

TUGAS AKHIR

OPTIMASI PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT (CCPM)* OPTIMIZATION PROJECT SCHEDULING WITH *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT METHOD*

(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Lab. Kimia FMIPA UII)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Fikrian Fadillah
18511236**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

OPTIMASI PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT (CCPM)*

OPTIMIZATION PROJECT SCHEDULING WITH CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT METHOD

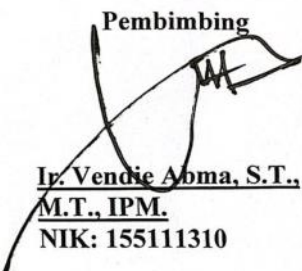
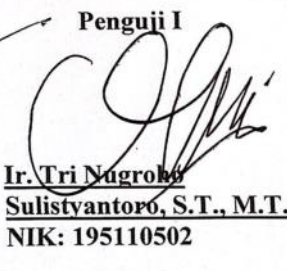
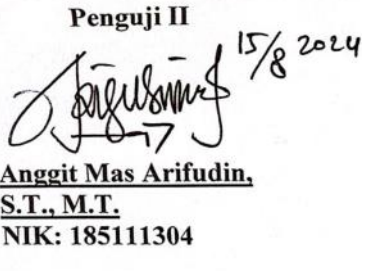
Disusun oleh



Fikrian Fadillah
18511236

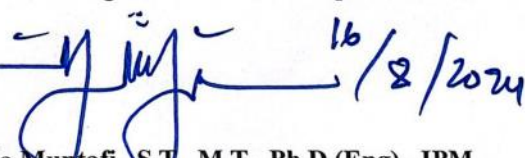
Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 27 Juni 2024
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
		
Ir. Vendie Abma, S.T., M.T., IPM.	Ir. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T.	Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.
NIK: 155111310	NIK: 195110502	NIK: 185111304



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

 16/8/2024
Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D (Eng)., IPM.
NIK: 695110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan sepuh hati, saya menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir yang saya hasilkan sebagai persyaratan kelulusan dalam Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia merupakan karya orisinal dari diri saya sendiri. Saya ingin menegaskan bahwa segala kutipan dan referensi yang digunakan dari karya orang lain telah disajikan dengan transparan sesuai standar, norma, dan etika penulisan ilmiah. Saya memahami bahwa apabila terdapat bukti bahwa keseluruhan atau sebagian dari karya ini bukan merupakan hasil karya saya atau terdapat plagiarisme pada bagian tertentu, saya siap menerima konsekuensi, termasuk sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku, termasuk kemungkinan pencabutan gelar akademik yang telah saya peroleh.

Yogyakarta, 27 Juni 2024

Yang membuat pernyataan

Fikrian Fadillah

(18511236)

HALAMAN DEDIKASI

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada orang – orang yang saya kasihi dan sayangi berikut ini:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Afrizal dan Ibu Indahwati yang telah memberikan dukungan yang sangat besar baik dari segi materi maupun psikis penulis. Terima kasih atas segala *support* doa, motivasi, serta kepercayaan yang telah diberikan. *Thank you so much.*
2. Herry Prima Saputra, selaku kakak penulis yang selalu senantiasa memberikan motivasi serta arahan untuk tetap semangat mengerjakan skripsi ini. Sehingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. *Thank you brother.*
3. Yulia Agustin, selaku kakak penulis yang selalu memberikan *support* terhadap psikis penulis untuk selalu positif serta tidak patah semangat dalam menyelesaikan skripsi ini. *Thank you sister.*
4. Aprilia Dewi Anggraeni Chairunnisa, selaku *support system* penulis yang senantiasa mendampingi serta membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini. *Thank you.*
5. *The last one*, kepada diri sendiri yang telah berjuang dan tetap bertahan selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah bertahan untuk kesekian kalinya ditengah rasa ingin mundur dan menyerah, terimakasih telah bertahan sejauh ini. *Insyaallah* semua hal yang telah dilalui akan memberikan dampak positif bagi karir kedepannya. Aamiin.

ABSTRAK

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi dibutuhkan analisis yang baik pada tahap perencanaan dan penjadwalan dikarenakan outputnya yang dijadikan sebagai acuan dalam pelaksanaan dan menjadi point penting dalam keberhasilan proyek. Masalah yang kerap muncul adalah adanya ketidaksesuaian antara beban dan kapasitas pekerjaan dalam perencanaan serta alokasi waktu pengaman yang terlalu banyak menjadikan perencanaan proyek saat ini menjadi kurang baik.

Metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) dinilai mampu mengatasi permasalahan pada perencanaan konvensional dengan mengganti asumsi waktu pengaman berlebih ke dalam waktu *buffer* dengan cara memotong 30% waktu setiap pekerjaan dan mengurangi adanya multitasking untuk manajemen sumber daya yang lebih baik. Penelitian ini menggunakan metode CCPM dalam upaya mengoptimasi durasi perencanaan yang dilakukan secara konvensional pada proyek pembangunan gedung.

Berdasarkan analisis yang dilakukan, metode CCPM mampu mengoptimasi durasi awal proyek yang berjumlah 130 hari menjadi 112 hari kerja dengan catatan menggunakan seluruh waktu *buffer* yang tersedia. Adapun, hal ini menunjukkan CCPM mampu memberikan perkiraan durasi pengerjaan yang lebih singkat dengan alokasi sumber daya yang lebih merata.

Kata Kunci: Manajemen proyek, Penjadwalan, CCPM, *Buffer*.

ABSTRACT

In the implementation of construction projects, good analysis is needed at the planning and scheduling stages because the output is used as a reference in implementation and becomes an important point in the success of the project. The problem that often arises is the mismatch between the workload and capacity in planning and the allocation of too much safety time makes current project planning unfavorable.

The Critical Chain Project Management (CCPM) method is considered capable of overcoming problems in conventional planning by replacing the assumption of excess safety time into buffer time by cutting 30% of the time of each work and reducing multitasking for better resource management. This research uses the CCPM method in an effort to optimize the duration of conventional planning in building construction projects.

Based on the analysis conducted, the CCPM method was able to optimize the initial project duration of 130 days to 112 working days with a record of using all available buffer time. Meanwhile, this shows that CCPM is able to provide an estimate of a shorter duration of work with a more equitable allocation of resources.

Keywords: *Project Management, Scheduling, CCPM, Buffer.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Optimasi Penjadwalan Proyek dengan Metode Critical Chain Project Management (CCPM)*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu (S1), pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Banyak kendala yang dihadapi selama proses penyelesaian laporan tugas akhir ini, namun penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Karena itu, dengan rasa syukur penulis menyampaikan terima kasih dan permohonan maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang terkait, yaitu:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D (Eng)., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Vendie Abma, S.T., M.T. IPM. selaku Dosen Pembimbing yang dengan baik hati meluangkan waktunya untuk membimbing, menasehati, dan memotivasi serta memberikan arahan terkait perkembangan yang sangat bermanfaat bagi proses penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Ir. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T. yang telah memberikan tambahan ilmu dan saran-saran yang membangun selama penyampaian hasil laporan akhir ini.
4. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T. yang telah memberikan tambahan ilmu dan saran-saran yang membangun selama penyampaian hasil laporan akhir ini.
5. Ayah dan Ibu penulis yang telah senantiasa berdoa dan memberikan semangat serta support material yang begitu besar sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari penulisan ataupun penyajian materi laporan. Maka dari itu, besar harapan penulis agar pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang

membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat menjadi tambahan bacaan dan dapat memberikan manfaat bagi tambahan pengetahuan pembaca. Sekian dan terima kasih.

Yogyakarta, 27 Juni 2024

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Fikrian', enclosed within a large, stylized, handwritten letter 'F'.

Fikrian Fadillah

18511236

DAFTAR ISI

JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN DEDIKASI	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Penelitian	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum	4
2.2 Penelitian Terdahulu	4
2.3 Keaslian Penelitian	5
BAB III LANDASAN TEORI	9
3.1 Landasan Teori	9

3.2	Penjadwalan Proyek	9
3.3	Jenis-Jenis Penjadwalan	11
3.4	<i>Critical Chain Project Management (CCPM)</i>	12
3.4.1	Penggunaan CCPM dalam Proyek	14
3.4.2	Keunggulan Metode CCPM	15
3.4.3	Faktor Penghambat Produktivitas	16
3.4.4	Faktor Penyusun CCPM	17
3.4.5	Manajemen <i>Buffer</i>	18
3.4.6	Prosedur <i>Critical Chain Scheduling</i>	21
3.5	Jenis Aktivitas	22
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		24
4.1	Objek dan Subjek Penelitian	24
4.2	Metode Pengambilan Data	24
4.3	Metode Pengolahan Data	24
4.4	Tata Urutan Pekerjaan	25
4.5	Bagan Alir Diagram Penelitian	26
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		29
5.1	Objek Penelitian	29
5.2	Analisis Data Awal Proyek	30
5.3	Analisis Penjadwalan Dengan CCPM	36
5.3.1	Penjadwalan Ulang Metode CCPM	36
5.3.2	Perhitungan Alokasi Waktu <i>Buffer</i>	39
5.4	Pembahasan	48
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		53
6.1	Kesimpulan	53
6.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		54
LAMPIRAN		57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Manajemen <i>Buffer</i>	13
Gambar 3.2 Diagram Jaringan <i>Buffer</i>	14
Gambar 3.3 Estimasi Variasi Pekerjaan	17
Gambar 3.4 Pengembangan Waktu Rencana	17
Gambar 3.5 Perbedaan Waktu Pengaman	18
Gambar 3.6 Ilustrasi Manajemen <i>Buffer</i>	19
Gambar 3.7 Perhitungan <i>Buffer</i> Metode C&PM	20
Gambar 3.8 Pembagian Zona <i>Buffer</i>	21
Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 5.1 <i>Site Plan</i> & Gambar Teknis Proyek	29
Gambar 5.2 Penjadwalan Awal Proyek	30
Gambar 5.3 Pengolahan Data Durasi Menggunakan Ms. Excel	32
Gambar 5.4 Tabel Data Tenaga Kerja	33
Gambar 5.5 <i>Input</i> Data Tenaga Kerja	33
Gambar 5.6 Hubungan Pekerjaan Pada Ms. <i>Project</i>	34
Gambar 5.7 Detail Hubungan Pekerjaan	34
Gambar 5.8 Bentuk Sebagian Jaringan Kerja <i>Existing</i>	36
Gambar 5.9 Jadwal Setelah Potongan 30% Durasi	37
Gambar 5.10 Sumber Daya yang Mengalami Konflik (<i>Overallocated</i>)	38
Gambar 5.11 Penyesuaian Pekerjaan yang Mengalami Konflik	38
Gambar 5.12 <i>Input Feeding Buffer</i>	41
Gambar 5.13 <i>Input Project Buffer</i>	43
Gambar 5.14 <i>Network Diagram</i> CCPM	46
Gambar 5.15 Data Jumlah Tenaga Kerja <i>Existing</i>	47
Gambar 5.16 Data Jumlah Tenaga Kerja CCPM	47
Gambar 5.17 Durasi Rencana Pekerjaan Tangga s/d +4.75	49
Gambar 5.18 Durasi Penyesuaian Tangga s/d +4.75	49
Gambar 5.19 Data Rencana Penjadwalan	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	6
Tabel 5.1 Hubungan Pekerjaan	31
Tabel 5.2 Data Susunan Kegiatan	35
Tabel 5.3 Perhitungan <i>Feeding Buffer</i>	40
Tabel 5.4 Pekerjaan Non Kritis	41
Tabel 5.5 Perhitungan <i>Project Buffer</i>	42
Tabel 5.6 Zona Konsumsi Waktu <i>Buffer</i>	44
Tabel 5.7 Zona Konsumsi Waktu <i>Buffer</i> (2)	45
Tabel 5.8 Data Penjadwalan CCPM	45
Tabel 5.8 Lanjutan Data Penjadwalan CCPM	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Hubungan Kegiatan Antar Pekerjaan	58
Lampiran 2. Identifikasi Jalur Kritis Metode CCPM	67
Lampiran 3. Kurva S Proyek	68
Lampiran 4. Gambar Teknis POT 1	68
Lampiran 5. Gambar Teknis POT 2	68
Lampiran 6. Validasi Data Hubungan Antar pekerjaan (minggu)	68
Lampiran 7. Validasi Data Hubungan Antar pekerjaan (hari)	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan yang unik, sementara, terbatas waktu dan membutuhkan sumber daya. Dalam melaksanakan proyek konstruksi dibutuhkan analisis yang baik pada tahap perencanaan dikarenakan hasil yang diperoleh menjadi faktor penting dalam keberhasilan proyek (Sugiyanto dan Insan, 2022). Adapun pelaksanaannya mengacu pada penjadwalan yang telah direncanakan sebelumnya, dimana penjadwalan juga digunakan sebagai informasi perkembangan proyek (Putri, 2020). Perencanaan terhadap penjadwalan dan sumber daya yang disusun haruslah dibuat secara detail dan tepat kelola agar tercapainya proyek konstruksi yang tepat mutu, tepat biaya dan tepat waktu (Mahyuddin dkk., 2023). Masalah yang kerap muncul adalah adanya ketidaksesuaian antara rencana awal dengan realisasi yang terjadi pada saat pelaksanaan proyek. Oleh karena itu perencanaan, pelaksanaan serta pengendalian jasa konstruksi harus diatur sesuai dengan ketersediaan sumber daya yang ada (Sugiyanto, 2021).

Berbagai pilihan terhadap metode penjadwalan saat ini menjadikan proses perencanaan menjadi lebih fleksibel menyesuaikan dengan kondisi proyek yang dikerjakan. Salah satu metode penjadwalan yang mampu mengoptimalkan perencanaan proyek adalah metode *Critical Chain Project Management (CCPM)*. Goldratt menyatakan bahwa CCPM merupakan metode yang dikerjakan dengan menghilangkan penambahan waktu *safety time* yang berlebihan, *multitasking*, *parkinson's law*, dan *student syndrome* dalam pelaksanaan proyek konstruksi (Nurfitransyah dkk., 2019). Adapun salah satu faktor penyebab keterlambatan adalah perencanaan dan penjadwalan tidak efektif oleh kontraktor. Salah satu usaha untuk mengantisipasi keterlambatan durasi kegiatan konstruksi adalah dengan melakukan optimasi durasi kegiatan (Akhund dkk., 2017). CCPM hadir berdasarkan keinginan untuk mengatasi kekurangan dari sistem konvensional yang dirasa menjadikan penjadwalan menjadi tidak efektif karena perkiraan tugas yang

Pdidasarkan pada tebakan waktu pekerjaan berakibat pada penambahan durasi yang berlebih dan tanpa mempertimbangkan ketersediaan sumber daya (Sugiyanto, 2021). Hal tersebut menjadikan dibutuhkan *planning* yang dapat mengontrol penggunaan sumber daya agar tepat sasaran (Mahapati, 2019) .

Berdasarkan latar belakang yang telah disusun, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hasil optimasi yang mampu diberikan oleh penjadwalan CCPM dengan hasil *output* berupa pengurangan waktu durasi dan manajemen sumber daya dari suatu proyek konstruksi yang masih menggunakan metode konvensional (*Bar chart*). Studi kasus yang dilakukan menggunakan pembangunan proyek gedung Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Islam Indonesia sebagai objek penelitian.

1.2 Rumusan Penelitian

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, rumusan masalah yang akan diangkat adalah berapa durasi penjadwalan optimal dengan metode CCPM?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari latar belakang dan rumusan masalah yang diangkat, tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan total durasi optimal dengan metode CCPM.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, manfaat yang ingin diberikan adalah sebagai berikut.

1. Bagi penulis, penelitian ini dapat memberikan tambahan informasi secara lebih detail mengenai penjadwalan dengan metode CCPM.
2. Bagi jasa konstruksi, penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan terhadap pemilihan metode penjadwalan bagi proyek-proyek selanjutnya, dikarenakan penjadwalan CCPM yang mampu meningkatkan produktivitas proyek.
3. Bagi institut, diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengembangan ilmu manajemen konstruksi khususnya di bidang Teknik Sipil dalam penerapan metode CCPM, khususnya bagi akademisi yang ingin mengetahui bagaimana penjadwalan dengan metode CCPM.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian dibutuhkan guna memberikan arah bagi penelitian ini agar dapat terfokus pada suatu pokok bahasan yang akan menjadi tujuan dari penelitian ini. Adapun, pendekatan batasan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Lab. Kimia FMIPA, aktivitas pekerjaan yang dibahas berdasarkan pada data *Time Schedule* proyek.
2. Rekayasa perencanaan yang dilakukan terbatas pada pekerjaan struktur pondasi hingga pekerjaan plat atap.
3. Penelitian ini tidak merencanakan ulang struktur, biaya, maupun desain arsitektur.
4. Ketersediaan sumber daya pada proyek dianggap tidak mengalami gangguan.
5. Penelitian dilakukan terbatas di tahap perencanaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Manajemen Konstruksi merupakan cabang ilmu dalam bidang ketekniksipilan yang berfokus pada cara pengelolaan dan sistem dalam menjalankan suatu proyek konstruksi.

CCPM merupakan sistem perencanaan proyek yang dikembangkan oleh Goldratt pada tahun 1997 yang berfokus pada aktivitas manajemen terhadap sumber daya yang diperlukan dalam melaksanakan tugasnya. Tujuan dari metode ini adalah meningkatkan tingkat penyelesaian proyek dengan cara mereduksi perilaku buruk manusia yang dapat menurunkan tingkat produktivitas proyek (Nugroho dan Suroso, 2023). Metode ini didasarkan pada algoritma yang diturunkan dari *Theory of Constraints* dan merupakan pengembangan dari metode CPM karena memiliki pengembangan di bagian perencanaan waktu tambah sebagai langkah antisipasi adanya keterlambatan. CCPM menghilangkan penambahan waktu tambah di setiap pekerjaan karena di nilai menambah waktu durasi yang mengakibatkan adanya sikap menunda dari pekerja dan tidak efisien. CCPM menggunakan *buffer* sebagai langkah antisipasi untuk mengamankan proyek dari ketidakpastian (keterlambatan).

