

EVALUASI PENJADWALAN PROYEK KONSTRUKSI DENGAN METODE *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT* (CCPM) (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Pengganti Dan Fasilitas di Yonif 661/AWL Kompi Senapan Samarinda)

Ucok Dzulfiltro Tampubolon¹, Tamrin Rahman², Budi Haryanto³

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: dzulfiltro@gmail.com

²⁾ Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: fts_tamrin@yahoo.com

³⁾ Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: budiharyanto7951@gmail.com

Abstrak

Perencanaan dan penjadwalan merupakan salah bagian terpenting dalam sebuah manajemen konstruksi. Dimana dalam menyusun perencanaan dan jadwal terdapat berbagai macam metode. Salah satunya ialah metode *Critical Chain Project Management*. Dimana pada metode ini melakukan pendekatan yang berbeda pada pemodelan dan analisa manajemen proyek konvensional. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung perubahan waktu pelaksanaan proyek dengan menghilangkan waktu pengaman pada setiap pekerjaan dan menggantikannya dengan menyisipkan nilai buffer.

Kemudian membuat penjadwalan ulang setelah dilakukan percepatan dengan metode buffer. Penjadwalan ulang dimulai dengan mencari lintasan kritis menggunakan program Microsoft Project 2010 kemudian dianalisis menggunakan metode *Critical Chain Project Management*.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode *Critical Chain Project Management* terbukti dapat mengoptimalisasi penjadwalan proyek dari 219 hari kerja menjadi 206 hari kerja dengan menghilangkan waktu pengaman pada setiap pekerjaan dan menggantinya dengan penambahan waktu penyangga diakhir rantai jalur kritis. Kemudian menerapkan tidak diperbolehkannya Student's Syndrome (melakukan pekerjaan diakhir waktu), tidak diperbolehkan Parkinson's Law (pengerjaan dengan menghabiskan jadwal kerja), dan tidak diperbolehkan adanya multitasking pada pekerja.

Kata Kunci : *Buffer Managemet, Metode Critical Chain Project Management, Microsoft Project 2010, multitasking, parkinsons law, student's syndrome*

Abstract

Planning and scheduling are one of important thing in construction management. In the order of planning and scheduling there are various methods. One of them is Critical Chain Project Management Method. Which in this method for doing approach that is different modelling and analyzing of conventional project management. This research aims to calculate the time alteration of construction project with allayed the hidden time to all the project and replace it with inserting buffer value.

And then, make a re-schedule after doing the acceleration with using buffer method. The re-schedule will be started with looking for the critical chain using Microsoft Project 2010 and after that will be analyzed using Critical Chain Project Management method.

The result of this research showed that with using Critical Chain Project Management method, it proved to optimize project scheduling which is normally 219 workdays become only 206 workdays with allayed the hidden time on every project and replaced it with inserting buffer time at the last critical chain project. After that, should not applying Student's Syndrome (doing project in the end time), and should not applying Parkinson's Law (doing project with spend scheduling time), and should not applying multitasking for the worker.

Keywords : Buffer Managemet, Critical Chain Project Management Method, Microsoft Project 2010, multitasking, parkinsons law, student's syndrome

Pendahuluan

Latar Belakang

Permasalahan dalam bidang konstruksi pada saat ini yang sering terjadi adalah pada tahap pelaksanaan sering terjadi perubahan yang mengakibatkan keterlambatan penyelesaian, sehingga waktu penyelesaian proyek tidak sesuai dengan waktu perencanaan awal proyek tersebut. Oleh sebab itu, proyek tidak berjalan dengan lancar dan mengakibatkan penambahan biaya yang melebihi dari perencanaan, sehingga ada proyek yang tertunda atau tidak dapat di lanjutkan. Dalam hal ini dibutuhkan perencanaan penjadwalan proyek yang lebih baik sehingga proyek dapat berjalan sesuai dengan rencana yang telah disusun dan tidak menyebabkan penambahan biaya proyek, sehingga proyek tertunda. Dalam suatu proyek pembangunan, perencanaan merupakan masalah yang sangat penting.

Metode Critical Chain Project Management menurut Goldratt, 1997 Eliyahu M. dalam bukunya Critical Chain, Pada metode Critical Chain Project Management ini penambahan waktu aman (safety time) yang biasanya diletakkan pada setiap aktivitas akan dihilangkan dan digantikan dengan waktu penyangga (buffer time) yang diletakkan diakhir critical chain sebagai cadangan waktu pada keseluruhan proyek. Apabila hal-hal yang tidak pasti (uncertainty) terjadi saat pelaksanaan proyek, maka dapat diantisipasi dengan adanya waktu penyangga (buffer time) sehingga terhindar dari keterlambatan (Rohana, 2014).

Pada penelitian ini membahas optimalisasi waktu pengerjaan proyek pada Proyek Pembangunan Pengganti Dan Fasilitas di Yonif 661/AWL Kompi Senapan Samarinda, menggunakan metode *Critical Chain*

Management Project (CCPM) dengan menghilangkan *multitasking*, *Student Syndrome*, *Parkinson Law*, dan *As Late As Possible* yang menggunakan pengendali kinerja waktu *Management Buffer*. Perhitungan analisa probabilitas proyek langsung dilakukan pemotongan durasi sebesar 50% dari durasi yang sudah ada (*existing*). Penyusunan jadwal dengan menggunakan metode *Critical Chain Management Project (CCPM)* dan selanjutnya akan di hitung berapa biaya yang dihemat pada penerapan metode *Critical Chain Management Project (CCPM)*, dari metode sebelumnya.

Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini yaitu:

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk menerapkan metode *Critical Chain Project Management* dalam mengendalikan kinerja waktu pada penjadwalan proyek konstruksi
2. Untuk mengetahui durasi optimal setelah dilakukan analisis *Critical Chain Project Managemet* (durasi parkir tertentu).

Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Pengganti Dan Fasilitas di Yonif 661/AWL Kompi Senapan Samarinda, segala aktifitas pekerjaan yang digunakan sebagai obyek pembahasan berdasarkan pada data laporan mingguan dan bulanan serta *Time Schedule* proyek.
2. Penelitian berfokus pada pengendalian waktu pengerjaan proyek pada tahap pelaksanaan proyek dengan menggunakan metode *Critical Chain Project Management*

3. Penelitian ini tidak merencanakan ulang struktur, biaya, desain ataupun arsitektur dari Proyek Proyek Pembangunan Pengganti Dan Fasilitas di Yonif 661/AWL Kompi Senapan Sanarinda
4. Ketersediaan sumber daya pada proyek dianggap tidak ada gangguan

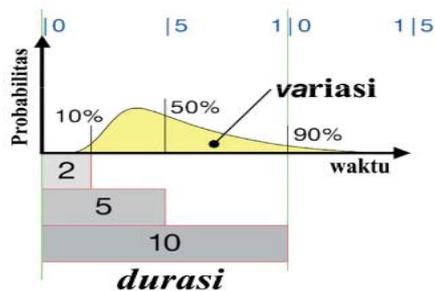
Tinjauan Pustaka

Metode Critical Chain Project Management (CCPM)

Metode Critical Chain Project Management didefinisikan sebagai rantai terpanjang dari kejadian-kejadian yang saling berkaitan, dimana keterkaitan tersebut terletak pada pekerjaan atau sumber daya yang saling berhubungan satu sama lain. Persyaratan dalam metode Critical Chain Project Management ini adalah tidak adanya Multitasking, Student’s Syndrome, Parkinson’s law, As late as possible, menghilangkan hidden safety dan memindahkannya dalam bentuk buffer dibelakang proyek, dan menitik beratkan pada penyelesaian akhir proyek.

1. Estimasi Waktu Pengaman

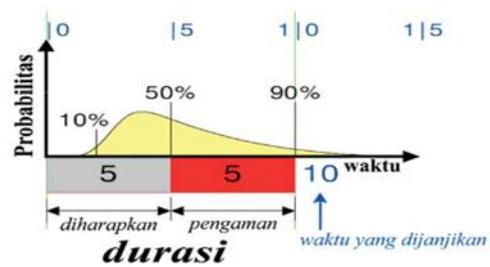
Menurut Kasidi (2008) dalam Leach (2000), Dalam mengestimasi durasi proyek harus didasarkan pada pengalaman perencana, dimana kebanyakan dari perencana penjadwalan cenderung untuk menambahkan durasi keamanan yang tersembunyi ke dalam penilaian-penilaian mereka untuk setiap ketidakpastian pada kinerja actual.



Gambar 1, Estimasi Variasi Pekerjaan (Richard,2003)

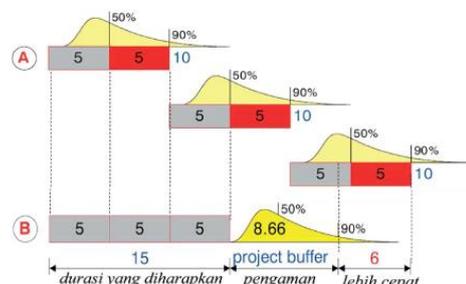
Seperti yang diperlihatkan di dalam Gambar 1 ada kemungkinan 10% menyelesaikan pekerjaan dalam waktu 5 hari, dan kemungkinan

90% menyelesaikan pekerjaan dalam waktu 10 hari. Jika diambil estimasi sembilan diantara sepuluh hari, lalu perkiraan yang diambil tidak 50% kemungkinan waktu yang diharapkan, tetapi 90% kemungkinan waktu yang dijanjikan. Hal inilah yang kemudian orang gunakan ketika diminta untuk mengestimasi suatu pekerjaan



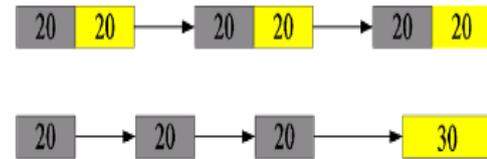
Gambar 2, Pengembangan dari waktu yang dijanjikan(Richard,2003)

Seperti yang diperlihatkan didalam Gambar 2. Untuk memenuhi waktu penyelesaian pekerjaan yang telah dijanjikan, maka seseorang memberi waktu keamanan yang signifikan untuk memberikan perlindungan pada waktu pelaksanaan karena ia harus mempertimbangkan kondisi kerja aktual termasuk banyaknya berbagai pekerjaan mendesak yang akan timbul atau pekerjaan tersebut bisa menjadi lebih sulit dibanding kelihatannya ketika dilakukan, dan untuk mengantisipasi hal-hal yang tidak terduga. Seperti pada umumnya, kebanyakan software penjadwalan memperkirakan 90% kemungkinan waktu yang dijanjikan dan sekitar separuh jangka waktu itu adalah waktu keamanan atau perlindungan untuk memastikan pekerjaan tersebut dapat selesai tepat waktu.



Gambar 3, Perbedaan waktu pengaman pada tiga proyek (Richard,2003)

A) suatu proyek dengan tiga pekerjaan serupa dengan waktu yang dijanjikan 10 hari termasuk keamanan di masing-masing pekerjaan. Manager proyek mencoba untuk memastikan bahwa proyek dapat selesai tepat waktu dengan menjaga setiap pekerjaan agar selesai tepat pada waktunya. (B) penjadwalan yang menggunakan metode *Critical Chain Project Management*



Gambar 4, Contoh perhitungan *buffer* dengan metode C&PM (Leach, 2000).

2. *Student's Syndrome*

Student's Syndrome serupa dengan ketika para siswa diberikan suatu tugas, mereka biasanya memulai mengerjakan tugas tersebut dimenit-menit terakhir, bahkan panjangnya waktu yang diberikan tidak cukup untuk menyelesaikan tugas-tugas tersebut lebih cepat (Leach, 2000)

3. *Parkinson's Law*

Parkinson's Law adalah kecenderungan seorang pekerja untuk menghabiskan waktu pekerjaannya walaupun dia dapat menyelesaikan pekerjaan itu sebelum waktunya. Jika sebuah aktifitas di estimasi untuk mendapatkan durasi yang direncanakan, biasanya dia tidak mengambil lebih sedikit dari durasi tersebut (Leach, 2000).

4. *Multitasking*

Multitasking adalah mengerjakan beberapa pekerjaan dalam waktu yang bersamaan. Pengaruh dari *multitasking* seharusnya dipertimbangkan karena fragmentasi dari sumber daya dan waktu persiapan perelatan akan menyebabkan tugas-tugas menjadi tertunda karena kehilangan konsentrasi.

5. Manajemen *Buffer*

Menurut Kasidi (2008) dalam Harold (2006) Manajemen *Buffer* adalah kunci untuk mengatur aktifitas pada rantai kritis jadwal proyek. Metodologi rantai kritis tidak dapat terlaksana tanpa manajemen *buffer*. Ada tiga macam ketidakpastian waktu aktifitas, ketidakpastian waktu alur, dan ketidakpastian sumber daya (Leach, 2000). Untuk mengatur ketidakpastian di dalam proyek-proyek konstruksi maka digunakan manajemen *buffer* untuk membuat penilaian atas kebutuhan dari *buffer* pada setiap aktifitas.

