buffer* dapat dilaksanakan paling cepat 175 hari. Sehingga dapat dihitung selisih durasi paling besar yang didapat dalam menyelesaikan pekerjaan *engineering* sesudah dan sebelum manajemen *buffer* adalah 18 hari.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil atau capaian yang telah didapatkan pada penelitian adalah dengan menggunakan metode *critical path method* didapatkan aktivitas yang berada pada lintasan kritis adalah X2 (*Topographical survey, soil and geotechnical investigation*), X3 (*Laboratory test & report*), X7 (*Calculation note for civil*), X8 (*Foundation drawing*) dan X18 (*Schematic drawing*), X20 (*Cable schedule & connection diagram*). Pada akhir aktivitas critical chain ditambahkan project buffer sebesar 11 hari pada akhir lintasan kritis X8 (*Foundation drawing*) dan 18 hari pada akhir lintasan kritis X20 (*Cable schedule & connection diagram*). *Project buffer* berfungsi untuk mengendalikan aktivitas yang berada pada lintasan kritis karena adanya ketidakpastian pada suatu aktivitas didalam lintasan kritis mengakibatkan keterlambatan untuk seluruh penyelesaian proyek. *Feeding buffer* ditambahkan diantara aktivitas *non critical* dengan aktivitas *critical chain*. Terdapat 2 *feeding buffer* yang dibutuhkan pada proses perencanaan (*engineering*). *Feeding buffer* yang ditambahkan sebesar 4 hari yang mendukung aktivitas X7 (*Calculation note for civil*) dan 14 hari yang mendukung aktivitas X18 (*Schematic drawing*). Proses *engineering* tanpa menggunakan manajemen *buffer* dapat dilaksanakan paling cepat 193 hari, sedangkan proses *engineering* setelah dilakukan manajemen *buffer* dapat dilaksanakan paling cepat 175 hari. Sehingga dapat dihitung selisih durasi paling besar yang didapat dalam menyelesaikan pekerjaan *engineering* sesudah dan sebelum manajemen *buffer* adalah 18 hari

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terdapat beberapa hal yang perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya antara lain penelitian ini ditinjau hanya dari sudut pandang proyek EPC sebagai pemilik proyek atau pekerjaan. Pada penelitian berikutnya dapat dilakukan dari sudut pandang yang berbeda, seperti melalui sudut pandang kontraktor dan pelaksana. Diharapkan penelitian ini dapat berlanjut dengan variasi sampel tahapan proyek EPC yang berbeda. Penelitian selanjutnya perlu identifikasi jumlah pekerja dan jam kerja proyek sehingga dapat dilakukan analisa dengan menggunakan RAM/RACI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yeo, K T and Ning, J H (2002.) *Integrating supply chain and critical chain concepts in engineer-procure-construct (EPC) projects. International Journal of Project Management*, 20(4), 253-262.
- [2] Mohebbi, A. H., & Bislimi, N. (2013). *Project Risk Management: Methodology Development for Engineering, Procurement and Construction Projects-A Case Study in the Oil and Gas Industry*, 1, 9.
- [3] CH2M HILL, World Coal Gasification 2007 Conference, USA, April 12, 2007
- [4] Yudhistira Soedarsono, SA., Kamus Istilah Proyek, Elex Media Komputindo, Jakarta, hal.98
- [5] Jerry Harper, Earned Value Management, Department of Commerce, United States of

- America, 2004, hal.3
- [6] Ahmed, Dr. S. R. (2010). Project Planning : An Analyis. 2, 22.
 - [7] Leach L.P., Critical Chain Project Management, Artech House Inc, Boston, 2000
 - [8] Tarek Hegazy, Computer-based Construction Project Management, Prentice Hall, 2002.
 - [9] Ayudhya, B. I. N. (2011). Evaluation of common delay causes of construction projects in Singapore. Journal of Civil Engineering and Architecture, 5(11).
 - [10] Ford, D. N., Lyneis, J. M., & Taylor, T. (2007, July). Project controls to minimize cost and schedule overruns: a model, research agenda, and initial results. In 2007 International System Dynamics Conference (pp