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait penjadwalan proyek dengan metode CCPM telah dilakukan sebelumnya oleh (Nurfitriansyah dkk., 2019), (Pardeshi dkk., 2020), (Sinaga dan Husin, 2021), dan (Tampubolon dkk., 2021),

Nurfitriansyah dkk., (2019), melakukan penelitian terkait pengaplikasian metode *lean project management* dan penjadwalan CCPM dalam perencanaan proyek konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan cara yang paling efektif untuk mengelola proyek dari terjadinya pemborosan sumber daya yang tidak memiliki nilai tambah atau *waste*. Jadwal proyek dibuat menggunakan metode CCPM berupa penentuan *critical chain* dan pemotongan *safety time* yang diganti dengan *buffer* untuk menghindari terjadinya *student's syndrome* serta

penanggulan terjadinya keterlambatan proyek dengan menambah jumlah tenaga kerja dan mempersiapkan cadangan vendor yang kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan penjadwalan asli proyek. Perkiraan durasi proyek dapat dipersingkat dengan menghilangkan semua pemborosan jika metode jalur kritis digunakan.

Pardeshi dkk., (2020), melakukan penelitian terkait pendekatan implementasi metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) pada proyek perumahan tempat tinggal. Pada penelitian ini, analisis data menggunakan *Cut&Paste Method* dan dipantau dengan *Fever Chart*. Kemudian, penelitian ini berfokus pada penentuan urutan pekerjaan yang menjadi prioritas untuk menghindari adanya penundaan akibat keterbatasan sumber daya dan pemantauan konsumsi *buffer* dengan menggunakan *fever chart*.

Sinaga dan Husin, (2021), melakukan penelitian terkait analisis efisiensi waktu dengan metode CCPM dan BIM pada proyek *basement high rise building*. Penelitian ini melakukan analisis optimasi waktu proyek dengan menggunakan metode CCPM dan dikombinasikan dengan pemodelan BIM sebagai *output*-nya. Kemudian, didapatkan hasil pengurangan durasi pengerjaan proyek *basement* sebesar 139 hari kerja.

Dzulfitro Tampubolon dkk., (2021), melakukan penelitian terkait dengan percobaan menggunakan metode *Critical Chain Project Management* (CCPM) ke dalam penjadwalan proyek pembangunan pengganti dan fasilitas yonif 661. Adapun, tujuan dari penelitian ini menghilangkan adanya alokasi waktu *safety time* di setiap pekerjaan dan menggantinya menggunakan sistem *buffer*. Pada penelitian ini penjadwalan dibuat ulang dengan memasukkan unsur *buffer* di akhir jalur kritis dan melakukan asumsi tidak adanya hambatan pada alokasi sumber daya proyek.

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian yang dilakukan berupa komparasi metode penjadwalan menggunakan *Critical Chain Project Management* pada suatu pekerjaan dalam kegiatan proyek. Adapun perbedaan dengan penelitian terdahulu terangkum dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Substansi Penelitian
1.	<i>Mengaplikasikan Metode Lean Project Management dan Metode Penjadwalan CCPM Dalam Tahap Perencanaan Proyek Konstruksi</i>	Nurfitriansyah dkk., (2019)	Mengetahui hasil penjadwalan proyek dengan metode CCPM dalam mengurangi <i>waste project</i> .	a. CCPM b. LPM	a. Penelitian berfokus pada rekayasa penjadwalan jika menggunakan metode CCPM dalam mengurangi <i>waste</i> dan tundaan. b. Pengambilan data melalui wawancara, kuesioner, dan observasi langsung (LPM) dan data penjadwalan proyek (CCPM).
2.	<i>The Approach of Critical Chain Project Management in Residential Construction Project</i>	Pardeshi dkk., (2020)	Mengetahui perbandingan penjadwalan CPM dibanding dengan CCPM serta bagaimana pendekatan CCPM dalam proyek.	CCPM	a. Penelitian berfokus pada pendekatan implementasi metode <i>Critical Chain Project Management</i> (CCPM) pada proyek perumahan tempat tinggal jika dibandingkan dengan metode CPM. b. Pengambilan data berdasarkan data aktivitas proyek eksisting dan Observasi lapangan.
3.	<i>Analisis Efisiensi Waktu dengan Metode CCPM dan BIM dalam Proyek Konstruksi Pembangunan Basement Bangunan Tempat Tinggal Bertingkat Tinggi</i>	Sinaga dan Husin, (2021)	Menerapkan metode CCPM dan permodelan BIM 4D terhadap efisiensi waktu perencanaan proyek.	a. CCPM b. BIM 4D	a. Penelitian berfokus pada optimasi waktu proyek dengan metode CCPM dan BIM pada proyek basement high rise building. b. Pengambilan data berdasarkan data aktivitas proyek eksisting.

Tabel 2.1 Lanjutan Penelitian Terdahulu

4.	<i>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)</i>	Tampubolon dkk., (2021)	Mengetahui penerapan metode CCPM terhadap pengendalian kinerja waktu penjadwalan proyek	CCPM	<ul style="list-style-type: none"> a. Penelitian berfokus pada evaluasi durasi proyek jika dilakukan dengan metode CCPM. b. Pengambilan data berdasarkan rencana mingguan, bulanan dan time schedule proyek.
5	<i>Optimasi Penjadwalan Proyek dengan Metode Critical Chain Project Management (CCPM).</i>	Fadillah, (2024)	Mengetahui durasi optimal menggunakan CCPM terhadap penjadwalan proyek konvensional.	CCPM	<ul style="list-style-type: none"> a. Penelitian berfokus pada pengoptimalan durasi proyek dengan metode CCPM. b. Pengambilan data berdasarkan hasil wawancara, rencana mingguan dan time schedule proyek.

Uraian dari beberapa kajian terdahulu menunjukan perbedaan yang dilakukan para peneliti sebelumnya. Adapun dalam penelitian ini terdapat beberapa hal yang menjadi kebaruan substansi yaitu pertama, penelitian berfokus pada perbandingan hasil optimasi penjadwalan menggunakan metode CCPM di suatu proyek dibandingkan dengan perencanaan metode konvensional pada proyek gedung 4 lantai. Kedua, metode yang digunakan adalah *Critical Chain Project Management* (CCPM). Ketiga, pengambilan data melalui observasi lapangan, wawancara dan data penjadwalan proyek.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Landasan Teori

Metode penjadwalan dalam manajemen konstruksi belakangan ini telah menjadi semakin banyak seiring dengan dikembangkannya metode-metode terdahulu dalam upaya meningkatkan efisiensi terhadap perencanaan konstruksi. Dikarenakan sifat proyek dalam bidang konstruksi yang memiliki keterbatasan sumber daya dan memiliki permasalahannya sendiri yang dipengaruhi berbagai macam faktor penyebab seperti perencanaan desain yang buruk, kerja sama tim yang tidak selaras, tidak terciptanya komitmen dari setiap penanggung jawab, *supply material* yang terlambat, masalah keuangan, dan sebagainya (Hassan dkk., 2016). Beberapa faktor tersebut dapat memicu terjadinya variabilitas dalam perencanaan penjadwalan dan biaya konstruksi.

Sehingga, untuk metode perbandingan selanjutnya digunakan metode *critical chain project management* yang merupakan metode dengan fokus pada rantai terpanjang dari kejadian-kejadian yang saling berkaitan, di mana keterkaitan satu sama lain tersebut terletak pada pekerjaan atau sumber daya yang saling berhubungan.

CCPM bertujuan untuk mengatur desain penjadwalan dan pengendalian proses dengan konsentrasi menghilangkan sifat *multitasking*, *parkinson law* dan *student's syndrome* yang selama ini dinilai menjadi penyebab tidak maksimalnya pelaksanaan waktu kerja di lapangan dan bertambahnya *waste* dari segi waktu. CCPM juga memiliki mekanisme *buffer* yang digunakan pada penjadwalan sebagai alat untuk melindungi jadwal proyek dari ketidakpastian (*uncertainty*) di setiap pekerjaan sehingga dapat diselesaikan tepat waktu (Goldratt, 1997).

3.2 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek adalah kegiatan menyusun proses pelaksanaan pekerjaan proyek yang meliputi urutan kegiatan, jangka waktu setiap aktivitas dan

durasi proyek serta biaya dan material, serta alokasi tenaga kerja yang akan digunakan. Dengan penjadwalan proyek kita dapat mengetahui durasi akhir proyek berdasarkan item-item pekerjaan yang akan dilaksanakan sesuai dengan jangka waktu masing-masing yang telah ditetapkan sebelumnya. Sehingga suatu proyek konstruksi diketahui memiliki sifat terbatas waktu, sementara dan adanya keterbatasan terhadap sumber daya (Sugiyanto dan Umam, 2021). Dalam penjadwalan, proyek yang direncanakan harus selesai tepat atau sebelum waktu/durasi proyek habis. Keterlambatan suatu proyek konstruksi dapat terjadi dikarenakan berbagai macam faktor, salah satunya adalah penyusunan item pekerjaan yang buruk atau tidak logis sehingga menyebabkan adanya aktivitas saling tunggu yang menjadikan proyek terlambat. Sehubungan dengan hal itu, peran manajemen menjadi sangat penting demi kesuksesan proyek (Wisudanto, 2019).

Sedangkan menurut Iwawo dkk. (2016), perencanaan proyek adalah menentukan durasi proyek, bahan, tenaga kerja, dan waktu yang dibutuhkan untuk setiap kegiatan yang perlu diselesaikan. Dalam konteks penjadwalan, terdapat dua perbedaan antara waktu dan durasi. Misalnya, jika waktu menunjukkan siang atau malam dan durasi menunjukkan lamanya suatu kegiatan, contoh saja waktu kerja dalam satu harinya sekitar 8 jam.

Widiasanti dan Lenggogeni (2013) juga mengemukakan bahwa penjadwalan proyek konstruksi merupakan alat yang digunakan untuk menentukan waktu yang diperlukan bagi penyelesaian suatu kegiatan. Selain itu, ini adalah alat untuk menentukan kapan aktivitas bisa dimulai dan berakhir. Perencanaan suatu proyek konstruksi pada umumnya terdiri dari perencanaan waktu, tenaga kerja, material, peralatan, dan keuangan. Ketepatan penjadwalan menjadi hal yang vital dalam pelaksanaan proyek karena dapat menghindari proyek dari kerugian, misalnya adanya keterlambatan akibat perencanaan yang tidak logis, keterlambatan penyerahan proyek, dan perselisihan atau klaim.

Penjadwalan proyek mencakup segala kegiatan pekerjaan beserta urutan waktu pengerjaan masing-masing yang disusun dengan logis serta mempertimbangkan ketersediaan sumberdaya yang dimiliki (Hassan dkk., 2016). Dalam merencanakan penjadwalan proyek, seorang manajer proyek akan

memutuskan seberapa lama durasi dari tiap kegiatan pekerjaan sampai durasi akhir proyek yang tentunya disesuaikan dengan permintaan *client* atau *owner* proyek. Pertimbangan terhadap ketersediaan sumber daya, tenaga kerja, serta keandalan metode yang digunakan menjadikan penjadwalan proyek salah satu faktor penting dalam kesuksesan pelaksanaan proyek (Setiawan dan Trijeti, 2012). Sehubungan dengan hal tersebut Husen (2011), berpendapat bahwa penjadwalan atau *scheduling* merupakan kegiatan pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil yang optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Dengan demikian, tujuan pelaksanaan proyek dapat tercapai apabila pada fase *planning* dan *scheduling* dilakukan dengan baik agar tercapainya alokasi sumber daya yang efisien dengan durasi pengerjaan yang efektif (Dimiyati dan Nurjaman, 2016).

Sehubungan dengan penjelasan mengenai penjadwalan diatas, manfaat akan penjadwalan dibagi menjadi 2 jenis, yaitu manfaat bagi *owner* atau pemberi tugas dan manfaat bagi pemberi jasa konstruksi adalah sebagai berikut (Husen, 2011).

1. Bagi pemberi tugas atau *owner*
 - a. Pengetahuan mengenai waktu awal dan akhir proyek.
 - b. Dapat mengevaluasi dan menilai akibat perubahan waktu penyelesaian dan biaya proyek.
 - c. Dapat merencanakan *cash flow* atau arus kas proyek.
2. Bagi pemberi jasa konstruksi, selain mendapat manfaat yang sama seperti pemilik proyek juga mendapat beberapa manfaat berikut.
 - a. Dapat merencanakan kebutuhan akan material, peralatan, dan tenaga kerja proyek.
 - b. Dapat mengatur waktu keterlibatan subkontraktor.

3.3 Jenis-Jenis Penjadwalan

Menurut Kusnanto (2010), secara umum penjadwalan proyek terbagi menjadi dua jenis yaitu:

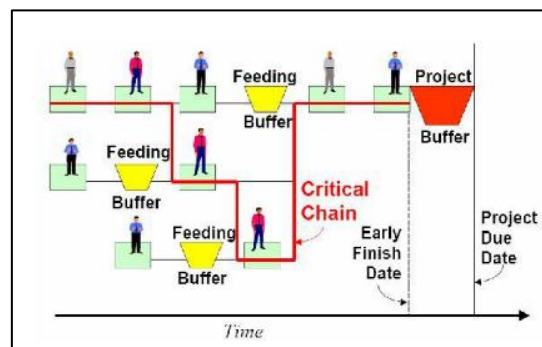
1. Penjadwalan Deterministik, yaitu jaringan tugas yang saling terhubung dengan dependensi yang menggambarkan pekerjaan yang akan dilakukan, masa kerja dan rencana penyelesaian proyek. Metode penjadwalan yang bersifat *deterministic* menggunakan data dari proyek telah dikerjakan sebelumnya untuk menentukan durasi pekerjaan. Berikut jenis penjadwalan *deterministic* yang terbagi menjadi dua yaitu.
 - a. CPM (*Critical Path Method*); Diagram Panah, *Time Scale Diagram*, dan PDM (*Precedence Diagram Method*).
 - b. Non-CPM: *Bar Chart* dan *Line Diagram*.
2. Penjadwalan *probabilistic* yaitu jaringan dengan semua elemen dari rencana *deterministic*, namun jangka waktu tugas yang digunakan adalah variabel-variabel acak. Contoh penjadwalan yang berjenis *probabilistic* adalah PERT dan Montcarlo. Menurut Sajekti (2013), pada umumnya penjadwalan proyek dapat berupa:
 - a. Diagram Batang (*Bar Chart*) yang biasanya dilengkapi dengan kurva S.
 - b. Metode Diagram Kisi Waktu (*The Time-grid Diagram*).
 - c. Metode Jalur Kritis (*The Critical Path Method*).

3.4 Critical Chain Project Management (CCPM)

Critical Chain Project Management (CCPM) pertama kali dikenalkan oleh E. Goldratt pada tahun 1997, tetapi penggunaannya belum terlalu dimanfaatkan dalam perencanaan proyek konstruksi di Indonesia. Dalam metode CCPM ini, pendekatan yang dilakukan berbeda dengan metode pemodelan dan analisis proyek metode konvensional. Walaupun ada yang mengatakan bahwa metode CCPM merupakan pengembangan dari metode CPM yang umumnya digunakan sebagai metode analisis penjadwalan proyek konvensional. CCPM didefinisikan sebagai rantai terpanjang dari suatu kejadian yang saling berkaitan, yang mana keterkaitan tersebut didasarkan pada pekerjaan atau sumber daya yang berhubungan (Tampubolon dkk., 2021). Penggunaan metode CC dalam perencanaan konstruksi dapat memberikan estimasi lama waktu pengerjaan proyek yang lebih dapat diprediksi dan lebih pendek dengan pendekatan yang lebih rasional untuk

mengelola ketidakpastian. Adapun tujuan dari penjadwalan CCPM adalah untuk menghindari masalah-masalah terkait kebiasaan manusia seperti *parkinson's law effects*, *student syndrome* dan *multitasking* yang dapat mengakibatkan keterlambatan. (Goldratt, 1997). Selain itu, kelebihan dari metode CCPM ini adalah penggantian *safety time* yang berlebihan dengan *buffer* sebagai perlindungan penjadwalan dari keterlambatan. Penggantian *safety time* disini bukan tanpa sebab, buruknya penjadwalan konvensional salah satunya dikarenakan estimator menggunakan terlalu banyak tambahan waktu pengaman di setiap pekerjaan dalam mengatasi kejadian tidak terduga pada proyek (Aulady dan Orleans, 2016). Hal inilah yang menjadikan metode CCPM ini dikatakan metode mengembangkan dari CPM karena dalam metode CCPM berusaha menghilangkan masalah penambahan *safety time* ini.

Adapun, penggunaan dari metode CCPM memiliki prioritas dalam menyelesaikan proyek secara keseluruhan, sehingga menghilangkan waktu pengaman pada aktivitas individual dan lebih berfokus terhadap penyelesaian *critical chain* proyek. Pemotongan untuk *buffer* bisa dilakukan dengan probabilitas 20% sampai 50% waktu normal (Ramanda dan Arvianto, 2015).



Gambar 3.1 Manajemen Buffer
(Sumber: Leach, 2000)

Buffer time yang digunakan sebagai pengganti *safety time* untuk menjamin jalur kritis dan keamanan penjadwalan proyek memiliki 2 jenis *buffer* sebagai berikut.

1. *Project Buffer (PB)*

Merupakan waktu penyangga yang diletakkan di akhir *critical chain* suatu proyek sebagai cadangan waktu bagi proyek secara keseluruhan. Penempatan

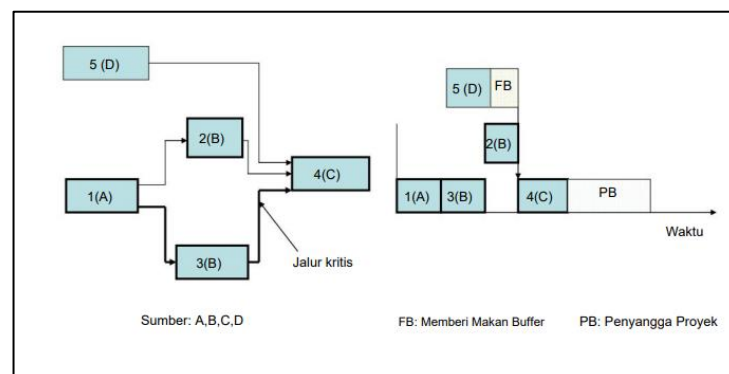
project buffer berada di akhir jalur kritis. *Buffer* ini digunakan untuk melindungi waktu penyelesaian akhir proyek dari variabilitas yang terjadi dalam aktivitas jalur kritis. Perhitungan nilai *buffer* dihitung menggunakan rumus RSEM dan menggunakan durasi pekerjaan yang masuk dalam jalur kritis.

2. *Feeding Buffer* (FB)

Merupakan waktu penyangga yang menghubungkan kegiatan non-kritis dengan kegiatan yang masuk ke dalam jalur kritis. *Feeding buffer* juga dapat dijadikan waktu tambahan pada aktivitas non kritis jika mengalami keterlambatan. Sehingga, perletakan *buffer* ini berada di akhir aktivitas non-kritis. Perhitungan nilai *buffer* dihitung menggunakan rumus RSEM dan durasi yang digunakan berasal dari pekerjaan non-kritis yang mengarah pada jalur kritis. FB dibutuhkan untuk melindungi jalur kritis dari gangguan akibat pekerjaan non-kritis jika terjadi keterlambatan.