Di dalam metode *Critical Chain Project Management*, *buffer* ditambahkan pada durasi yang digunakan pada penjadwalan proyek untuk melindungi *critical chain* bagi suksesnya proyek

Buffer yang digunakan di dalam *critical chain* adalah sebagai berikut:

- Project buffer* adalah untuk melindungi waktu penyelesaian akhir proyek dari ketidakpastian jadwal di dalam aktifitas *critical chain*. *Project buffer* ditempatkan pada akhir proyek setelah pekerjaan yang berada di dalam jaringan kritis yang terakhir.
- Feeding buffer* adalah untuk melindungi dan menjaga kinerja aktifitas jaringan *critical chain* dari perubahan karena ketidakpastian jadwal di dalam aktifitas dari jaringan-jaringan yang tidak kritis sehingga tidak mengganggu aktifitas di dalam jaringan kritis dalam hubungan ketergantungan. Hanya ketika 100% dari *feeding buffer* dihabiskan untuk mengerjakan pekerjaan pada rantai yang tidak kritis baru akan berpengaruh pada *critical chain* dan *project buffer*. *Feeding buffer* ditempatkan pada persimpangan (sambungan-sambungan) antara rantai yang tidak kritis dengan *critical chain*

6. Metode Pengukuran *Buffer*

Menurut Herroelen (2001), Terdapat 4 metode pendekatan yang sering digunakan dalam menentukan ukuran *buffer* yang sederhana untuk menentukan ukuran *buffer* proyek dan *feeder buffer* yaitu *Cut and Paste Method* (C&PM juga disebut 50% aturan), *Root Square Error Method* (RSEM), *The Square Root of The Sum of The Squares Method* (SSQ) dan Metode *Bias Plus SSQ*.

a) *Cut and Paste Method* (C&PM)

Aturan perekat yang digunakan untuk menentukan *buffer* proyek dan *feeding buffer* di dalam C&PM pada dasarnya memotong 50% dari durasi untuk semua aktifitas, dan untuk melekatkan *buffer* proyek dengan separuh durasi rantai kritis (*critical chain*) pada akhir rantai,

seperti halnya untuk melekatkan *buffer* pengisi dengan separuh durasi aktifitas ke aktifitas pada jalur yang tidak rantai kritis (*non critical chain*) yang membawa kepada rantai kritis. Metode ini sangat sederhana dalam perhitungan sehingga sering digunakan. Sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 4, dalam rantai kritis dengan 3 aktifitas. Setiap tugas dengan waktu ketidakpastian 20, yang berasal dari pemotongan sebesar 50% dari aktifitas keseluruhan waktu kerja 40, dan *buffer* proyek mempunyai 30 sebagai ukuran *buffer* yang ditambahkan pada akhir rantai kritis yang mempunyai durasi 60.

7. Prosedur *Critical Chain Scheduling*

Menurut Kasidi (2008), Proses utama dalam menerapkan penyangga/*buffer* di dalam proyek-proyek konstruksi adalah:

- 1) Rencanakan jadwal konstruksi menggunakan pendekatan CPM/PDM
- 2) Identifikasi dan estimasi waktu pengaman untuk masing-masing aktifitas
- 3) Potong setengah waktu perkiraan pengerjaan dengan probabilitas 50% dengan menggunakan metode *Cut and Paste* (C&PM) dengan memindahkan waktu pengaman untuk masing-masing aktifitas
- 4) Jadwalkan waktu mulai pelaksanaan awal yang berada pada jalur tidak kritis ke waktu mulai pelaksanaan paling akhir (*As Late As Possible*) dalam hubungan ketergantungan dengan jalur kritis
- 5) Pisahkan sumber daya yang mengalami konflik
- 6) Identifikasi jaringan yang kritis (jaringan yang terpanjang waktu pelaksanaannya) dari kejadian yang saling ketergantungan
- 7) Sisikan *Buffer* Proyek. Masukkan waktu pengaman (*buffer* proyek) separuh waktu pengerjaan proyek yang diambil dari masing-masing pekerjaan rantai kritis
- 8) Tambahkan atau sisipkan *feeding buffer* di suatu jaringan yang tidak kritis pada dalam hubungan ketergantungan dengan jaringan kritis
- 9) Tempatkan atau sisipkan *buffer* sumber daya untuk memastikan aktifitas tersebut ketersediaan sumber daya.

Metodologi Penelitian

Tahapan Penelitian

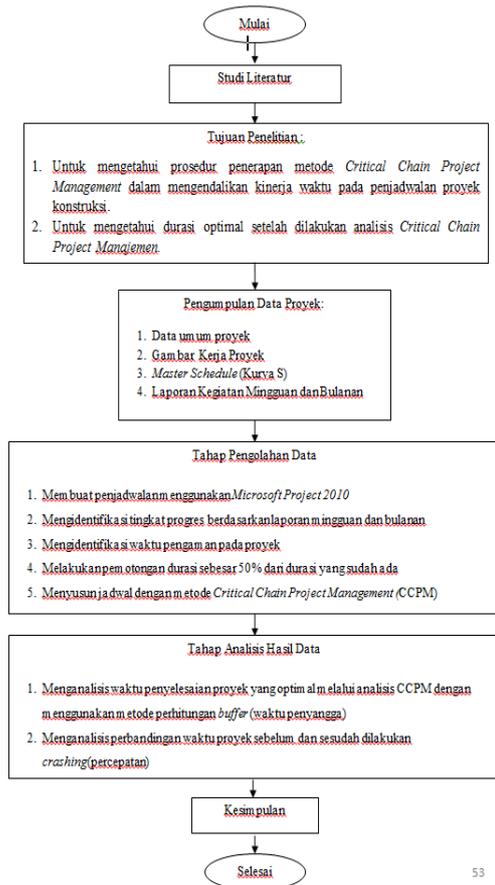
Proses penelitian dalam penelitian ini disusun dalam proses penelitian dalam penelitian ini

disusun dalam tahapan-tahapan pekerjaan dengan beberapa urutan yaitu sebagai berikut:

1. Tahap persiapan, yaitu mencari referensi teori atau studi literatur (Manajemen konstruksi, teknik penjadwalan, Metode *Critical Chain Project Management*)
2. Tahap pengumpulan data, meliputi mencari data umum proyek, *time schedule*, laporan mingguan pada proyek Pembangunan Pengganti Bangunan dan Fasilitas di Yonif 611/AWL Kompi Senapan Samarinda
3. Tahap pengolahan data;
 - 1) Menentukan urutan-urutan hasil pekerjaan, mengetahui durasi tiap pekerjaan berdasarkan data yang diperoleh dari perusahaan.
 - 2) Menyusun *network diagram* dengan menggunakan *software Microsoft Project* untuk mendapatkan deskripsi pekerjaan, durasi pekerjaan dan hubungan antar pekerjaan.
 - 3) Menentukan tingkat *progress* aktual dari pekerjaan menggunakan data laporan mingguan dan laporan bulanan proyek.
 - 4) Menghilangkan waktu pengaman (*hidden safety*) dengan menggunakan 50 probabilitas waktu pelaksanaan untuk menyelesaikan setiap pekerjaan
 - 5) Menghilangkan konflik sumber daya
 - 6) Menentukan jaringan krisis
 - 7) Memindahkan waktu pelaksanaan akhir (*As Late As Possible*)
 - 8) Menentukan pekerjaan-pekerjaan kritis yang kepekaannya paling tinggi terhadap keterlambatan proyek dengan memasukkan *Project Buffer* pada akhir pekerjaan
 - 9) Menentukan aktivitas yang berada pada rantai kritis dari perubahan keterlambatan jaringan tidak kritis dengan memasukkan *Feeding Buffer* antara rantai kritis dan rantai tidak kritis
 - 10) Menjadwalkan ulang waktu pelaksanaan proyek setelah dilakukan pemotongan durasi 50%.
 - 11) Menganalisis perbedaan pada penjadwalan proyek sebelumnya dengan penjadwalan proyek menggunakan metode *Critical Chain Project Management (CCPM)*.

Bagan Alir

Bagan alir penelitian bertujuan untuk menjelaskan langkah-langkah dan urutan-urutan prosedur dari suatu penelitian. Dimulai dari studi pendahuluan dan literatur, perumusan masalah, pengumpulan, pengelolaan, analisis data dan juga kesimpulan suatu penelitian dapat dilihat pada bagan alir dibawah ini.



Gambar 5. Diagram Alir (*Flowchart*) Penyusunan Skripsi

Hasil Dan Pembahasan

Analisis Perhitungan *Earned Value*

1. Menyusun Item, Durasi, dan Hubungan Antar Kegiatan

Berdasarkan diagram balok (*bar chart*) yang didapat, data yang ada kemudian akan diolah menggunakan program *Microsoft Project 2010*. Setelah menyusun uraian pekerjaan, langkah selanjutnya adalah menyusun durasi tiap-tiap

pekerjaan. Untuk membentuk suatu jaringan kerja dengan metode CCPM maka dibutuhkan hubungan keterkaitan antar pekerjaan. Hubungan keterkaitan antar pekerjaan didapatkan dengan melakukan wawancara kepada pelaksana di lapangan, dimana data-data tersebut kemudian diolah menggunakan bantuan program *Microsoft Project 2010*.

Tabel 1. Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan

NO	URAIAN	DURASI NORMAL	HUBUNGAN KETERKAITAN
1	PEKERJAAN PERSIAPAN		
2	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	6 days	-
3	Papan Nama Mako	3 days	2SS
4	PEKERJAAN STRUKTUR		
5	PEK. GALIAN, URUGAN & PANCANG		
6	Galian pondasi pile cap	6 days	2,13SS
7	Urugan kembali bekas galian	3 days	18,19,20,21
8	Urugan pasir dibawah pile cap+Tie Beam	3 days	6,13FS-8 days
9	Urugan Pasir dibawah lantai, t = 0,05 cm	2 days	10FS-1 day
10	Urugan Tanah bawah lantai, dipadatkan	2 days	7
11	Pengadaan pancang beton minipile 20x20 cm	21 days	2FS-4 days
12	Pemancangan beton minipile 20x20 cm	15 days	11FS-11 days
13	Pengelasan Penyambungan tiang pancang	14 days	12FS-13 days
14	Pecah kepala tiang pancang	4 days	8,13FS-2 days
15	PEKERJAAN PONDASI		
16	Lantai kerja pile cap & tie beam t = 5 cm	4 days	8,14
17	Lantai kerja plat lantai dasar t = 5 cm	2 days	9
18	Pile Cap 1 (PC-A)	5 days	16FS-2 days
19	Pile Cap 2 (PC-B)	2 days	18SS
20	Pile Cap 3 (PC-C)	2 days	18SS
21	Kolom Pedestal	1 day	18SS
22	PEKERJAAN BETON BERTULANG		
23	Lantai Satu		
24	Pek. Lisplank Penahan Tanah 10 x 35 cm (Elevasi -0,650)	3 days	17
25	Pek. Tie Beam type TB 25 x 40 cm (Elevasi -0,650)	3 days	17
26	Pek. Kolom type K2 30 x 40 cm(Elevasi -0,650)	2 days	25

27	Pek. Tie Beam type TB 25 x 40 cm (Elevasi -0,050)	4 days	24FS-1 day
28	Pek. Kolom type K2 30 x 40 cm(Elevasi -0,050)	2 days	27
29	Pek. Kolom type K1 30 x 40 cm(Elevasi -0,050)	4 days	27
30	Pek. Balok lantai + Kanopy 10 x 15 cm	3 days	29
31	Pek. Lantai dasar	4 days	27,29FS-2 days
32	Pekerjaan tangga	4 days	31,42FS-1 day
33	Lantai Dua		
34	Pek. Balok type B1 25 x 50 cm	6 days	29
35	Pek. Balok type B1 25 x 50 cm + Lisplank	2 days	29
36	Pek. Balok type B2 25 x 40 cm	4 days	29
37	Pek. Balok type B3 20 x 30 cm	3 days	34FS-2 days
38	Pek. Balok type B3 20 x 30 cm + listplang	2 days	34FS-1 day
39	Pek. Balok type RB1 20 x 40 cm	2 days	43
40	Pek. Balok type RB2 20 x 30 cm	4 days	43
41	Pek. Balok type RB3 10 x 15 cm	3 days	39,40,43
42	Plat lantai	5 days	34,36
43	Pek. Kolom type K2 30 x 40 cm	6 days	34,36,42FS-1 day
44	Pek. Balok lantai + Kanopy 10 x 15 cm	4 days	43
45	PEKERJAAN ATAP		
46	Atap Kanopi Lantai 1		
47	Rangka Atap Baja Ringan	5 days	39,40
48	Atap Genteng Metal	4 days	47
49	Bubungan	3 days	48
50	Listplank Calciplank	3 days	48
51	Atap Lantai 2		
52	Rangka Atap Baja Ringan	7 days	39,40,41,48
53	Atap Genteng Metal	6 days	52
54	Bubungan	3 days	53
55	Listplank Calciplank	3 days	53
56	PEKERJAAN ARSITEKTUR		
57	PEKERJAAN PASANGAN DINDING		

58	Lantai Satu		
59	Pasangan dinding bata camp 1 pc : 4 ps	7 days	62,67
60	Plesteran camp 1 pc : 4 ps	5 days	59FS-4 days
61	Pasangan dinding bata camp 1 pc : 2 ps	5 days	27,29,31,67FS-2 days
62	Plesteran camp 1 pc : 2 ps	3 days	61FS-1 day
63	Acian dinding	7 days	60,62

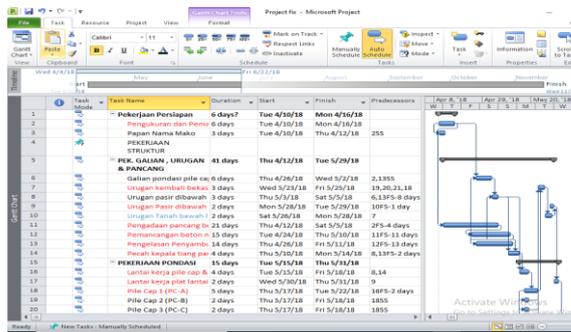
64	Penebalan Dinding Bata pada Kolom Main Entrance	3 days	60
65	Kanopi	4 days	60
66	List ban	3 days	60
67	Kolom praktis dan balok lintel	4 days	27,31,52
68	Lantai Dua		
69	Pasangan dinding bata camp 1 pc : 4 ps	8 days	72,75
70	Plesteran camp 1 pc : 4 ps	6 days	69FS-5 days
71	Pasangan dinding bata camp 1 pc : 2 ps	6 days	34,36,37,42,75 FS-2 days
72	Plesteran camp 1 pc : 2 ps	4 days	71FS-2 days
73	Acian dinding	7 days	72,70FS-4 days
74	Kanopi	3 days	70
75	Kolom praktis dan balok lintel	4 days	34,36,37,60,42
76	PEKERJAAN FINISHING LANTAI DAN DINDING		
77	Lantai Satu		
78	Pasangan lantai Homogeneous Tile 60x60 cm (Polish)	6 days	31,82
79	Pasangan lantai Homogeneous Tile 60x60 cm (Unpolish)	2 days	31,82
80	Pasangan lantai Keramik Tile Toilet 25x25 cm	1 day	31,82
81	Pasangan dinding keramik Tile 25x40 cm	3 days	63,82SS
82	Rabat	3 days	63,70SS,72
83	Plint Kerami 10x40 cm	5 days	78FS-3 days,79,80
84	Batu andesit alur lurus + Coating		
85	Lantai Dua		
86	Pasangan lantai Homogeneous Tile 60x60 cm (Polish)	6 days	87,88
87	Pasangan lantai Keramik Tile Toilet 25x25 cm	2 days	90
88	Pasangan dinding keramik Tile 25x40 cm	2 days	73,90SS,53
89	Plint Kerami 10x40 cm	5 days	86FS-3 days
90	Waterproofing coating toilet	2 days	73,42,53
91	PEKERJAAN KUSEN PINTU DAN JENDELA		
92	Lantai Satu		
93	Pintu type P1	3 days	78,83,89SS
94	Pintu type P2	2 days	78,83,93SS
95	Pintu type P3	5 days	78,83,93SS
96	Jendela type J1	2 days	63,93,94,95
97	Jendela type J2	6 days	63,95,93,94
98	Bouvenlight type BV1	1 day	63,96SS
99	Lantai Dua		

100	Pintu type P1	3 days	86,89
101	Pintu type P2	2 days	86,89
102	Pintu type P4	2 days	86,89
103	Bouvenlight type BV1	2 days	73,105SS
104	Bouvenlight type BV2	2 days	73,105SS
105	Jendela type J2	6 days	100,101,102
106	Jendela type J3	2 days	100,101,102
107	PEKERJAAN PLAFOND		
108	Lantai Satu		
109	Rangka plafond Hollow metal 4x4	6 days	96,97,98
110	Penutup plafond gypsum t = 9 mm	6 days	109FS-3 days
111	Penutup plafond Calsium silikat t= 4 mm	5 days	109FS-3 days
112	Plafond Exposed	4 days	110,111
113	List plafond gypsum	5 days	110,111
114	Lantai Dua		
115	Rangka plafond Hollow metal 4x4	6 days	103,104,105,106
116	Penutup plafond gypsum t = 9 mm	6 days	115
117	Penutup plafond Calsium silikat t= 4 mm	5 days	115
118	List plafond gypsum	5 days	116,117
119	PEKERJAAN PENGECATAN		
120	Lantai Satu		
121	Cat dinding exterior Weathershield	7 days	113,116
122	Cat Kolom exterior Weathershield	3 days	113,116
123	Cat dinding interior	7 days	113,116
124	Cat Plafond Beton Expose	3 days	112,116
125	Cat Plafond	4 days	121,122,123
126	Cat List Plafond	3 days	121,122,123
127	Lantai Dua		
128	Cat dinding exterior Weathershield	7 days	121
129	Cat dinding interior	7 days	123
130	Cat Plafond	4 days	128,129
131	Cat List Plafond	3 days	128,129
132	PEKERJAAN SANITAIR		
133	Lantai Satu		
134	Closet duduk	2 days	135SS,141
135	Floor drain	3 days	121,123,142
136	Kran air 1/2"	2 days	135SS,144
137	Saluran air hujan keliling bangunan	11 days	128,129,138
138	Bak control	3 days	135

139	Septictank (biofill) kapasitas 2,5 m3	4 days	100
140	Pipa PVC AW Ø 4"	2 days	139FS-2 days
141	Pipa PVC AW Ø 3"	2 days	140,105
142	Pipa PVC AW Ø 3/4"	3 days	141
143	Bak Fiber	1 day	136
144	Pipa PVC AW Ø 1"	2 days	142
145	Lantai Dua		
146	Closet duduk	2 days	150,134
147	Floor drain	2 days	151,135
148	Kran air 1/2"	3 days	153,136
149	Pipa PVC AW Ø 4"	3 days	139FS-2 days
150	Pipa PVC AW Ø 3"	3 days	149
151	Pipa PVC AW Ø 3/4"	3 days	150
152	Bak Fiber	1 day	148
153	Pipa PVC AW Ø 1"	2 days	151
154	PEKERJAAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL		
155	INSTALASI & FIXTURES		
156	Lantai Satu		
157	Instalasi penerangan	5 days	109
158	Instalasi Stop Kontak	5 days	109
159	Fixtures & Armatures Lampu	3 days	157,137SS+7 days
160	Fixtures Saklar & Stop kontak	3 days	158,159SS
161	Lantai Dua		
162	Instalasi penerangan	5 days	157
163	Instalasi Stop Kontak	5 days	158
164	Fixtures & Armatures Lampu	3 days	162,159SS
165	Fixtures Saklar & Stop kontak	3 days	163,159SS
166	PENANGKAL PETIR		
167	Penghantar dari kabel coaxial High Voltage	3 days	115
168	Konvensional Tipe	3 days	115

2. Menyusun *Network Diagram* pada Program *Microsoft Project 2010*

Dalam penelitian ini, penyusunan *network diagram* (jaringan kerja) dilakukan dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Project 2010*. Dari hasil pembuatan jaringan kerja yang dilakukan, diperoleh daftar kegiatan kritis yang diperlukan dalam proses analisa selanjutnya. Penyusunan jaringan kerja merupakan langkah awal yang dilakukan dalam metode CCPM.