3.4.1 Penggunaan CCPM dalam Proyek

Pertama, *Critical Chain* (CC) memperhitungkan sumber daya serta dependensi prioritas dalam menentukan durasi proyek, maka istilah jalur kritis. Pada Gambar 3.2, representasi jalur kritis (lihat Gambar 1, kiri) akan dilambangkan dengan aktivitas 1-3-4, sedangkan pada CC (lihat Gambar 1 kanan) jalur kritis dilambangkan dengan 1-3-2-4 karena sumber daya umum (B). Dalam kasus seperti itu, jalur kritis terbukti lebih panjang dan keempat aktivitas perlu dikelola dengan tepat. Perbedaan pertama ini bukan yang paling signifikan tetapi menjelaskan asal usul nama jalur kritis.



Gambar 3.2 Diagram Jaringan *Buffer*
(Sumber: Stratton, 2009)

Kedua, CC memperkenalkan konsep *project buffer* dan *feeding buffer* untuk mendukung manajemen waktu yang efektif yang cenderung meningkat pada tingkat tugas karena persyaratan untuk berkomitmen menyelesaikan tugas yang tidak pasti dalam waktu yang telah ditentukan. Dalam CC *buffer* proyek melindungi jalur kritis dan *buffer feeder* digunakan untuk memastikan bahwa tidak semua aktivitas menjadi kritis (lihat Gbr.1). Namun, untuk mengatasi ketidakpastian dengan cara ini, asumsi bahwa validitas untuk menetapkan tanggal mulai dan selesai tugas tidak lagi berkelanjutan.

Dalam menerapkan *buffer*, titik awal yang ditetapkan Eliyahu Goldratt adalah membagi dua waktu aktivitas yang ada, mengalokasikan setengah dari waktu yang tersisa ke *buffer* yang dikumpulkan (Izmailov dkk., 2016). Oleh karena itu, setiap *buffer* sama dengan sepertiga dari aktivitas terkait dan kombinasi *buffer* (lihat Gambar 1 untuk ilustrasi).

3.4.2 Keunggulan Metode CCPM

1. Menyediakan mekanisme prioritas

Prioritas tugas atau proyek yang berbeda ditentukan oleh rasio sederhana dari *buffer* proyek yang tersisa dengan sisa jalur kritis. Hal ini memungkinkan penyedia sumber daya untuk memprioritaskan tugas yang berbeda di dalam dan di seluruh proyek.

2. Menyediakan mekanisme untuk mempercepat tugas yang menggunakan *buffer* proyek.

Penting untuk mengurangi konsumsi *buffer* yang dapat terjadi dalam aktivitas apa pun, namun, secara efektif hanya ada satu aktivitas yang menghabiskan proyek penyangga setiap saat. Peningkatan visibilitas konsumsi *buffer* menciptakan kesadaran dan kesempatan untuk mendukung sumber daya yang bersangkutan dan meminimalkan pemborosan *buffer* di tingkat aktivitas.

3. Meningkatkan tindakan saat konsumsi *buffer* mengancam pengiriman.

Pada tingkat proyek dan program, pemantauan rasio konsumsi penyangga terhadap penyelesaian jalur kritis digunakan untuk memicu prosedur eskalasi yang akan meninjau perencanaan atau menyediakan sumber daya tambahan, yang mungkin sementara dialokasikan kembali dari proyek lebih cepat dari jadwal.

4. Menargetkan aktivitas peningkatan berkelanjutan dengan melacak penyebab konsumsi *buffer*.

Seiring kemajuan proyek, penyebab keterlambatan dicatat, biasanya menggunakan menu tarik-turun. Ini kemudian dianalisis berdasarkan kemajuan proyek secara keseluruhan sehingga penyebab umum dapat diketahui untuk perbaikan.

3.4.3 Faktor Penghambat Produktivitas

Dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi, tentu sebagai manusia akan selalu membawa habit cara bekerja masing-masing ke dalam pekerjaan. Dalam penerapan metode CCPM, ada beberapa sifat yang ingin dihilangkan karena dapat menurunkan produktivitas penyelesaian proyek, sebagai berikut.

1. *Student's Syndrome*

Merupakan masalah psikologi yang berusaha untuk dihilangkan dalam metode CCPM dikarenakan sifat ini dapat menurunkan produktivitas dalam pekerjaan. *Student's Syndrome* dicontohkan seperti ketika para siswa diberikan suatu tugas, mereka biasanya mulai mengerjakan tugas tersebut di menit-menit akhir, bahkan panjangnya waktu yang diberikan tidak cukup untuk menyelesaikan tugas-tugas tersebut lebih cepat. (Leach, 2000)

2. *Parkinson's Law*

Serupa dengan permasalahan *Student's Syndrome*, *parkinson's law* juga merupakan kebiasaan yang dapat menghambat produktivitas pengerjaan proyek. *Parkinson's Law* itu sendiri merupakan kecenderungan seorang pekerja untuk menghabiskan waktu pekerjaannya walaupun dia dapat menyelesaikan pekerjaan itu sebelum waktunya. Jika sebuah aktivitas diestimasi dengan durasi yang direncanakan, biasanya pekerja tidak berusaha untuk menyelesaikan pekerjaan dengan lebih cepat. (Leach, 2000)

3. *Multitasking*

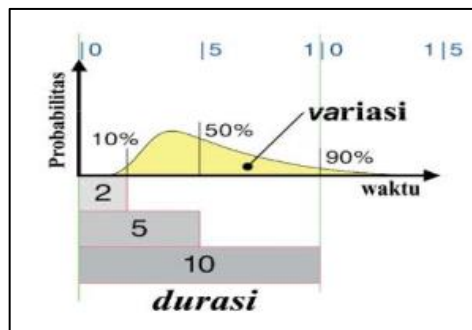
Multitasking adalah mengerjakan beberapa pekerjaan dalam waktu yang bersamaan. Pengaruh dari *multitasking* seharusnya dipertimbangkan karena fragmentasi dari sumber daya dan waktu persiapan perelatan akan menyebabkan

(sambungan-sambungan) tugas-tugas menjadi tertunda karena hilangnya konsentrasi.

3.4.4 Faktor Penyusun CCPM

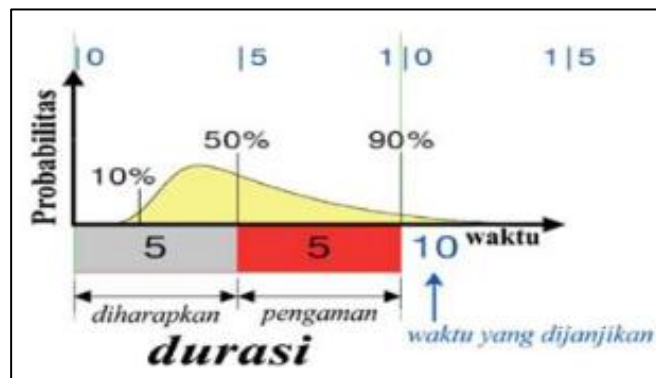
1. Estimasi Waktu Pengaman

Menurut Kasidi (2008) perkiraan durasi proyek harus didasarkan pada pengalaman perencana, namun sebagian besar penjadwal cenderung memasukkan waktu pengaman tersembunyi dalam evaluasi mereka untuk menghindari ketidakpastian dalam kinerja sebenarnya.



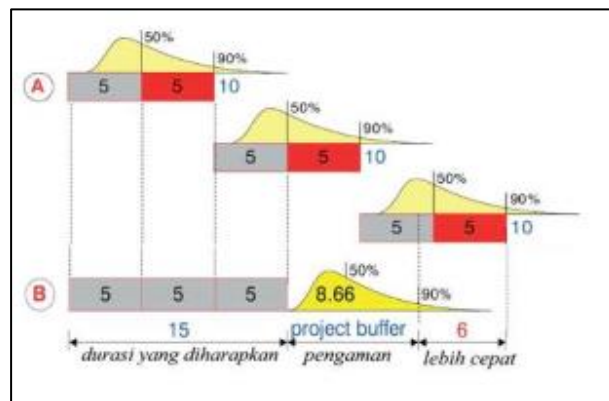
Gambar 3.3 Estimasi Variasi Pekerjaan
(Sumber: Zultner, 2003)

Seperti yang diperlihatkan di dalam Gambar 3.3 ada probabilitas 10% untuk menyelesaikan pekerjaan dalam waktu 5 hari, dan probabilitas 90% untuk menyelesaikan pekerjaan dalam waktu 10 hari. Jika digunakan estimasi sembilan diantara sepuluh hari, maka perkiraan yang diambil bukan 50% kemungkinan waktu yang diharapkan, tetapi 90% kemungkinan waktu yang dijanjikan. Hal inilah yang digunakan seseorang ketika diminta untuk mengestimasi suatu pekerjaan.



Gambar 3.4 Pengembangan Waktu Rencana
(Sumber: Zultner, 2003)

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 untuk memenuhi waktu penyelesaian pekerjaan yang telah dijanjikan, maka seseorang akan menambahkan waktu pengaman yang signifikan dengan tujuan memberikan perlindungan pada waktu pelaksanaan karena perencana harus mempertimbangkan kondisi kerja aktual termasuk banyaknya 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 3.5 Perbedaan Waktu Pengaman
(Sumber: Zultner, 2003)

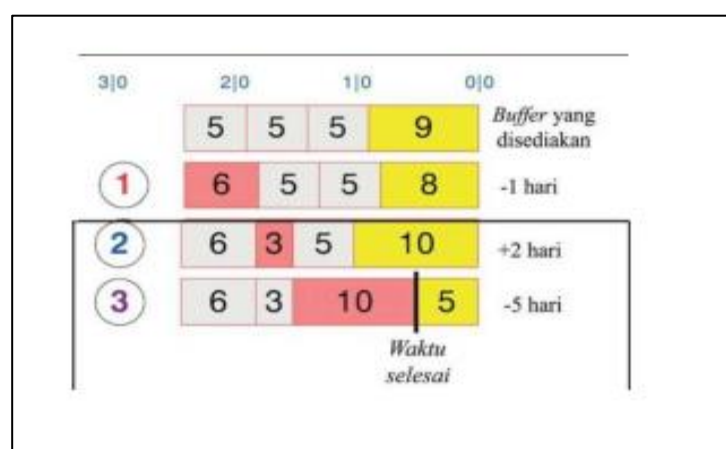
Pada Gambar 3.5 Point (A) menggambarkan suatu proyek dengan tiga pekerjaan serupa yang masing-masing memiliki waktu yang dijanjikan 10 hari termasuk waktu pengamannya. *Manager* proyek mencoba untuk memastikan bahwa proyek dapat selesai tepat waktu dengan menjaga setiap pekerjaan agar dapat selesai tepat pada waktunya. Point (B) merupakan penjadwalan yang menggunakan metode *Critical Chain Project Management*. Dimana, waktu pengaman setiap pekerjaan diletakkan pada akhir waktu proyek (*buffer*).

3.4.5 Manajemen Buffer

Menurut Kasidi (2008), manajemen *buffer* adalah kunci untuk mengatur aktivitas pada jalur kritis jadwal proyek. Metodologi jalur kritis tidak dapat terlaksana tanpa manajemen *buffer*. Ada tiga macam ketidakpastian yang dapat

terjadi yaitu ketidakpastian waktu aktivitas, ketidakpastian waktu alur, dan ketidakpastian sumber daya (Leach, 2000). Untuk mengatur ketidakpastian di dalam proyek-proyek konstruksi maka digunakan manajemen *buffer* untuk melindungi setiap aktivitas dari ketidakpastian yang terjadi.

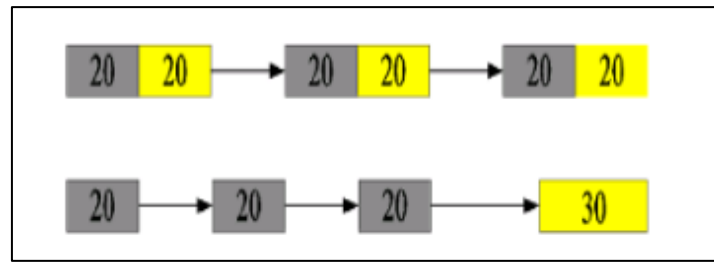
Penggunaan *buffer* sebagai waktu cadangan dalam mengantisipasi adanya kendala pada proyek yang mengakibatkan terjadinya keterlambatan dapat diilustrasikan sebagai berikut.



Gambar 3.6 Ilustrasi Manajemen Buffer
(Sumber: Nasution dan Resthy, 2014)

Uraian pada Gambar 3.6 terkait manajemen *buffer* adalah sebagai berikut:

1. Pada no 1, diketahui aktivitas pekerjaan menggunakan waktu sebesar 6 hari dari 5 hari waktu harapan pekerjaan, maka *buffer* proyek berkurang 1 hari dari 9 hari waktu *buffer* rencana dengan sisa *buffer* menjadi 8 hari.
2. Pada no 2, aktivitas pekerjaan kedua menggunakan waktu pelaksanaan 3 hari dari 5 hari waktu rencana. Maka sebagai ganti lima hari waktu yang diharapkan, *buffer* proyek mendapat tambahan 2 hari dari waktu tersebut menjadi 10 hari waktu keamanan proyek.
3. Pada no 3, aktivitas yang ketiga menggunakan waktu 10 hari dari 5 hari waktu yang diharapkan, maka *buffer* proyek berkurang 5 hari menjadi tersisa 5 hari waktu keamanan proyek.



Gambar 3.7 Perhitungan *Buffer* Metode C&PM

(Sumber: Wirawan, 2017)

Menurut Herroelen dan Leus (2001), terdapat 2 metode pendekatan yang sering digunakan dalam menentukan ukuran *buffer* yang sederhana berupa penentuan ukuran *buffer* proyek dan *feeder buffer* yaitu *Cut and Paste Method* (C&PM) dan *Root Square Error method* (RSEM).

1. *Cut and Paste Method* (C&PM)

Dalam rencana penentuan *buffer* proyek dan *feeding buffer* di dalam C&PM pada dasarnya dapat memotong 20%, 30%, bahkan sampai 50% dari durasi untuk semua aktivitas (Ramanda dan Arvianto, 2015). Hal ini dapat dikonsultasikan dengan *engineer* yang berpengalaman seperti manajer dalam penentuan persen durasi potongan yang digunakan. Kembali lagi, semua tergantung pada kondisi proyek yang akan dijalankan. Kemudian, durasi yang dipotong diletakkan *project buffer* dengan separuh durasi jalur kritis (*critical chain*) pada akhir rantai (jika menggunakan 50%), sama halnya melekatkan *feeding buffer* dengan separuh durasi aktivitas ke aktivitas pada jalur yang bukan jalur kritis (*non-critical chain*) namun membawa kepada jalur kritis. Ilustrasi metode ini dapat dilihat pada Gambar 3.7, dalam jalur kritis dengan 3 aktivitas. Setiap tugas dengan waktu ketidakpastian 20, yang berasal dari pemotongan sebesar 50% dari aktivitas keseluruhan waktu kerja 40, dan *buffer* proyek mempunyai 30 sebagai ukuran *buffer* yang ditambahkan pada akhir jalur kritis yang mempunyai durasi total 60.

2. *Root Square Error method* (RSEM)

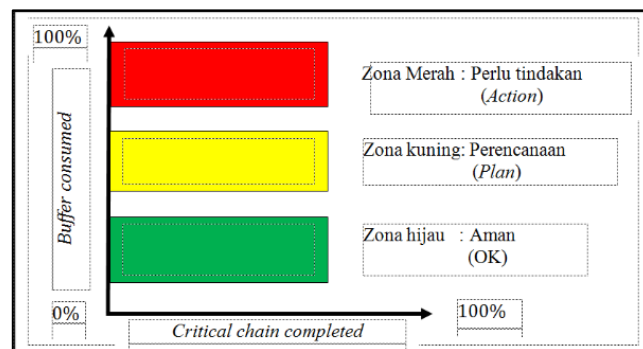
Aturan perekat yang digunakan untuk menentukan *buffer* proyek dan *feeding buffer* di dalam (RSEM) memerlukan 2 estimasi durasi tugas, pertama estimasi aman (S), dengan pengertian berarti mempunyai cukup pengaman (waktu) untuk melindungi dari semua kemungkinan besar sumber keterlambatan, dan yang kedua

estimasi pengurangan waktu sesuai yang telah dipilih berapa % dari durasi tugas. Berikut persamaan RSEM yang digunakan (Ramanda dan Arvianto, 2015).

$$2\sigma = 2 \times \sqrt{\left(\frac{S1-A1}{2}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{S2-A2}{2}\right)^2} + \dots + \sqrt{\left(\frac{Sn-An}{2}\right)^2} \quad (1)$$

Keterangan: 2σ = *Buffer Time*, S_i = waktu kegiatan dengan *safety time*, A_i = waktu kegiatan setelah *safety time* dipotong, dan n = banyak aktivitas pada jalur kritis.

Dalam manajemen alokasi waktu *buffer* tentunya dibutuhkan suatu parameter yang dapat digunakan sebagai kontrol terkait batasan penggunaan waktu *buffer* sehingga dapat diambil tindakan untuk menanggulangi keadaan tersebut. Berikut analisis yang dilakukan terkait dengan tindakan yang harus diambil pada saat konsumsi waktu *buffer* telah mencapai taraf tertentu. Dalam CCPM, terdapat pembagian zona yang dibagi menjadi 3 yakni, zona hijau, zona kuning, dan zona merah.



Gambar 3.8 Pembagian Zona Buffer
(Sumber: Sugiyanto dan Insan, 2022)

3.4.6 Prosedur *Critical Chain Scheduling*

Menurut Kasidi (2008) proses utama dalam menerapkan penyangga/*buffer* di dalam proyek konstruksi adalah.

Rencanakan jadwal konstruksi menggunakan pendekatan CPM/PDM.

Identifikasi dan estimasi waktu pengaman untuk masing-masing aktivitas.

1. Rencanakan jadwal konstruksi menggunakan pendekatan CPM/PDM.
2. Identifikasi dan estimasi waktu pengaman untuk masing-masing aktivitas.

3. Potong setengah waktu perkiraan pengerjaan dengan probabilitas 50% dengan menggunakan metode *Cut and Paste* (C&PM) dengan memindahkan waktu pengaman untuk masing-masing aktivitas.
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 jalur kritis.
8. Menambah atau menyisipkan *feeding buffer* di suatu jaringan pekerjaan yang non kritis.
9. Hubungan ketergantungan dengan jaringan kritis.

3.5 Jenis Aktivitas

Salah satu tahapan penting dalam aplikasi konsep *lean* adalah proses identifikasi aktivitas-aktivitas yang akan dikerjakan dalam pelaksanaan nantinya. Apakah aktivitas tersebut dapat memberikan nilai tambah bagi proyek atau malah tidak memiliki nilai tambah apapun. Aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah sebaiknya dikurangi dan jika bias dihilangkan untuk meningkatkan efisiensi dari proyek yang akan dikerjakan. Hines dan Taylor (2000) membedakan jenis aktivitas dalam organisasi menjadi 3 bagian, yakni:

1. *Value adding activity* (VA), dalam aktivitas ini output yang diberikan memiliki nilai tambah (*value*) bagi perkembangan proyek, baik terhadap proses informasi maupun fisik. Contohnya adalah proses pemasangan besi tulangan.
2. *Non-value adding activity* (NVA), pada jenis ini tercakup setiap kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah apapun bagi kemajuan proyek. Sehingga, aktivitas ini dikatakan sebagai *waste* yang menyebabkan adanya inefisiensi

pada proyek. Contohnya adalah kesalahan dalam proses desain sehingga diperlukan adanya pengerjaan ulang.

3. *Non-value adding but necessary activity (NNVA)*, pada jenis ini tercakup aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah namun tetap dibutuhkan untuk menjalankan seluruh rangkaian proses. Aktivitas ini tidak dapat dihilangkan namun dapat diminimalisir. Contoh aktivitas ini adalah waktu *setup* mesin atau alat berat.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Objek dan Subjek Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah proyek pembangunan Gedung Lab Kimia FMIPA, sedangkan untuk subjek penelitian berupa studi perbandingan perencanaan penjadwalan menggunakan metode CCPM dibandingkan dengan penjadwalan konvensional (*Bar chart*).

4.2 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data merupakan teknik yang digunakan dalam mendapatkan informasi yang akan digunakan sebagai bahan acuan penelitian. Adapun untuk data yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Data primer

Data primer didapatkan melalui hasil wawancara dengan pihak perencana proyek. Wawancara ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antar pekerjaan serta bagaimana penjadwalan eksisting disusun.

2. Data sekunder

Data sekunder penjadwalan didapatkan melalui admin proyek berupa data Kurva S untuk melihat *bar chart* penjadwalan proyek beserta progres mingguan. Informasi mengenai penjadwalan proyek dibutuhkan sebagai fokus penelitian dalam perencanaan menggunakan metode CCPM.

4.3 Metode Pengolahan Data

Metode yang digunakan dalam mengolah data yang dibutuhkan untuk perencanaan penjadwalan menggunakan metode CCPM yang kemudian output dari perencanaan tersebut dibandingkan dengan hasil perencanaan konvensional beserta mekanisme optimasi nya. Metode CCPM merupakan metode yang berfokus dalam menghilangkan adanya penambahan waktu *safety time* yang berlebih di setiap pekerjaan dan mengubah habit pekerja yang dapat menurunkan produktivitas pekerjaan seperti *student syndrome* dan *parkinson's law*. Pelaksanaan metode

CCPM dilakukan dengan mengganti penambahan *safety time* berlebih di setiap pekerjaan dengan *buffer time* yang memiliki fungsi sama namun berfokus pada pekerjaan yang masuk kedalam lintasan kritis saja.

4.4 Tata Urutan Pekerjaan

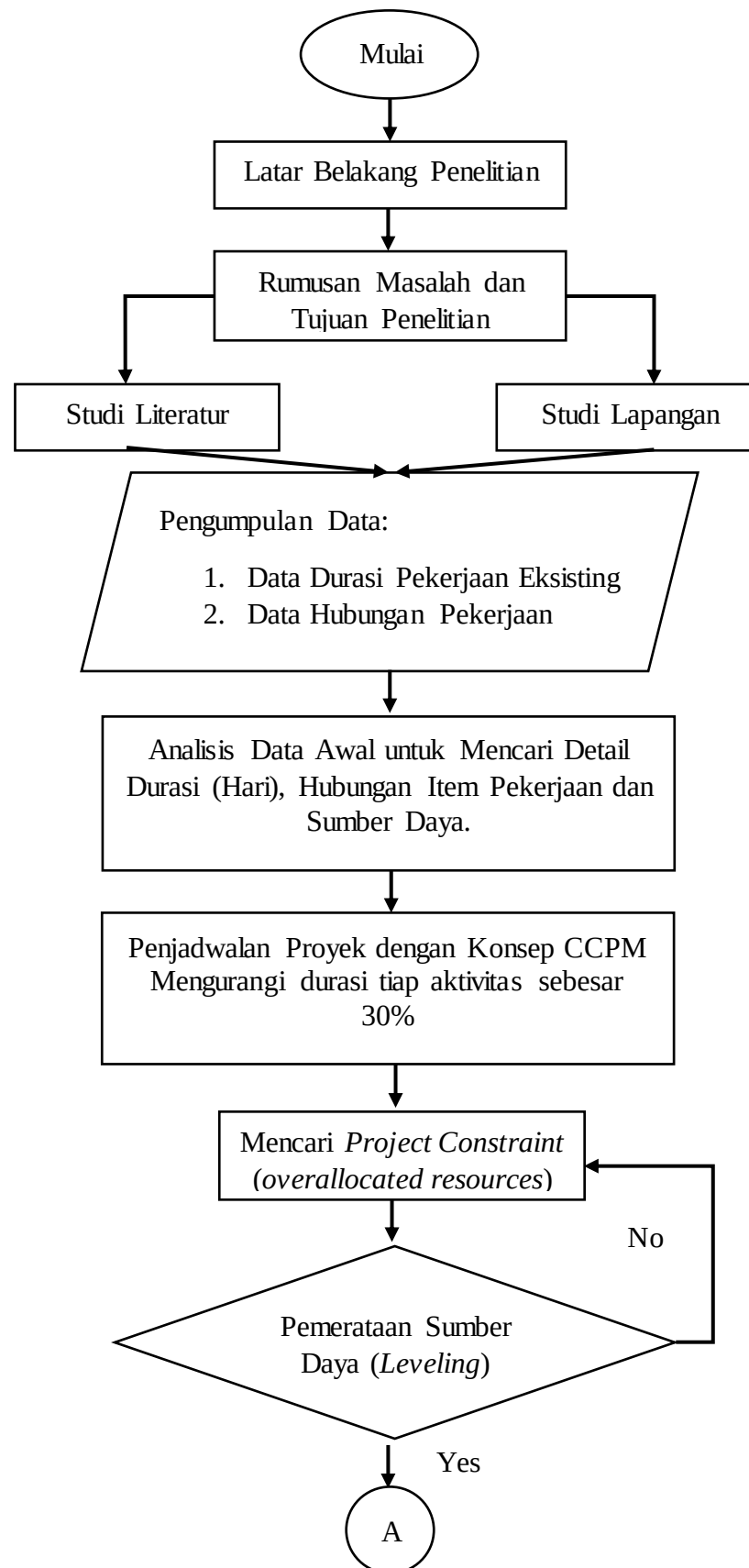
Tata urutan dan langkah kerja dalam mengerjakan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

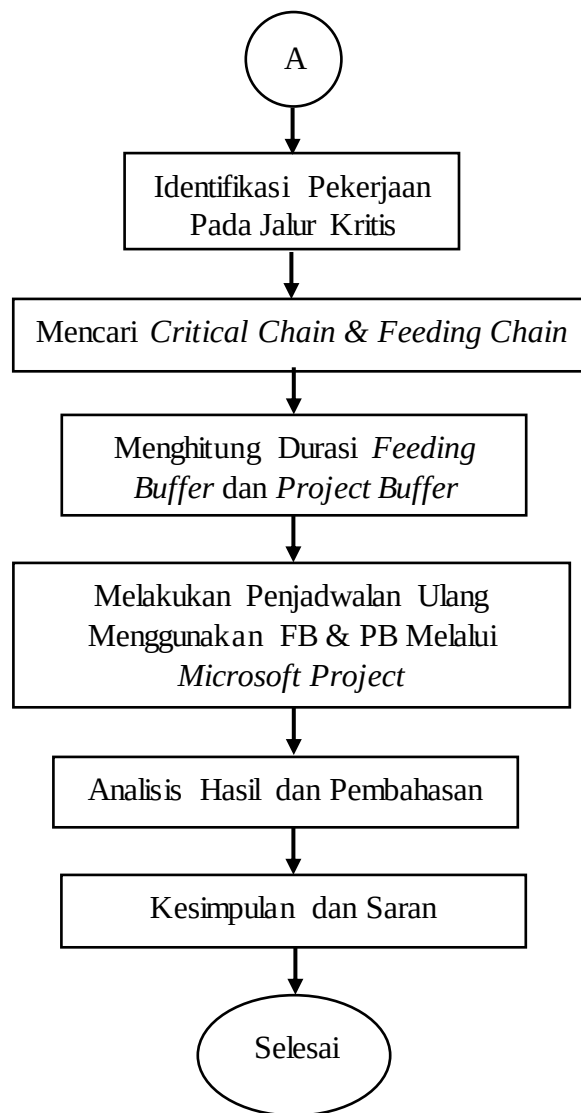
1. Melakukan identifikasi terkait permasalahan yang akan diangkat berdasarkan latar belakang.
2. Menentukan rumusan masalah yang diambil beserta tujuan penelitian.
3. Melakukan studi literatur dan studi lapangan untuk menambah wawasan terkait metode CCPM.
4. Mengumpulkan data eksisting (*bar chart*) berupa data durasi dan hubungan setiap item pekerjaan.
5. Melakukan analisis data awal untuk menjadikan durasi setiap item pekerjaan ke dalam satuan hari berdasarkan hubungan pekerjaan dan kebutuhan sumber dayanya.
6. Melakukan simulasi penjadwalan menggunakan metode CCPM dengan cara memotong waktu perkiraan pengerjaan dengan probabilitas 30% dengan menggunakan metode Cut and Paste (C&PM) dan *The Root Square Error Method* (RSEM) dengan melakukan identifikasi waktu pengerjaan dengan *safety time* (S) dan waktu pengerjaan tanpa *safety time* (A) (Ramanda and Arvianto, 2015). Penggunaan nilai potongan 30% digunakan untuk menghindari membengkaknya angka kebutuhan tenaga kerja. Berkaitan dengan penentuan besaran *buffer* dapat dikonsultasikan pada orang yang lebih berpengalaman seperti *project manager*.
7. Mencari *project constraint* berupa pekerjaan yang mengalami *overallocated* dan pisahkan sumber daya yang mengalami konflik.
8. Menyelesaikan permasalahan (*constraint*) terhadap pekerjaan yang bermasalah dengan melakukan *leveling*.
9. Melakukan identifikasi terhadap pekerjaan yang masuk ke dalam jalur kritis.

10. Mencari *critical chain* dan *feeding chain* yang terbentuk.
11. Menghitung durasi *buffer* pada pekerjaan kritis dan non kritis menggunakan metode RSEM.
12. Menyisipkan waktu pengaman (*buffer* proyek) pada pekerjaan yang dilakukan. Masukkan *feeding buffer* untuk pekerjaan yang berada pada jalur non kritis dan waktu *project buffer* pada pekerjaan yang kritis.
13. Menganalisis hasil optimasi menggunakan metode CCPM terhadap durasi penjadwalan eksisting.
14. Simpulan dan saran berdasarkan hasil.

4.5 Bagan Alir Diagram Penelitian

Pengerjaan Tugas Akhir diawali dengan melakukan pengumpulan data kemudian melakukan analisis data dengan menggunakan *software Microsoft Project*. Secara keseluruhan proses pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.





Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Objek Penelitian

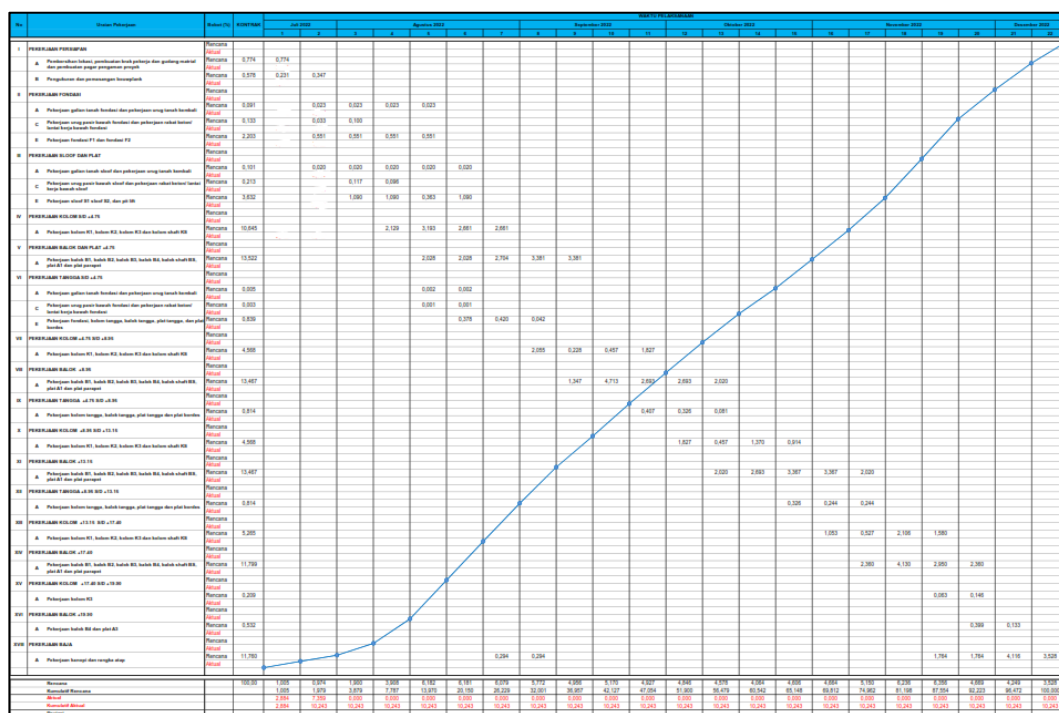
Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan data *main schedule* pekerjaan struktur pada proyek pembangunan Gedung Laboratorium Riset Jurusan Kimia FMIPA UII. Proyek ini dikerjakan oleh Badan Wakaf UII sendiri sehingga tidak melalui sistem tender sebelumnya. Data penelitian diperoleh melalui wawancara dengan pihak pelaksana proyek dan berdasarkan AHS daerah Yogyakarta tahun 2021. Pada proyek pembangunan gedung bagian struktural memiliki durasi pengerjaan selama 130 hari yang akan dilaksanakan pada tanggal 18 Juli 2022 dan direncanakan selesai pada tanggal 17 Desember 2022. Sementara itu, awal pengambilan data dilakukan pada bulan November dengan kondisi pekerjaan struktur telah selesai dan sedang dalam tahap pengerjaan arsitektur. Berikut gambar teknis beserta denah lokasi proyek yang di observasi dengan detail gambar teknis terkait potongan bangunan dapat dilihat pada Lampiran 4 dan Lampiran 5.



Gambar 5.1 Site Plan & Gambar Teknis Proyek
(Sumber: Data Proyek, 2023)

5.2 Analisis Data Awal Proyek

Data awal proyek yang telah didapatkan berupa penjadwalan dengan *bar chart* yang dapat dilihat pada kurva s proyek. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perencana jadwal proyek, diketahui bahwa perancangan jadwal dilakukan berdasarkan perkiraan waktu pekerjaan saja. Pihak proyek tidak menggunakan perhitungan durasi per item pekerjaan menggunakan AHS ataupun menggunakan bantuan *Microsoft Project* sebagai alat bantu penjadwalannya. Sehingga, melalui diskusi dengan pihak perencana, dibuatlah rancangan durasi per item pekerjaan menggunakan pendekatan AHS yang kemudian penjadwalan awal proyek tersebut disusun kembali menggunakan bantuan *Microsoft Project* sesuai dengan *time frame* rancangan data awal proyek. Langkah ini diperlukan untuk mendeteksi pekerjaan mana saja yang dapat disesuaikan ulang dan menganalisis penggunaan sumber daya proyek sebagai bahan optimasi penjadwalan menggunakan metode penjadwalan CCPM. Berikut data awal beserta susunan penjadwalan yang didapatkan dengan detail gambar terdapat pada Lampiran 3.



Gambar 5.2 Penjadwalan Awal Proyek
(Sumber: Data Proyek, 2023)

Data awal berupa penjadwalan eksisting proyek yang dikerjakan dengan sistem konvensional. Berdasarkan Gambar 5.2 didapatkan data tabel pekerjaan beserta hubungan antar kegiatannya. Satuan minggu digunakan sebagai waktu perkiraan pada perencanaan waktu pekerjaan. Berikut tabel hubungan pekerjaan yang direncanakan.

Tabel 5.1 Hubungan Pekerjaan

NO	ITEM PEKERJAAN	KODE	DURASI (minggu)	HUBUNGAN PEKERJAAN
1	Pekerjaan Persiapan	A	2	-
2	Pekerjaan Fondasi	B	4	1FS-1
3	Pekerjaan Sloof dan Plat	C	5	2FF+1
4	Pekerjaan Kolom s/d +4.75	D	4	3FF+1
5	Pekerjaan Balok +4.75	E	5	4FF+2
6	Pekerjaan Plat +4.75	F	5	4FF+2; 5FF
7	Pekerjaan Tangga sd +4.75	G	4	6SS
8	Pekerjaan Kolom +4.75 s/d +8.95	H	4	6FS-2; 7FS-1
9	Pekerjaan Balok +8.95	I	5	8FF+2
10	Pekerjaan Plat +8.95	J	5	8FF+2; 9FF
11	Pekerjaan Tangga +4.75 s/d +8.95	K	3	10FF,11FF
12	Pekerjaan Kolom +8.95 s/d +13.15	L	4	11FS-2
13	Pekerjaan Balok +13.15	M	5	12FF+2
14	Pekerjaan Plat +13.15	N	5	12FF+2; 13FF
15	Pekerjaan Tangga +8.95 s/d +13.15	O	3	13FF,14FF
16	Pekerjaan Kolom +13.15 s/d +17.40	P	4	13FS-2, 14FS-2, 15FS-2
17	Pekerjaan Balok +17.40	Q	4	16FF+1
18	Pekerjaan Plat +17.40	R	4	16FF+1; 17FF
19	Pekerjaan Kolom +17.40 s/d +19.90	S	2	18FF
20	Pekerjaan Balok +19.90	T	2	19FS-1
21	Pekerjaan Plat +19.90	U	2	19FS-1; 20FF

Dari data durasi eksisting yang diperoleh, dilakukan analisis lanjutan untuk mengubah satuan waktu dari minggu menjadi hari untuk kebutuhan analisis

lanjutan menggunakan CCPM. Data hubungan pekerjaan yang digunakan telah melalui verifikasi perencana dengan detail terlampir pada Lampiran 6 dan Lampiran 7.