Gambar 6. Hasil Penginputan data ke Microsoft Project 2010

3. Identifikasi Jalur Kritis pada Time Schedule Rencana

Untuk menentukan jalur kritis, penelitian ini menggunakan perhitungan dengan bantuan program *Microsoft Project 2010* yang berprinsip pada perhitungan *Critical Path Management (CPM)* dan dengan tampilan *bar chart* yang dapat menunjukkan hubungan ketergantungan tiap pekerjaan dan jalur kritis yang tergambar dengan jelas. Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan hasil bahwa jalur kritis yang dihitung menggunakan bantuan program *Microsoft Project 2010* memiliki 41 jalur kritis seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Identifikasi Jalur Kritis

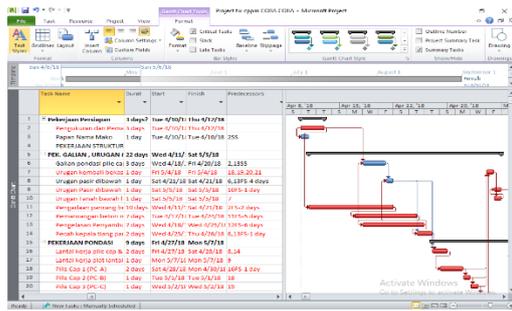
URAIAN	DURASI
Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	6 days
Urugan kembali bekas galian	3 days
Urugan Pasir dibawah lantai, t = 0,05 cm	2 days
Pengadaan pancang beton minipile 20x20 cm	21 days
Pemancangan beton minipile 20x20 cm	15 days
Pengelasan Penyambungan tiang pancang	14 days
Pecah kepala tiang pancang	4 days
Lantai kerja pile cap & tie beam t = 5 cm	4 days
Lantai kerja plat lantai dasar t = 5 cm	2 days
Pile Cap 1 (PC-A)	5 days
Pek. Lisplank Penahan Tanah 10 x 35 cm (Elevasi -0,650)	3 days
Pek. Tie Beam type TB 25 x 40 cm (Elevasi -0,050)	4 days
Pek. Kolom type K1 30 x 40 cm(Elevasi - 0,050)	4 days
Pek. Balok type B1 25 x 50 cm	6 days
Pek. Balok type RB2 20 x 30 cm	4 days
Plat lantai	5 days
Pek. Kolom type K2 30 x 40 cm	6 days
Atap Genteng Metal	4 days
Pasangan dinding bata camp 1 pc : 4 ps	7 days

Pasangan dinding bata camp 1 pc : 2 ps	5 days
Plesteran camp 1 pc : 2 ps	3 days
Kolom praktis dan balok lintel	4 days
Pasangan dinding bata camp 1 pc : 4 ps	8 days
Plesteran camp 1 pc : 4 ps	6 days
Pasangan dinding bata camp 1 pc : 2 ps	6 days
Plesteran camp 1 pc : 2 ps	4 days
Acian dinding	7 days
Kolom praktis dan balok lintel	4 days
Pasangan lantai Homogeneous Tile 60x60 cm (Polish)	6 days
Pasangan lantai Keramik Tile Toilet 25x25 cm	2 days
Plint Kerami 10x40 cm	5 days
Waterproofing coating toilet	2 days
Pintu type P1	3 days
Jendela type J2	6 days
Rangka plafond Hollow metal 4x4	6 days
Penutup plafond gypsum t = 9 mm	6 days
Cat dinding exterior Weathershield	7 days
Cat dinding interior	7 days
Cat dinding exterior Weathershield	7 days
Cat dinding interior	7 days
Saluran air hujan keliling bangunan	11 days

4. Analisis Penerapan Metode Critical Chain Project Management (CCPM)

Dalam mengembangkan jadwal dengan metode CCPM, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menghilangkan waktu pengaman (*hidden safety*) dengan menggunakan 50% probabilitas waktu pelaksanaan untuk menyelesaikan setiap pekerjaan. Pada langkah estimasi 50% probabilitas ini diperlukan kompensasi secara teknis disetiap item pekerjaan sehingga pekerjaan yang dilaksanakan dapat memenuhi syarat teknis yang dibutuhkan. Durasi setiap pekerjaan setelah estimasi 50% probabilitas dapat dilihat pada lampiran Tabel Durasi Pekerjaan Estimasi 50% Probabilitas.

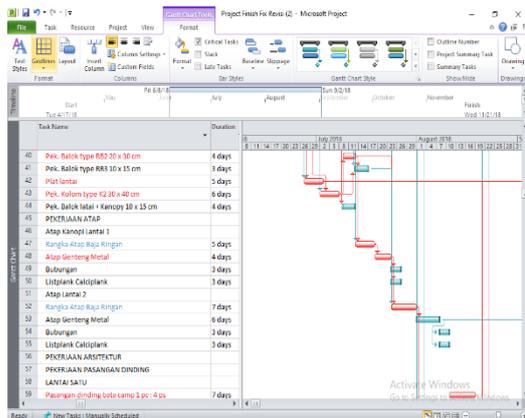
Berdasarkan dari hasil pengolahan data menggunakan metode *Critical Chain Project Management (CCPM)*, waktu optimal didapatkan dengan menghilangkan waktu pengaman dan menggantinya dengan waktu penyangga (*project buffer & feeding buffer*) seperti pada Gambar 7.



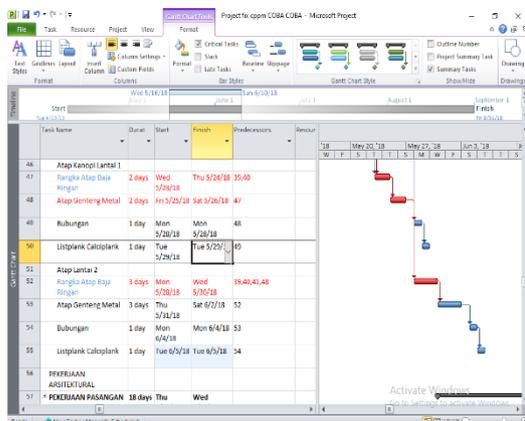
Gambar 7. Hasil Pengolahan Data Menggunakan Metode CCPM

5. Pemecahan Konflik Sumber Daya

Identifikasi sumber daya yang menjadi batasan kapasitas proyek diperlukan untuk menentukan jaringan kerja, sehingga untuk menghindari konflik sumber daya proyek diperlukan pemecahan pemakaian sumber daya yang sama dari tiap-tiap pekerjaan. Pada penelitian ini pemecahan konflik dilakukan pada sumber daya pekerjaanya.