Berdasarkan data *schedule* proyek, didapatkan kesimpulan bahwa perencanaan jadwal proyek menggunakan sistem perkiraan waktu pekerjaan. Sehingga, untuk mendapatkan hasil data awal yang lebih detail dilakukan langkah tambahan berupa pendetailan terhadap durasi item pekerjaan. Setelah melakukan diskusi dengan pihak perencana, didapatkan detail perencanaan waktu item pekerjaan sebagai berikut.

No.	JENIS PEKERJAAN	VOL.	SAT.	Jumlah tenaga kerja	Tenaga Kerja	Durasi awal (hari)										duration (day)
					P	TK	TBT	TBS	M	KT	P	TK	TB	M	KT	
1	Pekerjaan Persiapan			35.91504	36	6		4		1	4.9		1.3	1.5	0.5	5
2	c Beton Fc 25 Mpa	17.64	m3													
3	Pekerjaan kolom K3															
a	Begisting kolom	27.44	m2	28.97664	29	9	8			1	2.1	1.2		1	1	2
b	Pembesian	533.85	kg	8.061135	9	3			4	1	1.3			1	0.3	0.4
c	Beton Fc 25 Mpa	2.21	m3	4.49956	5	3		1		1	1.3			0.7	0.2	0.1
4	Pekerjaan kolom shaf K5															
a	Begisting kolom	185.22	m2	195.59232	196	12	8			1	10.2	7.7		6.2	6.2	10
b	Pembesian	1457.49	kg	22.008099	23	4			4	1	2.6			2.6	0.6	1.1
c	Beton Fc 25 Mpa	9.26	m3	18.85336	19	4		1		1	3.9			2.6	0.8	0.3
XVII	Pekerjaan Balok +17.40															36.7
1	Pekerjaan balok B1															
a	Begisting balok	43.4	m2	47.9424	48	8	8			1	3.8	1.9		1.5	0.8	4
b	Pembesian	2087.31	kg	31.518381	32	8			8	1	1.9			1.9	0.9	0.8
c	Beton Fc 25 Mpa	8.88	m3	18.07968	19	8		3		1	1.9			0.9	0.8	0.3
2	Pekerjaan balok B2															
a	Begisting balok	78.14	m2	82.51584	83	10	10			1	5.2	2.6		2.6	0.9	5
b	Pembesian	3001.63	kg	45.324613	46	10			8	1	2.2			2.7	1.3	1.1
c	Beton Fc 25 Mpa	12.32	m3	25.08352	26	6		5		1	3.4			0.7	1.1	0.4
3	Pekerjaan balok B4															
a	Begisting balok	132.62	m2	140.04672	141		10			1	8.8	4.4		4.4	2.2	9
b	Pembesian	3644.88	kg	55.037688	56				10	1	5.2			2.6	1.5	1.3
c	Beton Fc 25 Mpa	16.37	m3	29.23992	24					1	4.6			1.3	1.4	0.5

Gambar 5.3 Pengolahan Data Durasi Menggunakan Ms. Excel

Kemudian, nilai tersebut akan digunakan sebagai pembagi dengan volume pekerjaan untuk mendapatkan nilai durasi pekerjaan. Setelah mendapatkan hasil perhitungan berdasarkan data perencanaan, dapat diketahui jumlah durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Perhitungan durasi pekerjaan menggunakan acuan koefisien dari Analisis Harga Satuan (AHS) Yogyakarta tahun 2021 sebagai dasar perhitungan (Setiawan dan Trijetti, 2012):

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas}} \\
 &= \frac{\text{Volume}}{\frac{\text{Jumlah Tenaga Kerja}}{\text{Koefisien}}}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Contoh perhitungan durasi pada pekerjaan galian tanah pondasi pada penjadwalan ulang menggunakan CCPM dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Durasi} = \frac{75,03}{\frac{11}{1.05}} = 7.2 \text{ hari}$$

= 7 hari kerja jika dikerjakan dengan 11 pekerja.

Setelah mendapatkan data durasi untuk setiap item pekerjaan beserta kebutuhan tenaga kerjanya, selanjutnya dapat dilakukan *input* data ke dalam *Microsoft Project*. Berikut hasil durasi beserta *input* sumber daya yang dilakukan.

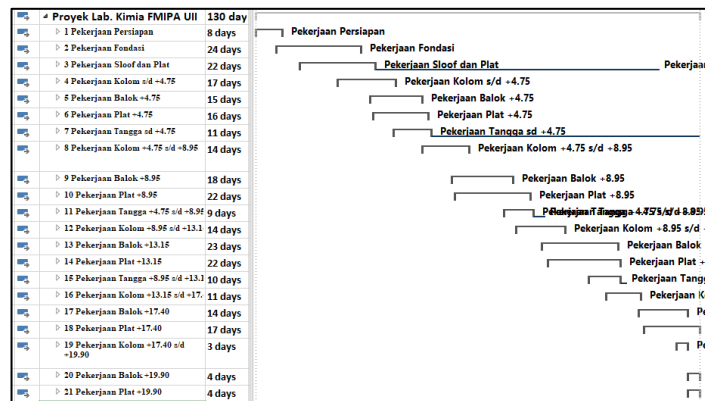
Resource Name	Type	Material	Initials	Group	Max.	Peak	Std. Rate	Ovt.	Cost/Use	Accrue	Base
Pekerja	Work		P		25	28	Rp0.00/hr	Rp0.00/hr	Rp0.00	Prorated	Copy of Stanc
Tukang Kayu	Work		T		15	18	Rp0.00/hr	Rp0.00/hr	Rp0.00	Prorated	Copy of Stanc
Tukang Batu	Work		T		15	7	Rp0.00/hr	Rp0.00/hr	Rp0.00	Prorated	Copy of Stanc
Tukang Besi	Work		T		15	21	Rp0.00/hr	Rp0.00/hr	Rp0.00	Prorated	Copy of Stanc
Kepala Tukang Kayu	Work		K		5	4	Rp0.00/hr	Rp0.00/hr	Rp0.00	Prorated	Copy of Standard
Kepala Tukang Batu	Work		K		3	1.4	Rp0.00/hr	Rp0.00/hr	Rp0.00	Prorated	Copy of Standard
Kepala Tukang Besi	Work		K		3	3.5	Rp0.00/hr	Rp0.00/hr	Rp0.00	Prorated	Copy of Standard
Mandor	Work		M		5	5.5	Rp0.00/hr	Rp0.00/hr	Rp0.00	Prorated	Copy of Stanc

Gambar 5.4 Tabel Data Tenaga Kerja

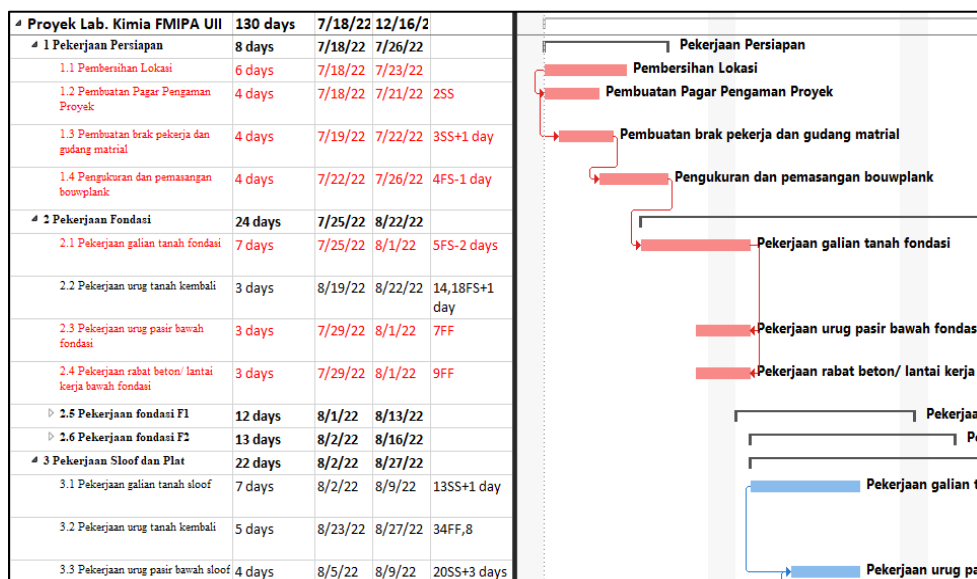
Task Name	Duration	Start	Finish	Prec	Resource Names
Proyek Lab. Kimia FMIPA UII	130 days	7/18/22	12/16/22		
1 Pekerjaan Persiapan	8 days	7/18/22	7/26/22		
1.1 Pembersihan Lokasi	6 days	7/18/22	7/23/22	3SS	Mandor, Pekerja
1.2 Pembuatan Pagar Pengaman Proyek	4 days	7/18/22	7/21/22	2SS	4SS Kepala Tukang Kayu[0.6]
1.3 Pembuatan brak pekerja dan gudang material	4 days	7/19/22	7/22/22	3SS+1 day	5FS Kepala Tukang Kayu
1.4 Pengukuran dan pemasangan bouwplank	4 days	7/22/22	7/26/22	4FS-1 day	7FS Kepala Tukang Kayu[0.1]
2 Pekerjaan Fondasi	24 days	7/25/22	8/22/22		
2.1 Pekerjaan galian tanah fondasi	7 days	7/25/22	8/1/22	5FS-2 days	9FF Mandor[0.7], Pekerja[7]
2.2 Pekerjaan urug tanah kembali	3 days	8/19/22	8/22/22	14,18F	21 Mandor[0.3], Pekerja[3]
2.3 Pekerjaan urug pasir bawah fondasi	3 days	7/29/22	8/1/22	7FF	10F Mandor[0.1], Pekerja
2.4 Pekerjaan rabat beton/ lantai	3 days	7/29/22	8/1/22	9FF	13F Mandor[0.11]

Gambar 5.5 Input Data Tenaga Kerja

Setelah memasukan data durasi beserta sumber daya yang dibutuhkan, berdasarkan hubungan pekerjaan yang telah dirancang pada detail penjadwalan proyek. Berikut hasil *input* data secara keseluruhan pada *Microsoft Project* sehingga dapat dilihat hubungan pekerjaan nya dengan lebih jelas.



Gambar 5.6 Hubungan Pekerjaan Pada Ms. Project



Gambar 5.7 Detail Hubungan Pekerjaan

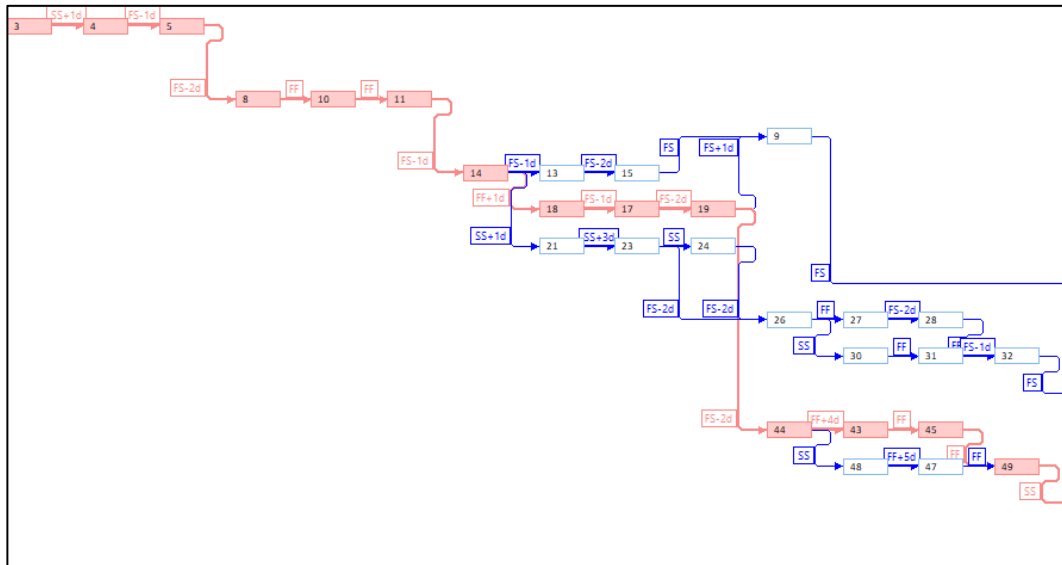
Susunan hubungan antar aktivitas pekerjaan dapat dilihat seperti Gambar 5.7. Setelah data dimasukkan pada *Microsoft Project*, dapat diketahui jalur kritis yang terbentuk dengan detail tabel terdapat pada Lampiran 2.

Berdasarkan hasil analisis awal, diketahui jalur kritis pada penjadwalan eksisting melalui pekerjaan A-B-D-E-F-H-I-J-L-M-N-P-Q-R-S-T-U atau melewati 17 pekerjaan. Melalui jalur kritis tersebut, diperoleh rencana durasi pembangunan selama 130 hari kerja. Selanjutnya dilakukan pendetailan durasi pekerjaan kedalam satuan hari untuk dapat dilakukan analisis lanjutan menggunakan metode CCPM. Berikut data tabel durasi pekerjaan dengan satuan hari yang akan dikerjakan.

Tabel 5.2 Data Susunan Kegiatan

No	Pekerjaan	Durasi (Hari)	Hubungan Pekerjaan
A	Struktur		
1	Pek. Persiapan	8	-
2	Pekerjaan Pondasi	24	1 FS-2
3	Sloof	22	2 FF+5
4	Kolom S/D +4.75	17	2FS-7; 3 FF+6
5	Balok +4.75	15	4 FF+7
6	Plat +4.75	16	4FF+9; 5FF+2
7	Pek. Tangga lt ½	11	6FF+1
8	Kolom +4.75 s/d +8.95	14	6FS-2
9	Pekerjaan Balok +8.95	18	8 FS-5
10	Pek. Plat +8.95	22	8 FS-4; 9FF+5
11	Pek. Tangga lt 2/3	9	10FF+1
12	Pekerjaan Kolom +8.95 s/d +13.15	14	10FS-4
13	Pek. Balok +13.5	23	12 FS-7
14	Pek. Plat +13.15	22	12 FS-5; 13FF+1
15	Pek. Tangga ¾	10	14FF
16	Pek. Kolom +13.15 s/d 17.40	11	14FS-5
17	Balok +17.40	14	16FS-1
18	Plat +17.40	17	16FS; 17FF+4
19	Pek. Kolom +17.40 s/d +19.90	3	18FF-4
20	Pek. Balok +19.90	4	19FS
21	Pek. Plat +19.90	4	19 FS; 20 FF

Berdasarkan data pada Tabel 5.2 dapat dibentuk suatu susunan jaringan kerja menggunakan bantuan *Microsoft Project*. Berikut *network diagram* yang terbentuk.



Gambar 5.8 Bentuk Sebagian Jaringan Kerja *Existing*

Dari Gambar 5.8 dapat terlihat jaringan kerja yang terbentuk beserta jalur kritis untuk perencanaan jadwal *eksisting*. Adapun untuk jalur kritis yang terbentuk ditandai dengan jalur berwarna merah yang dimulai dari pekerjaan persiapan dengan *id* 1 sampai 5, dari pekerjaan persiapan kemudian menuju pekerjaan pondasi dengan *id* 8, 10 dan 11, kemudian dilanjutkan sampai ke pekerjaan terakhir yaitu pekerjaan plat +19.90. Sedangkan untuk jalur berwarna biru merupakan jalur non kritis. Berdasarkan jaringan kerja yang terbentuk, penyelesaian proyek dengan metode konvensional dapat diselesaikan dengan total waktu 130 hari. Hal ini sesuai dengan waktu akhir proyek pada data awal yang diperoleh.

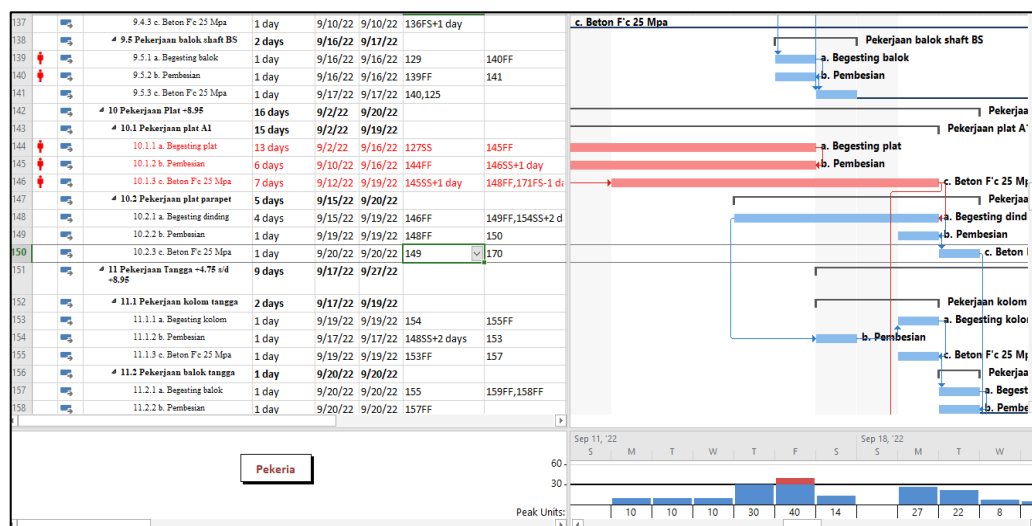
5.3 Analisis Penjadwalan Dengan CCPM

Sebagaimana tujuan penelitian ini, yakni menerapkan metode CCPM dalam upaya optimasi penjadwalan proyek yang dikerjakan dengan penjadwalan konvensional. Berikut urutan pengerjaan metode CCPM.