Gambar 8. Identifikasi Sumber Daya



Gambar 9. Pemecahan Konflik yang Telah Dilakukan pada Sumber Daya

6. Identifikasi Jalur Kritis pada Time Schedule Setelah Dilakukan Metode CCPM

Jalur kritis adalah jaringan kerja yang memiliki waktu pelaksanaan pekerjaan terpanjang dari kejadian yang saling ketergantungan. Dari hasil penjadwalan menggunakan metode CCPM, dapat diketahui bahwa proyek dapat terselesaikan dalam waktu 145 hari kerja. Adapun uraian jalur kritis pekerjaan pada proyek pembangunan pengganti bangunan dan fasilitas di Yonif 611/AWL Kompi senapan Samarinda setelah metode CCPM terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Identifikasi Jalur Kritis Setelah Dilakukan dengan Metode CCPM

NO	URAIAN	DURASI
1	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	3 days
2	Urugan kembali bekas galian	1.5 days
3	Urugan Pasir dibawah lantai, t = 0,05 cm	1 days
4	Pengadaan pancang beton minipile 20x20 cm	11.5 days
5	Pemancangan beton minipile 20x20 cm	7.5 days
6	Pengelasan Penyambungan tiang pancang	7 days
7	Pecah kepala tiang pancang	2 days
8	Lantai kerja pile cap & tie beam t = 5 cm	2 days
9	Lantai kerja plat lantai dasar t = 5 cm	1 days
10	Pile Cap 1 (PC-A)	2.5 days
11	Pek. Lisplank Penahan Tanah 10 x 35 cm (Elevasi -0,650)	1.5 days
12	Pek. Tie Beam type TB 25 x 40 cm (Elevasi -0,050)	2 days
13	Pek. Kolom type K1 30 x 40 cm(Elevasi -0,050)	2 days
14	Pek. Balok type B1 25 x 50 cm	3 days
15	Pek. Balok type RB2 20 x 30 cm	2 days
16	Plat lantai	2.5 days
17	Pek. Kolom type K2 30 x 40 cm	3 days
18	Atap Genteng Metal	2 days
19	Pasangan dinding bata camp 1 pc : 4 ps	3.5 days
20	Pasangan dinding bata camp 1 pc : 2 ps	2.5 days
21	Plesteran camp 1 pc : 2 ps	1.5 days
22	Kolom praktis dan balok lintel	2 days
23	Pasangan dinding bata camp 1 pc : 4 ps	4 days
24	Plesteran camp 1 pc : 4 ps	3 days
25	Pasangan dinding bata camp 1 pc : 2 ps	3 days
26	Plesteran camp 1 pc : 2 ps	2 days
27	Acian dinding	3.5 days
28	Kolom praktis dan balok lintel	2 days
29	Pasangan lantai Homogeneous Tile 60x60 cm (Polish)	3 days
30	Pasangan lantai Keramik Tile Toilet 25x25 cm	1 days

31	Plint Kerami 10x40 cm	2.5 days
32	Waterproofing coating toilet	1 days
33	Pintu type P1	1.5 days
34	Jendela type J2	3 days
35	Rangka plafond Hollow metal 4x4	3 days
36	Penutup plafond gypsum t = 9 mm	3 days
37	Cat dinding exterior Weathershield	3.5 days
38	Cat dinding interior	3.5 days
39	Cat dinding exterior Weathershield	3.5 days
40	Cat dinding interior	3.5 days
41	Saluran air hujan keliling bangunan	5.5 days
	JUMLAH	121.5 days

7. As Late as Possible

Langkah selanjutnya adalah menjadwalkan semua pekerjaan yang tidak berada didalam jalur kritis dengan waktu mulai paling awal (*as soon as possible*) ke waktu pelaksanaan akhir (*as late as possible*) dengan mempertimbangkan hubungan ketergantungan tiap pekerjaan dengan pekerjaan yang terdapat pada jalur kritis.

8. Feeding Buffer dan Project Buffer

Setelah dilakukan identifikasi jalur kritis maka langkah selanjutnya adalah melindungi pekerjaan kritis (*critical chain*) yang merupakan pekerjaan-pekerjaan yang berpengaruh terhadap keterlambatan proyek. Untuk melindungi proyek dari keterlambatan maka perlu dimasukkan *project buffer* pada akhir rantai kritis. Perhitungan besar *project buffer* dihitung menggunakan metode C&PM yaitu 50% dari waktu keseluruhan pelaksanaan proyek pada pekerjaan yang berada pada jalur kritis.

$$Project\ Buffer = 50\% \times \text{Jumlah Durasi Pekerjaan Kritis}$$

Sehingga didapat perhitungan:

$$Project\ Buffer = 50\% \times \text{Jumlah Durasi Pekerjaan Kritis} = 50\% \times 121,5\ hari = 60,75\ hari$$



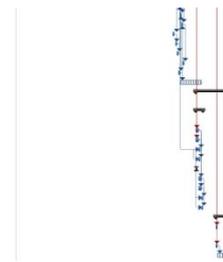
Selanjutnya menentukan *feeding buffer* yang ditempatkan pada persimpangan antara rantai yang tidak kritis dengan rantai kritis. Besarnya *feeding buffer* sama dengan perhitungan *project buffer*, dimana besarnya adalah 50% dari waktu keseluruhan pelaksanaan pekerjaan tidak kritis.

$$Feeding\ Buffer = 50\% \times \text{Jumlah Durasi Pekerjaan Non-kritis}$$

Sehingga didapat perhitungan:

$$Feeding\ Buffer_{pekerjaan\ beton} = 50\% \times \text{Jumlah Durasi Pekerjaan Non-kritis} = 50\% \times 18\ hari = 8\ hari$$