5.3.1. Penjadwalan Ulang Metode CCPM

Dalam perencanaan jadwal dengan metode CCPM, secara teoritis menurut Goldratt, E. M. (1997), langkah yang perlu dilakukan adalah menghilangkan adanya waktu pengaman cadangan (*hidden safety*) dengan menggunakan potongan 50% probabilitas waktu pelaksanaan yang diambil dari seluruh pekerjaan pada

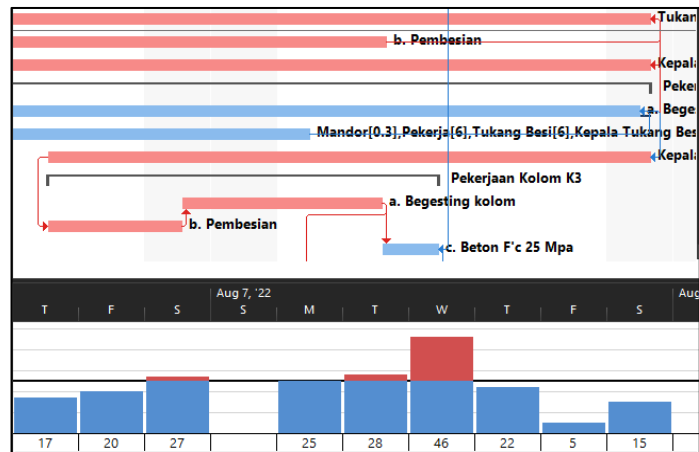
waktu normal. Hal tersebut dilakukan karena metode penjadwalan konvensional dinilai menghabiskan banyak sumber daya akibat pemberian waktu cadangan di setiap pekerjaannya (Leach, 2001). Jalur kritis merupakan rangkaian pekerjaan terpanjang yang menjadi fokus durasi keseluruhan proyek karena bila terlambat akan mengakibatkan terlambatnya proyek secara keseluruhan (Rosanti dkk., 2015). Durasi pada jalur kritis penting untuk dijaga karena menjadi penentu waktu penyelesaian proyek. Pada langkah estimasi 50% probabilitas, penelitian ini menggunakan porsi probabilitas sebesar 30% untuk menghindari membengkaknya kebutuhan jumlah pekerja (Ramanda dan Arvianto, 2015). Penggunaan *buffer* ini memerlukan kompensasi secara teknis terkait manajemen sumber daya pada item pekerjaan sehingga pekerjaan yang dilaksanakan dapat memenuhi syarat teknis yang dibutuhkan. Berikut penjadwalan CCPM setelah dilakukan pemotongan 30%.



Gambar 5.9 Jadwal Setelah Potongan 30% Durasi

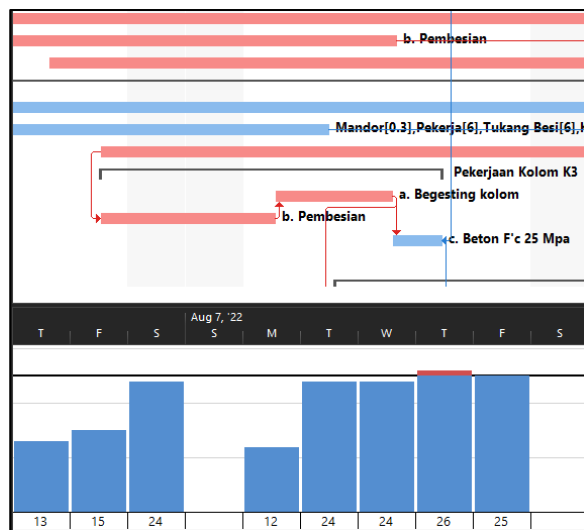
Setelah melakukan pemotongan durasi, langkah selanjutnya adalah melakukan identifikasi terhadap konflik sumber daya yang terjadi pada pekerjaan yang ada. Pekerjaan yang terdeteksi mengalami *overallocated* akan ditandai dengan simbol merah pada kolom informasi. Pekerjaan dengan sumber daya yang sama tidak boleh diletakkan bersamaan dengan tujuan menghindari adanya kegiatan *multitasking*. Sumber daya yang dimaksud dapat berupa kebutuhan tenaga kerja yang sama dalam melaksanakan suatu pekerjaan. Contoh saja pada pekerjaan *bekisting* dan *pembesian* dapat dikerjakan bersamaan karena kebutuhan tenaga

kerja yang berbeda. Hal ini sesuai dengan metode CCPM yang tidak membolehkan adanya penggunaan satu sumber daya pada lebih dari satu jenis pekerjaan (*multitasking*). Pada penelitian ini, deteksi bentrokan atau konflik sumber daya yang terjadi pada tiap pekerjaan, dilakukan terbatas hanya pada tenaga kerja saja. Adapun untuk batasan jumlah pekerja maksimal digunakan 25 orang. Berikut deteksi terhadap konflik sumber daya yang terjadi.



Gambar 5.10 Sumber Daya yang Mengalami Konflik (*Overallocated*)

Dari Gambar 5.10 dapat dilihat pada tanggal 10 agustus terdapat penumpukan jumlah tenaga yang melewati batas maksimal dalam satu hari. Sehingga dibutuhkan penyelesaian konflik sumber daya dengan *Resource Leveling* pada pekerjaan yang mengalami *overallocated* tenaga kerja.



Gambar 5.11 Penyesuaian Pekerjaan yang Mengalami Konflik

Adapun setelah melakukan penyesuaian pekerjaan yang mengalami konflik sumber daya, dapat terlihat pada Gambar 5.11 alokasi sumber daya lebih merata. Selanjutnya didapatkan jalur kritis baru yang terbentuk pada metode CCPM. Detail tabel jalur kritis baru yang terbentuk dapat dilihat pada Lampiran 2.

Dari identifikasi yang dilakukan, setelah melakukan pemotongan durasi serta penyesuaian hubungan pekerjaan yang kurang logis dapat diketahui jalur kritis pada perencanaan dengan CCPM adalah selama 92 hari kerja. Selanjutnya dapat dilakukan penambahan waktu *buffer* kedalam rencana penjadwalan tersebut sebagai langkah antisipasi keterlambatan.

5.3.2. Perhitungan Alokasi Waktu Buffer

Pada langkah ini, perhitungan waktu *buffer* dibagi menjadi 2 macam yaitu, *project buffer* dan *feeding buffer*. *Project buffer* disusun dengan menganalisis aktivitas yang muncul dalam jalur kritis yang telah disusun dari penjadwalan eksisting sebelumnya. *Feeding buffer* disusun dengan menganalisis pekerjaan non-kritis yang akan menuju pada pekerjaan kritis. Perhitungan alokasi waktu *buffer* dihitung menggunakan metode *Root Square Error Method* (RSEM) yang mengandalkan 2 parameter waktu yaitu waktu normal yang diasumsikan masih memiliki waktu cadangan (S) dan waktu setelah potongan atau tanpa waktu cadangan (A). Untuk penentuan besaran (A) menggunakan estimasi rata-rata yakni penggunaan 70% durasi awal yang diasumsikan tanpa waktu cadangan. Berikut adalah hasil analisis dan perhitungan *buffer* pada penjadwalan CCPM. Untuk contoh perhitungannya adalah sebagai berikut.

1. Feeding Buffer (FB)

Contoh kasus dalam mencari waktu *feeding buffer*, pada pekerjaan sloof terdapat pekerjaan yang masuk kriteria (*feeding buffer*), diketahui memiliki durasi penyelesaian dengan kondisi masih memiliki waktu cadangan (S) adalah sebesar 6 hari. Kemudian, durasi tanpa waktu pengaman atau optimis (A) atau setelah dilakukan pemotongan 30% dan dibulatkan, diketahui sebesar 4 hari.

$$B = 2\sqrt{\left(\frac{S_1-A_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{S_2-A_2}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{S_n-A_n}{2}\right)^2} \quad (3)$$

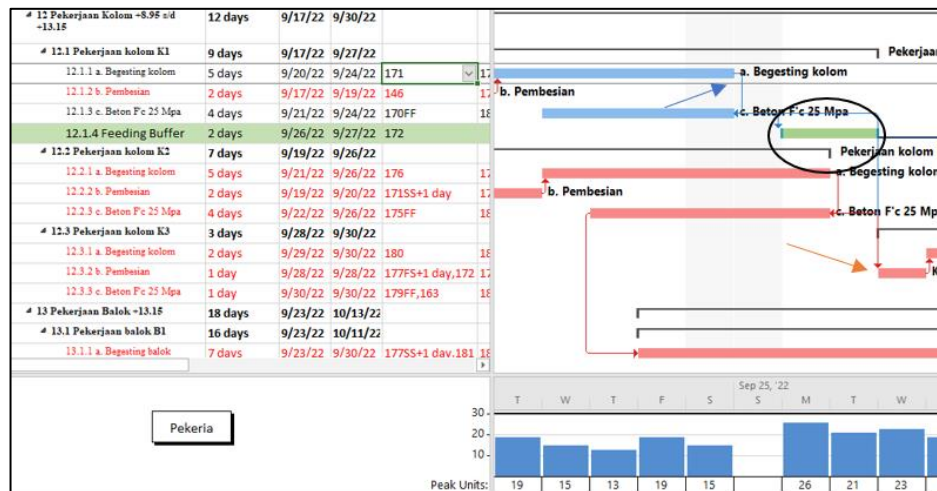
$$B=2\sqrt{\left(\frac{6-4}{2}\right)^2}=2 \text{ hari}$$

Sehingga, didapatkan nilai *feeding buffer* untuk pekerjaan sloof dan plat sebesar 2 hari. Pada perhitungan *feeding buffer* dilakukan pada pekerjaan yang masuk ke dalam kriteria FB, dimana hal ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.3 Perhitungan *Feeding Buffer*

No	Pekerjaan	Durasi		(S-A)/2	^2	<i>Buffer</i> $2\sqrt{\left(\frac{S-A}{2}\right)^2}$
		<i>Most Likely</i> (S)	<i>Optimistic</i> (A)			
1	Pekerjaan Pit Lift	6	4	1	1	2
2	Pekerjaan Plat Tangga sd +4.75	3	2	0.5	0.3	1
3	Pekerjaan Kolom K1 +8.95 s/d +13.15	7	5	1	1	2
4	Pekerjaan Balok Shaft BS +13.15	7	5	1	1	2
<i>Feeding Buffer</i>						7

Dari Tabel 5.7 dapat diketahui bahwa *Most likely* (S) merupakan notasi yang digunakan untuk penjadwalan dengan waktu bersama porsi *safety time* nya. Dimana nilai S didapatkan dari penjadwalan eksisting proyek. Sedangkan *Optimistic* (A) merupakan notasi yang digunakan untuk penjadwalan dengan waktu yang tercepat atau tidak memiliki porsi *safety time*. Dalam hal ini, nilai A didapatkan dari waktu dengan metode CCPM atau telah dilakukan pemotongan durasi sebanyak 30% (digunakan waktu durasi 70%) dan dibulatkan. Untuk *feeding buffer* (FD) proses menyisipkan waktu *buffer* tersebut, adalah dengan cara melihat titik persimpangan antara pekerjaan non kritis yang akan mengarah kepada pekerjaan kritis. Sebagai contoh memasukan waktu *buffer* dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.12 Input Feeding Buffer

Adapun tidak semua pekerjaan non kritis akan diberikan *feeding buffer*. Berikut tabel pekerjaan yang teridentifikasi sebagai pekerjaan non kritis.

Tabel 5.4 Pekerjaan Non Kritis

No	Nama Pekerjaan	Durasi (Hari)
1	Pekerjaan Sloof dan Plat	16
2	Pekerjaan Tangga sd +4.75	6
3	Pekerjaan Kolom K1	9
4	Pekerjaan Balok B2 +13.15	10
5	Pekerjaan Balok B3 +13.15	8
6	Pekerjaan Balok B4 +13.15	7

2. Project Buffer (PB)

Merupakan waktu pengaman dalam metode CCPM yang diletakkan di akhir penjadwalan dengan besaran nilai *buffer* yang didasarkan pada waktu pekerjaan kritis. Langkah awal perhitungan serupa dengan cara pengerjaan *feeding buffer*. Namun, *project buffer* menggunakan total waktu pekerjaan yang masuk dalam jalur kritis sebagai data perhitungannya. Adapun, untuk sistem perhitungannya dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut.

Diketahui jalur kritis terbentuk melalui sub pekerjaan pada 19 pekerjaan yang ada, dengan data masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.7.

$$B=2\sqrt{\left(\frac{S1-A1}{2}\right)^2 + \left(\frac{S1-A1}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{Sn-An}{2}\right)^2} \quad (4)$$

$$B=2\sqrt{\left(\frac{9-6}{2}\right)^2 + \left(\frac{17-12}{2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{4-3}{2}\right)^2} = 2\sqrt{93.3}$$

B=20 hari

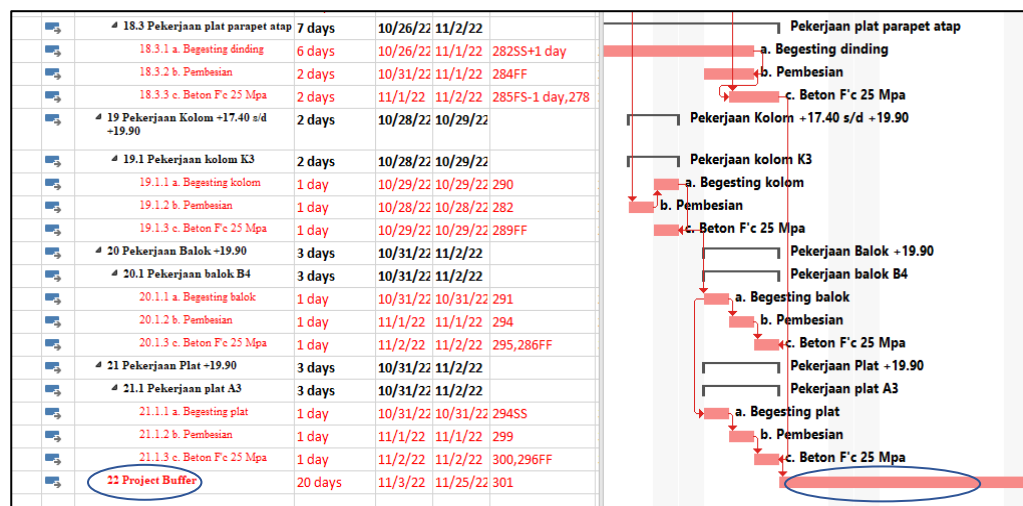
Tabel 5.5 Perhitungan *Project Buffer*

No	Pekerjaan	Durasi		(S-A)/2	^2	Buffer $2 \times \sqrt{\left(\frac{S-A}{2}\right)^2}$
		Most Likely (S)	Optimistic (A)			
1	Pekerjaan Persiapan	9	6	1.5	2.3	
2	Pekerjaan Fondasi	17	12	2.5	6.3	
3	Pekerjaan Kolom s/d +4.75	19	13	3	9	
4	Pekerjaan Balok +4.75	17	12	2.5	6.3	
5	Pekerjaan Plat +4.75	19	13	3	9	
6	Pekerjaan Tangga sd. +4.75	7	5	1	1	
7	Pekerjaan Kolom +4.75 s/d +8.95	10	7	1.5	2.3	
8	Pekerjaan Balok +8.95	10	7	1.5	2.3	
9	Pekerjaan Plat +8.95	20	14	3	9	
10	Pekerjaan Kolom +8.95 s/d +13.15	11	8	1.5	2.3	
11	Pekerjaan Balok +13.15	26	18	4	16	
12	Pekerjaan Plat +13.15	24	17	3.5	12.3	
13	Pekerjaan Tangga +8.95 s/d +13.15	11	8	1.5	2.3	
14	Pekerjaan Kolom +13.15 s/d +17.40	11	8	1.5	2.3	
15	Pekerjaan Balok +17.40	14	10	2	4	

Tabel 5.5 Lanjutan Perhitungan *Project Buffer*

No	Pekerjaan	Durasi		(S-A)/2	^2	Buffer $2x \sqrt{\left(\frac{S-A}{2}\right)^2}$
		Most Likely (S)	Optimistic (A)			
16	Pekerjaan Plat +17.40	17	12	2.5	6.3	20
17	Pekerjaan Kolom +17.40 s/d +19.90	3	2	0.5	0.3	
18	Pekerjaan Balok +19.90	4	3	0.5	0.3	
19	Pekerjaan Plat +19.90	4	3	0.5	0.3	
Project Buffer						20

Setelah mendapatkan besaran nilai *buffer*, langkah selanjutnya adalah menempatkan nilai tersebut ke dalam penjadwalan yang telah disusun. *Project buffer* akan diletakkan di akhir jalur kritis untuk melindungi durasi keseluruhan proyek dari keterlambatan, sedangkan *feeding buffer* akan diletakkan pada pekerjaan non-kritis yang akan mengarah pada pekerjaan dalam jalur kritis. Berikut merupakan cara meletakkan durasi PB ke dalam pemodelan penjadwalan CCPM.

Gambar 5.13 *Input Project Buffer*

Setelah memasukan waktu buffer ke dalam penjadwalan, selanjutnya dapat dilakukan pembahasan mengenai kontrol terhadap penggunaan waktu *buffer*.

3. Kontrol Waktu *Buffer*

Pada kontrol *buffer* digunakan parameter waktu tertentu sebagai alat pengendalian saat pelaksanaan proyek, khususnya pengendalian risiko yang akan membuat proyek terlambat. Terkait parameter tersebut digunakan zona perhitungan pemakaian *buffer*, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.6 Zona Konsumsi Waktu *Buffer*

Zona Pemakaian <i>Buffer</i>	<i>Project Buffer</i>	Waktu yang telah terpakai (hari)
0% - 33%	20	0-6
34% - 66%	20	7-13
67% - 100%	20	14-20

(Sumber: Sugiyanto, 2022)

Perolehan nilai waktu *project buffer* sebesar 20 hari dapat dilihat pada data hasil Tabel 5.3 sebelumnya. Selanjutnya adalah hasil waktu *buffer* yang didapatkan setelah melalui penyelesaian konflik sumber daya dengan metode CCPM untuk *project buffer* (PB) didapatkan sebanyak 20 hari dan *feeding buffer* (FD) sebanyak 9 hari total.

Waktu *buffer* yang dimasukan di akhir waktu proyek tentunya memiliki beberapa syarat penggunaan sebagai langkah antisipasi terjadinya keterlambatan proyek yang dimiliki oleh metode CCPM. Adapun untuk syarat penggunaan konsumsi waktu *buffer* adalah menggunakan pembagian 1/3 bagian. Maksudnya adalah disaat waktu *buffer* telah digunakan sebanyak 0-6 hari (zona hijau), maka tindakan yang perlu diambil adalah melihat perkembangan sementara proyek (*watch*) karena belum adanya tindakan yang perlu dilakukan karena pengambilan waktu *buffer* masih dalam taraf zona hijau. Jika pengambilan waktu *buffer* telah meningkat kedalam zona kuning, yang mana konsumsi telah mencapai rentang 7-13 hari, maka pihak pelaksana harus melakukan perencanaan lanjutan (*plan*) agar waktu *buffer* tidak terpakai sepenuhnya. Sedangkan jika waktu konsumsi mencapai zona merah rentang 14-20 hari, maka tindakan lanjutan terkait perencanaan sebelumnya dapat segera dilakukan (*action*). Dari penjelasan tersebut didapatkan ringkasan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 5.7 Zona Konsumsi Waktu *Buffer* (2)

Zona Pemakaian <i>Buffer</i>	<i>Project Buffer</i>	Tindakan yang Dilakukan
0-6	20	Sementara hanya mengawasi jalannya proyek hingga waktu <i>buffer</i> mencapai zona kuning. (<i>watch</i>)
7-13	20	Sudah harus dilakukan perencanaan dalam menanggulangi pemakaian waktu <i>buffer</i> agar tidak habis terpakai (<i>plan</i>)
14-20	20	Pada zona ini, tindakan lanjutan yang telah direncanakan sebelumnya dapat segera dilaksanakan. (<i>action</i>)

Langkah selanjutnya adalah membuat tabel data penjadwalan CCPM dengan disertai kolom durasi eksisting yang digunakan untuk melihat perbedaan durasi yang telah didapatkan. Berikut hasil data penjadwalan dengan metode CCPM yang terbentuk.

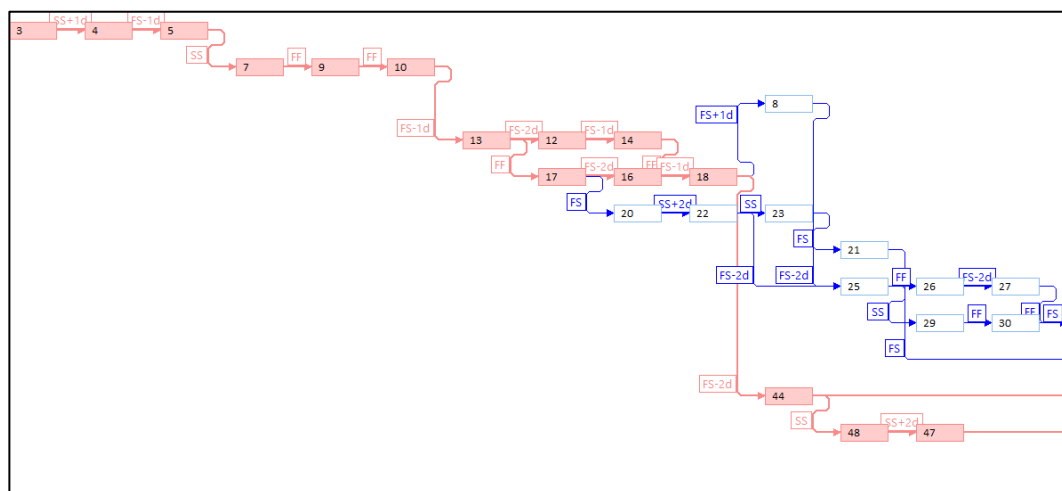
Tabel 5.8 Data Penjadwalan CCPM

No	Pekerjaan	Durasi Awal	Durasi CCPM (Hari)	Hubungan Kegiatan
1	Pekerjaan Persiapan	8	6	-
2	Pekerjaan Fondasi	24	15	1 FS-3
3	Pekerjaan Sloof dan Plat	22	16	2FS-8
4	Pekerjaan Kolom s/d +4.75	17	13	2FS-5; 3FF
5	Pekerjaan Balok +4.75	15	12	4FS-6
6	Pekerjaan Plat +4.75	16	13	4FS-5; 5FF+2
7	Pekerjaan Tangga sd +4.75	11	6	6FF+1
8	Kolom +4.75 s/d +8.95	14	7	6FS-3
9	Pekerjaan Balok +8.95	18	12	8FS
10	Pek. Plat +8.95	22	17	8FS; 9FF+5
11	Pek. Tangga lt 2/3	9	8	10FS
12	Pekerjaan Kolom +8.95 s/d +13.15	14	12	10FS-3
13	Pek. Balok +13.5	23	18	12FS-7
14	Pek. Plat +13.15	22	17	12FS-5; 13FF+1
15	Pek. Tangga ¾	10	8	14FF+1

Tabel 5.9 Lanjutan Data Penjadwalan CCPM

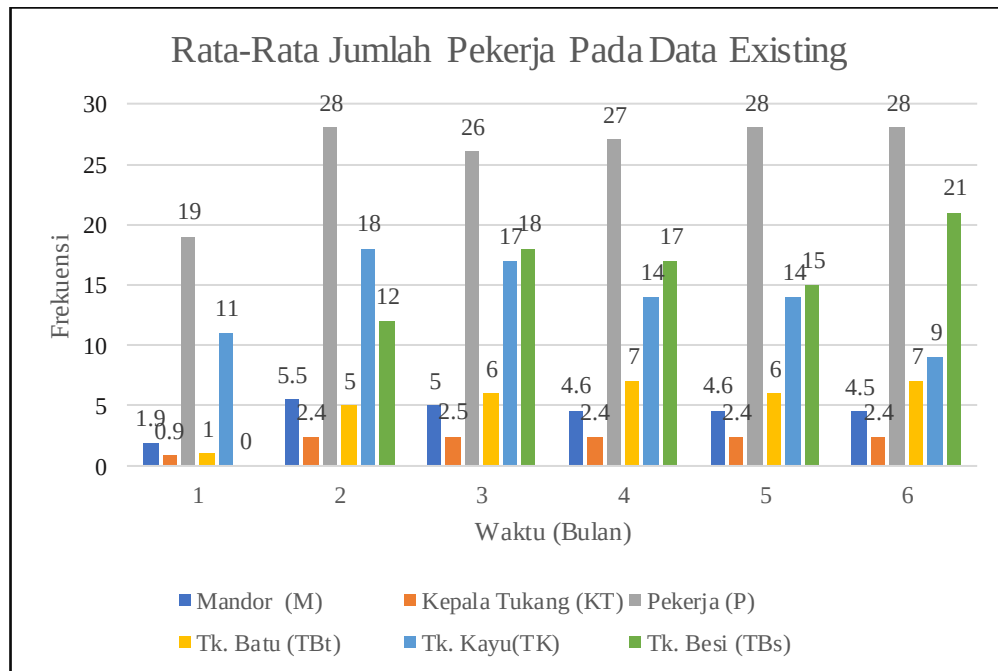
No	Pekerjaan	Durasi Awal	Durasi CCPM (Hari)	Hubungan Kegiatan
16	Pek. Kolom +13.15 s/d 17.40	11	8	14FS-5
17	Pek. Balok +17.40	14	10	16FS
18	Plat +17.40	17	12	16FS+1;17FF+3
19	Pek. Kolom +17.40 s/d+19.90	3	2	18FF-3
20	Pek. Balok +19.90	4	3	19FS
21	Pek. Plat +19.90	4	3	19FS; 20FF
22	<i>Project Buffer</i>	-	20	21FS

Selanjutnya dapat diketahui jaringan kerja untuk penjadwalan CCPM yang dapat dilihat menggunakan *Microsoft Project*. Berikut hasil jaringan kerja yang didapatkan.



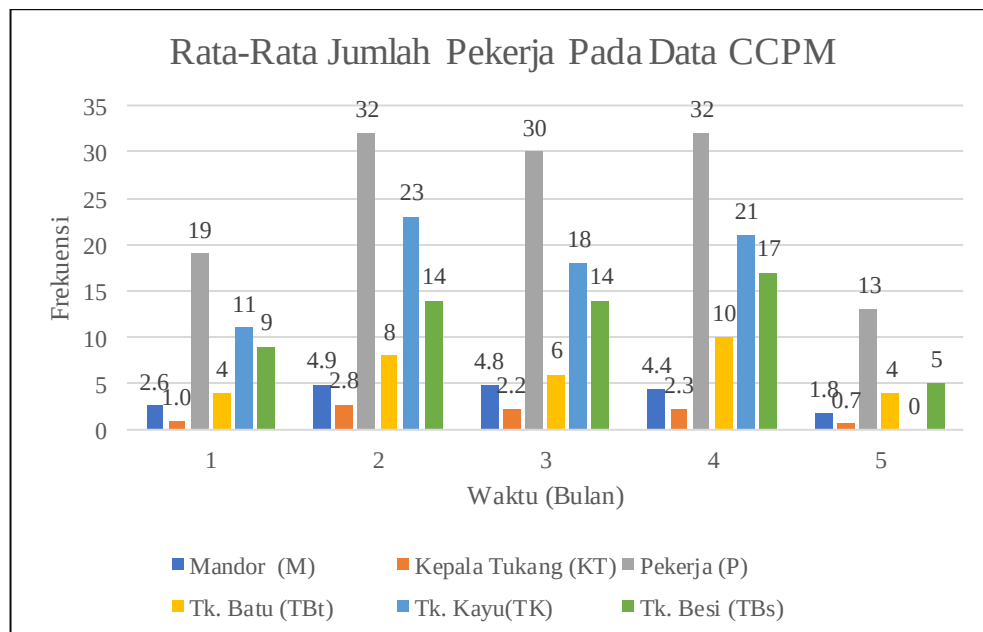
Gambar 5.14 Network Diagram CCPM

Dari Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa jalur dengan warna merah merupakan jalur kritis yang dimulai dari pekerjaan persiapan dengan id 1 sampai 5, dari pekerjaan persiapan kemudian menuju pekerjaan pondasi dengan id 7 sampai 18, dilanjutkan kembali pada pekerjaan kolom +4.75 dengan id 44, 47 dan 48 sampai ke pekerjaan terakhir yaitu pekerjaan plat +19.90. Sedangkan untuk jalur berwarna biru merupakan jalur non kritis.



Gambar 5.15 Data Jumlah Tenaga Kerja *Existing*

Dari Gambar 5.15 diketahui bahwa rata-rata dari jumlah pekerja dalam data *existing* cenderung memiliki frekuensi yang *fluktuatif* setiap bulannya. Adapun untuk durasi eksisting memiliki waktu yang lebih lama dibanding CCPM. Grafik CCPM dapat dilihat seperti pada gambar berikut:



Gambar 5.16 Data Jumlah Tenaga Kerja CCPM

Dari Gambar 5.16 terlihat bahwa kebutuhan tenaga kerja pada penjadwalan CCPM lebih banyak dari eksisting. Namun perbedaan tambahan beberapa pekerja dinilai cukup layak dengan pengurangan waktu proyek yang diberikan, dimana dapat dilihat pengerjaan CCPM hanya menggunakan waktu 5 bulan.

Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan menggunakan metode CCPM, didapatkan hasil analisis berupa perencanaan jadwal dengan CCPM mampu menyelesaikan proyek dengan waktu 19 minggu atau selesai pada tanggal 25 November 2022. Hal ini menjadikan perkiraan penyelesaian proyek dapat lebih cepat jika dibandingkan dengan rencana penjadwalan eksisting (*bar chart*) yang selesai dalam 22 minggu atau 130 hari kerja pada tanggal 12 desember 2022. Hasil tersebut didapatkan melalui pengoptimalan waktu proyek dengan durasi akhir mampu dipercepat menjadi 112 hari kerja dengan catatan menggunakan seluruh waktu *buffer* yang tersedia. Adapun untuk waktu *buffer* yang diperoleh memiliki durasi untuk *project buffer* berjumlah 20 hari dan *feeding buffer* berjumlah 7 hari.

5.4 Pembahasan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan menggunakan penelitian jurnal terkait, diketahui bahwa perencanaan penjadwalan proyek secara konvensional dinilai memiliki kelemahan-kelemahan tertentu terkait penjadwalan yang dilakukan. Dimana dari data awal yang diperoleh dapat dilakukan penyesuaian sebagai bahan optimasi baik dari segi waktu maupun urutan pekerjaan dengan menggunakan CCPM. Adapun pengoptimalan yang dilakukan sebagai berikut:

1. Pemotongan Durasi Pekerjaan

Menurut pernyataan Eliyahu Goldratt (1997) bahwa buruknya penjadwalan konvensional salah satunya dikarenakan pada pemberian waktu pengaman (*safety time*) yang terlalu banyak, sehingga diyakini menjadi sebab kurangnya produktivitas pada suatu proyek. Berdasarkan hal tersebut dilakukan upaya optimasi durasi waktu eksisting dengan cara melakukan beberapa penyesuaian durasi rencana. Adapun perhitungan durasi dilakukan berdasarkan perhitungan

menghilangkan waktu berlebih yang menjadikan perencanaan menjadi tidak efektif (Insani, dkk., 2014).

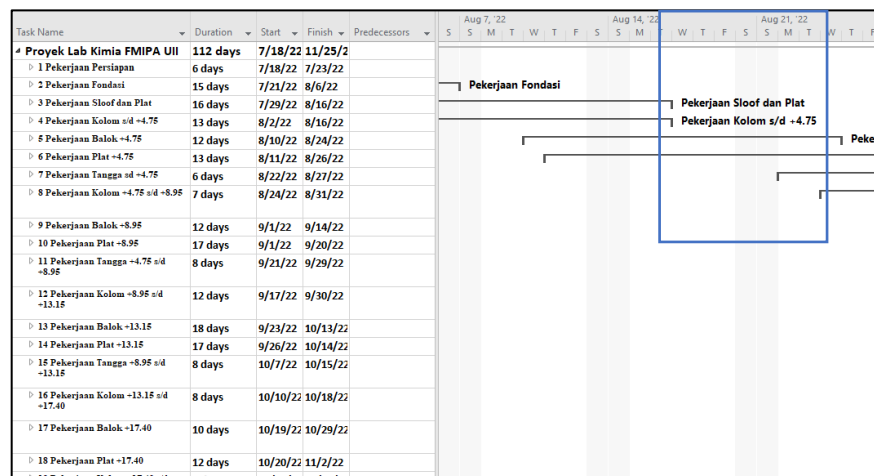
2. Meminimalisir Kegiatan *Multitasking*

Berdasarkan data awal proyek, terlihat adanya penumpukan pekerjaan pada minggu ke-5 yaitu pekerjaan fondasi, sloof dan plat, kolom, balok, plat dan tangga. Hal ini dirasa terlalu banyak untuk dikerjakan dalam 1 minggu pekerjaan. Sehingga, dibutuhkan penyesuaian urutan pekerjaan agar lebih meminimalisir *multitasking* yang terjadi pada minggu tersebut.

No	Uraian Pekerjaan	Bobot (%)	KONTRAK	WAKTU (Jl)										
				Juli 2022			Agustus 2022				September 2022			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rencana												
A	Pembersihan lokasi, pembuatan titik kerja dan gudang material dan pembuatan pagar pengaman proyek	Rencana	0,774	0,774										
B	Pengukuran dan pemasangan bouwplank	Rencana	0,575	0,231	0,347									
II	PEKERJAAN FONDASI	Rencana												
A	Pekerjaan galian tanah fondasi dan pekerjaan urug tanah kembali	Rencana	0,091		0,023	0,023	0,023	0,023						
C	Pekerjaan urug pasir bawah fondasi dan pekerjaan rabat beton lantai kerja bawah fondasi	Rencana	0,133		0,033	0,190								
E	Pekerjaan fondasi F1 dan fondasi F2	Rencana	2,203		0,551	0,551	0,551	0,551						
III	PEKERJAAN SLOOF DAN PLAT	Rencana												
A	Pekerjaan galian tanah sloof dan pekerjaan urug tanah kembali	Rencana	0,101		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020					
C	Pekerjaan urug pasir bawah sloof dan pekerjaan rabat beton lantai kerja bawah sloof	Rencana	0,213			0,117	0,096							
E	Pekerjaan sloof S1 sloof S2, dan plat SR	Rencana	3,632			1,090	1,090	0,363	1,090					
IV	PEKERJAAN KOLOM S/D +4.75	Rencana												
A	Pekerjaan kolom K1, kolom K2, kolom K3 dan kolom shaft K3	Rencana	10,645				2,129	3,193	2,561	2,561				
V	PEKERJAAN BALOK DAN PLAT +4.75	Rencana												
A	Pekerjaan balok B1, balok B2, balok B3, balok B4, balok shaft B5, plat A1 dan plat perapet	Rencana	13,522					2,026	2,026	2,704	3,361	3,361		
VI	PEKERJAAN TANGGA S/D +4.75	Rencana												
A	Pekerjaan galian tanah fondasi dan pekerjaan urug tanah kembali	Rencana	0,005					0,002	0,002					
C	Pekerjaan urug pasir bawah fondasi dan pekerjaan rabat beton lantai kerja bawah fondasi	Rencana	0,003					0,001	0,001					
E	Pekerjaan fondasi, kolom tangga, balok tangga, plat tangga, dan plat lantai	Rencana	0,639					0,375	0,420	0,042				

Gambar 5.19 Data Rencana Penjadwalan

Berdasarkan Gambar 5.19 beberapa penyesuaian yang dilakukan untuk mengoptimasi penjadwalan eksisting adalah dengan memotong durasi pada pekerjaan fondasi menjadi hanya 3 minggu dan menggeser pekerjaan tangga lantai 1 menjadi dilakukan pada minggu ke 6. Hasil ini menjadikan beban pekerjaan pada minggu ke 6 berkurang dan tujuan untuk meminimalisir kegiatan multitasking pada proyek mampu tercapai.



Gambar 5.20 Pengurangan Kegiatan Multitasking

Setelah penyesuaian yang dilakukan sebelumnya, didapatkan rangkaian kegiatan yang lebih sedikit dari rencana awal yaitu hanya pekerjaan sloof, kolom, balok, dan plat yang dilakukan pada minggu ke 5. Pengoptimalan dengan mengurangi pengerjaan secara *multitasking* diketahui mampu menambah produktivitas pekerjaan pada proyek. Hal ini sejalan dengan pendapat yang dikeluarkan oleh Sajekti (2009) yang berkata bahwa metode CCPM tidak mengijinkan adanya kegiatan *multitasking* dalam perencanaannya. Serta turut dibenarkan oleh Eliyahu Goldratt dengan menyebutkan bahwa perilaku *multitasking* justru menjadikan pengerjaan suatu pekerjaan menjadi tidak maksimal dan dapat menurunkan produktivitas pekerja.