354	Floor drain	1 day	Thu 8/13/18	Thu 8/13/18
355	Kran air 1/2"	1 day	Fri 8/13/18	Fri 8/13/18
356	Pipa PVC AW Ø 4"	1 day	Sat 8/14/18	Sat 8/14/18
357	Pipa PVC AW Ø 3"	1 day	Mon 8/13/18	Mon 8/13/18
358	Pipa PVC AW Ø 1/2"	1 day	Tue 8/13/18	Tue 8/13/18
359	Bak Fiber	1 day	Sat 8/11/18	Sat 8/11/18
360	Pipa PVC AW Ø 1"	1 day	Wed 8/12/18	Wed 8/12/18
361	Feeding Buffer	13 days	Thu 8/13/18	Thu 8/23/18
362	PEKERJAAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL	20	Mon	Tue
363	INSTALASI & FITURES	5 days	Mon 8/20/18	Fri 8/24/18
364	Lantai Siku	2 days	Mon 8/20/18	Tue 8/21/18
365	Instalasi Stop Kontak	2 days	Mon 8/20/18	Tue 8/21/18
366	Fiturasi & Aransurasi Lampu	1 day	Wed 8/22/18	Wed 8/22/18
367	Fiturasi Saklar & Stop kontak	1 day	Wed 8/22/18	Wed 8/22/18
368	Lantai Datar	1 day	Mon 8/20/18	Mon 8/20/18
369	Instalasi penenerangan	2 days	Wed 8/22/18	Thu 8/23/18
370	Instalasi Stop Kontak	2 days	Wed 8/22/18	Thu 8/23/18
371	Fiturasi & Aransurasi Lampu	1 day	Fri 8/24/18	Fri 8/24/18
372	Fiturasi Saklar & Stop kontak	1 day	Fri 8/24/18	Fri 8/24/18
373	PEKERJAAN PEJIRAN	8 days	Mon 8/13/18	Tue 8/14/18
374	Pengalihan dari kabel coaxial	1 day	Mon	Mon
375	High Voltage	1 day	8/13/18	8/13/18
376	Konvensional Tipe	1 day	Mon 8/13/18	Mon 8/13/18
377	Feeding Buffer	7 days	Tue 8/14/18	Tue 8/14/18



Gambar 11. Memasukan *Feeding Buffer* di Akhir Lintasan Non-Kritis

9. Analisis Buffer

Buffer di dalam hasil dari pengembangan penjadwalan adalah sebagai berikut:

- 1) *Feeding buffer* pada kegiatan pendahuan: 0,5 hari
- 2) *Feeding buffer* pada kegiatan galian dan urukan: 2 hari
- 3) *Feeding buffer* pada kegiatan beton bertulang: 8 hari
- 4) *Feeding buffer* pada kegiatan atap : 3,5 hari
- 5) *Feeding buffer* pada kegiatan pekerjaan arsitektur: 6,5 hari
- 6) *Feeding buffer* pada kegiatan pekerjaan kusen : 2 hari
- 7) *Feeding buffer* pada kegiatan pekerjaan saniter: 12,5 hari
- 8) *Feeding buffer* pada kegiatan pekerjaan elektrik: 7 hari
- 9) *Project buffer*: 60.75 hari

10. Pembahasan

Dari hasil perhitungan pengerjaan proyek pembangunan pengganti bangunan dan fasilitas di Yonif 611/AWL Kompi senapan Samarinda sebelumnya dikerjakan selama 219 hari, sedangkan perhitungan dengan menggunakan metode CCPM dihasilkan penyelesaian proyek pembangunan pengganti bangunan dan fasilitas di Yonif 611/AWL Kompi senapan Samarinda dalam waktu 206 hari kerja. Maka dapat disimpulkan perbedaan waktu pengerjaan pembangunan pengganti bangunan dan fasilitas di Yonif 611/AWL Kompi senapan Samarinda adalah sebesar 13 hari atau 5,9 % lebih cepat dibandingkan dengan durasi rencana proyek.

Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan data serta hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) dapat dilakukan dengan menggunakan metode *cut and paste* yaitu memotong durasi pekerjaan sebanyak 50% dan kemudian menyisipkan waktu kerja *buffer* pada akhir pekerjaan jalur kritis yang menjadi acuan suatu proyek.
2. Durasi yang diperoleh setelah dilakukan analisis dengan metode *Critical Chain Project Management* yang mulanya 219 hari kerja dengan alternatif pemotongan durasi sebesar 50% dan penambahan *buffer* maka diperoleh hasil durasi optimum yaitu 206 hari kerja dengan tidak memperbolehkan adanya *Multitasking* dan *Parkinson Law*.

Saran

1. Pada penelitian selanjutnya, dapat dilakukan perbandingan dengan program atau metode penjadwalan yang lain, sehingga dapat diketahui mana yang lebih efektif digunakan dalam metode penjadwalan.
2. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi perusahaan dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan kebijakan

pelaksanaan proyek dan juga sebagai bahan acuan dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya dalam ilmu manajemen operasional yang dapat digunakan sebagai bahan kajian untuk penelitian yang akan datang.

Daftar Pustaka

1. A. Rani, Hafnidar. 2016. Manajemen Proyek Konstruksi. Cetakan Pertama. Deepublish, Sleman.
2. Artika, Dian, 2014, Penerapan Metode Lean Project Management dalam Proyek Konstruksi pada Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Ogan Ilir, Jurnal Tugas Akhir, Bukit Besar Palembang: Universitas Sriwijaya
3. Aulady, Mohammad, 2016, Perbandingan Durasi Waktu Proyek Konstruksi Antara Metode Critical Path Method (CPM) dengan Metode Critical Chain Project Management (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Apartemen Menara Rungkut), Jurnal IPTEK, Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama
4. Dipohusodo, I, 1996, Manajemen Proyek & Konstruksi – Jilid II, Yogyakarta: Kanisius
5. Eliyahu M. Goldratt, 1997, Critical Chain, Great Barrington, MA: The North River Press.
6. Kasidi, Darwin, 2008, Penerapan Metode Critical Chain Project Management Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi. (Studi kasus : proyek Sudirman tower), Jurnal Tugas Akhir, Jakarta : Universitas Indonesia
7. Laksamana, Indra, 2011, Analisis Penjadwalan Proyek Fiber Optik Telekomunikasi dengan Metode Critical Chain, Tugas Akhir, Jakarta: Universitas Indonesia
8. Leach L.P, 2000, Critical Chain Project Management, Artech House Inc, Boston
9. Nasution, Siti Rohana, 2014, Penerapan Metode Critical Chain Project Management untuk Perencanaan Proyek Very Low Pressure Phase-II KEI Ltd, Jurnal Teknologi Technoscintia, Jakarta: Universitas Pancasila
10. Nurhayati, 2010, Manajemen Proyek, Yogyakarta: Graha Ilmu.
11. Ramanda, R., Arvianto, A. Penerapan Critical Chain Management untuk Mengatasi Masalah Multi Proyek dengan

- Keterbatasan Resource di PT. Berkat Manunggal Jaya. Jurnal Program Studi Teknik Industri Universitas Diponegoro, hal 3-4. Fakultas Bisnis dan Manajemen. Universitas Widyatama.
12. Richard E. Zultner, 2003, Getting Projects Out of Your System: A Critical Chain Primer, Cutter IT Journal, Vol. 16
 13. Santosa, Budi. 2009. Manajemen Proyek (Konsep & Implementasi). Edisi Pertama, Cetakan 1. Graha ilmu, Yogyakarta
 14. Santoso, Teguh, 2007, "Modul Aplikasi Program MS Project", Surabaya
 15. Soeharto, Iman, 1995, "Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) – Jilid 2", Jakarta, Erlangga