3. Pemerataan Sumber Daya

Dalam proses pengoptimalan jadwal eksisting proyek, pemerataan sumber daya perlu dilakukan untuk menciptakan beban kerja yang lebih merata setiap harinya dengan tidak adanya kelebihan beban yang terjadi (*overallocated*). Dikarenakan dalam perencanaan ada kebutuhan tenaga kerja yang terlalu banyak dalam satu waktu, diperlukan adanya tindakan *leveling* untuk mengurangi hal tersebut agar pembengkakan terhadap kebutuhan sumber daya tidak terjadi. Dalam proses perencanaan yang dilakukan, terlihat pada Gambar 5.10 adanya alokasi sumber daya yang tidak merata. Sehingga dilakukan penyesuaian hubungan pekerjaan dengan tujuan pemerataan sumber daya pada setiap item pekerjaan. Contoh penyesuaian yang dilakukan adalah pada Pekerjaan Kolom s/d 4.75 yang

berdasarkan data perencanaan mulai dikerjakan pada minggu ke 4. Berdasarkan pengamatan melalui *Microsoft Project*, didapatkan hasil penggunaan sumber daya yang tidak merata pada pekerjaan kolom lantai 1. Sehingga dilakukan penyesuaian durasi yang awalnya dikerjakan selama 17 hari menjadi 13 hari beserta susunan hubungan pekerjaan yang lebih baik dengan menggeser pekerjaan fondasi menjadi minggu ke 3 dan memajukan pekerjaan tangga ke minggu berikutnya (minggu ke 6). Setelah dilakukan serangkaian pemotongan durasi sebelumnya, pelaksanaan pekerjaan kolom lantai 1 mulai dikerjakan pada minggu ke 3 dengan visual penggunaan sumber daya yang lebih merata. Hasil ini dapat dilihat pada Gambar 5.11.

Dari serangkaian optimasi yang telah dilakukan pada perencanaan eksisting seperti pemangkasan durasi, meminimalisir kegiatan *multitasking* dengan cara menggeser pekerjaan yang ada sehingga menjadi lebih ideal dan pemerataan terhadap alokasi sumber daya pada setiap pekerjaan menjadikan penjadwalan menggunakan metode CCPM mampu mempercepat durasi eksisting yang direncanakan selesai dalam waktu 130 hari menjadi 112 hari.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini setelah dilakukan analisis menggunakan penjadwalan dengan metode CCPM. Didapatkan hasil berupa metode CCPM mampu mengoptimasi durasi perencanaan proyek pembangunan gedung. Hasil perhitungan untuk waktu *buffer* diperoleh 20 hari sebagai *project buffer* dan 7 hari sebagai *feeding buffer*. Sehingga didapatkan durasi akhir proyek menjadi 112 hari kerja jika menggunakan seluruh waktu *buffer* yang tersedia. Hasil tersebut lebih cepat dari estimasi rencana yang selesai dalam waktu 130 hari kerja. Hasil ini juga tidak lepas dari penggunaan metode CCPM yang mampu merencanakan penjadwalan dengan pemerataan sumber daya yang lebih baik dan berkurangnya kegiatan *multitasking*.

6.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian menggunakan CCPM dapat ditingkatkan lagi, dikarenakan masih kurangnya literasi terkait penelitian terkait, terutama untuk bidang teknik sipil. Karena seperti yang diketahui, metode CCPM diciptakan dengan mengadopsi metode pada industri manufaktur.
2. Pengaplikasian metode CCPM sebaiknya dilakukan dari awal proyek agar dapat membandingkan penjadwalan rencana dengan aktual yang dilakukan serta mendapatkan data penggunaan sumber daya yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhund, M.A., Khoso, A.R., Memon, U., Akhund, M.A., Khoso, A.R., Khahro, S.H. 2017. Time Overrun in Construction Projects of Developing Countries. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*. Vol.3. No.4.
- Aulady, M., Orleans, C. 2016. Perbandingan Durasi Waktu Proyek Konstruksi Antara Metode Critical Path Method (CPM) dengan Metode Critical Chain Project Management. *Jurnal IPTEK*. Vol.20. No.1:13-25. Surabaya
- Dimiyati, A.H., Nurjaman, K. 2016. *Manajemen Proyek*, 2nd ed. Pustaka Setia, Bandung.
- Goldratt, E.M. 1997. *Critical Chain*. North River Press, Great Barrington.
- Hassan, H., Mangare, J.B., Pratas, P.A.K. 2016. Faktor-faktor Penyebab Keterlambatan Pada Proyek Konstruksi Dan Alternatif Penyelesaiannya (Studi Kasus: Di Manado Town Square III). *Jurnal Sipil Statik*. Vol.4. No.11:657–664. Manado.
- Herroelen, W., Leus, R. 2001. On the Merits and Pitfalls of Critical Chain Scheduling. *Journal of Operations Management*. Vol.19. No.5:559–577. Leuven.
- Hines, P., Taylor, D. 2000. *Going Lean: A Guide to Implementation*, 1st ed. Lean Enterprise Research Centre, Cardiff.
- Husen, A., 2011. *Manajemen Proyek (Perencanaan, Penjadwalan, dan Pengendalian Proyek)*, Revisi. ed. Andi Offset, Yogyakarta.
- Iwawo, E.R.M., Tjakra, J., Pratas, P.A.K. 2016. Penerapan Metode Cpm Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Gedung Baru Kompleks Eben Haezar Manado). *Jurnal Sipil Statik*. Vol.4. No.9:551–558. Manado.
- Izmailov, A., Korneva, D., Kozhemiakin, A. 2016. Project Management using the Buffers of Time and Resources. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Elsevier BV, pp. 189–197.
- Kasidi, D. 2008. *Penerapan Metode Critical Chain Project Management Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Sudirman Tower)*. Universitas Indonesia. Depok.
- Kusnanto. 2010. *Penjadwalan Proyek Konstruksi Dengan Metode Pert (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung R. Kuliah Dan Perpustakaan PGSD KLECO FKIP UNS Tahap I)*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Leach, L.P. 2000. *Critical Chain Project Management*. Artech House, Norwood.
- Mahapati, I.A.P.S. 2019. *Metode Perencanaan Dan Pengendalian Proyek Konstruksi*.

- Mahyuddin, Ritnawati, Rachim, F., Mursalim, E., Pandarangga, A.P., Sidiq, R., Ulfyati, Y., Rosytha, A. 2023. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yayasan Kita Menulis.
- Nasution, S.R., Resthy. 2014. Penerapan Metode Critical Chain Project Management untuk Perencanaan Proyek Very Lowpressure Phase-li Kei Ltd. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. Vol.6. Yogyakarta.
- Nugroho, D.T., Suroso, A. 2023. Penggunaan Critical Chain Project Management Method Terhadap Perencanaan Waktu Pelaksanaan Fly Over Jalan Tol. *Jurnal Konstruksia*. Vol.14. No.2:44. Jakarta.
- Nurfitriansyah, M., Mulyani, E., Indrayadi, M. 2019. *Mengaplikasikan Metode Lean Project Management dan Metode Penjadwalan CCPM dalam Tahap Perencanaan Proyek Konstruksi*. Pontianak. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Pardeshi, P., Shelke, D.N., Waghmare, A.P. 2020. Approach of Critical Chain Project Management in Residential Construction Project. *Iconic Research and Engineering Journals*. Vol.3. No.8:213-2017. India.
- Putri, W.A., 2020. *Analisis Sistem Informasi Penjadwalan Waktu dan Pengendalian Proyek Gedung Perkantoran & Gudang Suzuya Medan*. Medan.
- Ramanda, R., Arvianto, A. 2015. Penerapan Critical Chain Project Management untuk Mengatasi Masalah Multi Proyek dengan Keterbatasan Resources di PT Berkat Manunggal Jaya. *Industrial Engineering Online Journal*. Vol.4. No.2. Semarang.
- Rosanti, N., Setiawan. E., Ayuningtyas. A., 2015. Penggunaan Metode Jalur Kritis {ada Manajemen Proyek (Studi Kasus: PT. Trend Communications International)}. *Jurnal Teknologi*. Vol.8. No.1:23-30. Jakarta.
- Sajekti, A. 2009. *Metode Kerja Bangunan Sipil*, 1st ed. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Setiawan, B.B., Trijeti. 2012. Analisis Pertukaran Waktu Dan Biaya Dengan Metode TIME Cost Trade Off (Tcto) Pada Proyek Pembangunan Gedung di Jakarta. *Jurnal Konstruksi*. Vol.4. No.1:26–34. Jakarta.
- Sinaga, T., Husin, A.E. 2021. Analysis of Time Efficiency with CCPM Method and BIM in Construction Projects Construction of High-rise Residential Building Basement. *Civil Engineering and Architecture Journal*. Vol.9. No.5:1465–1477.
- Stratton, R. 2009. Critical Chain Project Management Theory and Practice. *POMS 20th Annual Conference*. POMS Abstract Acceptance. Florida.
- Sugiyanto. 2021. *Manajemen Proyek Rantai Kritis*. Cipta Media Nusantara.
- Sugiyanto, Insan, K. 2022. Penerapan Optimalisasi Metode Critical Chain Project Management Pada Pelaksanaan Proyek Kontruksi. *Rang Teknik Journal*. Vol.5. No.2:352–363. Sumatra Barat.

- Sugiyanto, Umam, AH.N. 2021. Analisis Kinerja Waktu Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Performance Intensity. *Rang Teknik Journal*. Vol.4. No.1:52–67. Sumatra Barat.
- Tampubolon, U.D., Rahman, T., Haryanto, B. 2021. 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). *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Sipil 5*. Vol.5. No1:30-43. Samarinda.
- Widiasanti, I., Lenggogeni. 2013. *Manajemen Konstruksi*. PT Remaja Rosdakarya, Bandung.
- Wirawan, G. 2017. *Penerapan Metode Critical Chain Project Management (CCPM) Dan Critical Path Method (CPM) Pada Penjadwalan Proyek Perbaikan Kapal BC30002*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Wisudanto, A.W. 2019. *Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan pada Proyek Konstruksi Gedung di Kediri*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Hubungan Kegiatan Antar Pekerjaan

Uraian Kegiatan	Durasi	Mulai	Selesai	Hubungan Antar Kegiatan
Pekerjaan Persiapan	6 days	7/18/2022	7/23/2022	
Pembersihan Lokasi	4 days	7/18/2022	7/21/2022	
Pembuatan Pagar Pengaman Proyek	3 days	7/18/2022	7/20/2022	2SS
Pembuatan brak pekerja dan gudang material	3 days	7/19/2022	7/21/2022	3SS+1 day
Pengukuran dan pemasangan bouwplank	3 days	7/21/2022	7/23/2022	4FS-1 day
Pekerjaan Fondasi	15 days	7/21/2022	8/6/2022	
Pekerjaan galian tanah fondasi	5 days	7/21/2022	7/26/2022	5SS
Pekerjaan urug tanah kembali	2 days	8/5/2022	8/6/2022	18FS+1 day
Pekerjaan urug pasir bawah fondasi	2 days	7/25/2022	7/26/2022	7FF
Pekerjaan rabat beton/lantai kerja bawah fondasi	2 days	7/25/2022	7/26/2022	9FF
Pekerjaan fondasi F1	8 days	7/26/2022	8/3/2022	
a. Begesting fondasi	4 days	7/27/2022	7/30/2022	13FS-2 days
b. Pembesian	3 days	7/26/2022	7/28/2022	10FS-1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	7/30/2022	8/3/2022	12FS-1 day
Pekerjaan fondasi F2	8 days	7/26/2022	8/3/2022	
a. Begesting fondasi	4 days	7/27/2022	7/30/2022	17FS-2 days
b. Pembesian	3 days	7/26/2022	7/28/2022	13FF
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	7/30/2022	8/3/2022	16FS-1 day,14FF
Pekerjaan Sloof dan Plat	16 days	7/29/2022	8/16/2022	
Pekerjaan galian tanah sloof	5 days	7/29/2022	8/3/2022	17
Pekerjaan urug tanah kembali	4 days	8/8/2022	8/11/2022	8
Pekerjaan urug pasir bawah sloof	3 days	8/1/2022	8/3/2022	20SS+2 days
Pekerjaan rabat beton/lantai kerja bawah sloof	4 days	8/1/2022	8/4/2022	22SS
Pekerjaan sloof S1	6 days	8/3/2022	8/9/2022	
a. Begesting sloof	5 days	8/3/2022	8/8/2022	22FS-2 days,23FS-2 days
b. Pembesian	4 days	8/4/2022	8/8/2022	25FF

c. Beton F'c 25 Mpa	3 days	8/6/2022	8/9/2022	26FS-2 days
Pekerjaan sloof S2	6 days	8/3/2022	8/9/2022	
a. Begesting sloof	4 days	8/3/2022	8/6/2022	25SS
b. Pembesian	2 days	8/5/2022	8/6/2022	29FF
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	8/8/2022	8/9/2022	30,27FF
Pekerjaan Pit Lift	6 days	8/10/2022	8/16/2022	
a. Pekerjaan galian tanah	2 days	8/10/2022	8/11/2022	31
b. Pekerjaan urug tanah kembali	1 day	8/13/2022	8/13/2022	40,21
Feeding Buffer	2 days	8/15/2022	8/16/2022	34
c. Pekerjaan urug pasir bawah plat	1 day	8/11/2022	8/11/2022	33FS-1 day
d. Pekerjaan rabat beton bawah plat	1 day	8/11/2022	8/11/2022	36FF
f. Begesting dinding	1 day	8/12/2022	8/12/2022	39FF
g. Pembesian	1 day	8/12/2022	8/12/2022	37
h. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/12/2022	8/12/2022	38FF
Pekerjaan Kolom s/d +4.75	13 days	8/2/2022	8/16/2022	
Pekerjaan kolom K1	13 days	8/2/2022	8/16/2022	
a. Begesting kolom	11 days	8/4/2022	8/16/2022	44SS+2 days,34FF
b. Pembesian	9 days	8/2/2022	8/11/2022	18FS-2 days
c. Beton F'c 25 Mpa	9 days	8/6/2022	8/16/2022	43FF
Pekerjaan kolom K2	13 days	8/2/2022	8/16/2022	
a. Begesting kolom	11 days	8/4/2022	8/16/2022	48SS+2 days
b. Pembesian	8 days	8/2/2022	8/10/2022	44SS
c. Beton F'c 25 Mpa	9 days	8/6/2022	8/16/2022	47FF,45FF
Pekerjaan Kolom K3	6 days	8/6/2022	8/12/2022	
a. Begesting kolom	2 days	8/9/2022	8/10/2022	52
b. Pembesian	2 days	8/6/2022	8/8/2022	49SS
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/12/2022	8/12/2022	51FS+1 day
Pekerjaan Balok +4.75	12 days	8/10/2022	8/24/2022	
Pekerjaan balok B1	11 days	8/10/2022	8/23/2022	
a. Begesting balok	7 days	8/10/2022	8/18/2022	51FS-1 day
b. Pembesian	6 days	8/12/2022	8/19/2022	56FF+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	5 days	8/18/2022	8/23/2022	57FS-2 days
Pekerjaan balok B2	8 days	8/13/2022	8/23/2022	
a. Begesting balok	4 days	8/13/2022	8/18/2022	56SS+3 days,53
b. Pembesian	2 days	8/18/2022	8/19/2022	60FS-1 day

c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	8/22/2022	8/23/2022	61FS+1 day
Pekerjaan balok B3	7 days	8/13/2022	8/22/2022	
a. Begesting balok	4 days	8/13/2022	8/18/2022	60SS
b. Pembesian	1 day	8/19/2022	8/19/2022	64
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	8/20/2022	8/22/2022	65
Pekerjaan balok B4	4 days	8/19/2022	8/23/2022	
a. Begesting balok	2 days	8/19/2022	8/20/2022	64
b. Pembesian	1 day	8/22/2022	8/22/2022	68
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/23/2022	8/23/2022	69,58FF,66,62FF
Pekerjaan balok shaft BS	3 days	8/22/2022	8/24/2022	
a. Begesting balok	1 day	8/22/2022	8/22/2022	68
b. Pembesian	1 day	8/23/2022	8/23/2022	72
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/24/2022	8/24/2022	73,70
Pekerjaan Plat +4.75	13 days	8/11/2022	8/26/2022	
Pekerjaan plat A1	12 days	8/11/2022	8/25/2022	
a. Begesting plat	10 days	8/11/2022	8/23/2022	56SS+1 day
b. Pembesian	6 days	8/16/2022	8/23/2022	77FF
c. Beton F'c 25 Mpa	7 days	8/18/2022	8/25/2022	78SS+1 day
Pekerjaan plat parapet	6 days	8/20/2022	8/26/2022	
a. Begesting dinding	4 days	8/20/2022	8/24/2022	79FF-1 day
b. Pembesian	1 day	8/25/2022	8/25/2022	81,74
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/26/2022	8/26/2022	82FF+1 day
Pekerjaan Tangga sd +4.75	6 days	8/22/2022	8/27/2022	
Pekerjaan galian tanah pondasi	1 day	8/22/2022	8/22/2022	81SS+1 day
Pekerjaan urug tanah kembali	1 day	8/24/2022	8/24/2022	92
Pekerjaan urug pasir bawah pondasi	1 day	8/22/2022	8/22/2022	85FF
Pekerjaan rabat beton/ lantai kerja bawah fondasi	1 day	8/22/2022	8/22/2022	87FF
Pekerjaan fondasi	1 day	8/23/2022	8/23/2022	
a. Begesting fondasi	1 day	8/23/2022	8/23/2022	91FF
b. Pembesian	1 day	8/23/2022	8/23/2022	88
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/23/2022	8/23/2022	90FF
Pekerjaan kolom tangga	1 day	8/25/2022	8/25/2022	
a. Begesting kolom	1 day	8/25/2022	8/25/2022	95FF
b. Pembesian	1 day	8/25/2022	8/25/2022	86

c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/25/2022	8/25/2022	94FF
Pekerjaan balok tangga	2 days	8/25/2022	8/26/2022	
a. Begesting balok	1 day	8/25/2022	8/25/2022	96FF
b. Pembesian	1 day	8/25/2022	8/25/2022	98FF
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/26/2022	8/26/2022	99
Pekerjaan plat tangga	3 days	8/25/2022	8/27/2022	
a. Begesting tangga	2 days	8/25/2022	8/26/2022	98SS
b. Pembesian	1 day	8/26/2022	8/26/2022	102FF
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/26/2022	8/26/2022	103FF,100FF,109FF
Feeding Buffer	1 day	8/27/2022	8/27/2022	104
Pekerjaan plat bordes	1 day	8/26/2022	8/26/2022	
a. Begesting plat	1 day	8/26/2022	8/26/2022	102SS+1 day
b. Pembesian	1 day	8/26/2022	8/26/2022	107FF
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/26/2022	8/26/2022	108FF
Pekerjaan Kolom +4.75 s/d +8.95	7 days	8/24/2022	8/31/2022	
Pekerjaan kolom K1	7 days	8/24/2022	8/31/2022	
a. Begesting kolom	4 days	8/27/2022	8/31/2022	113,83
b. Pembesian	3 days	8/24/2022	8/26/2022	78
c. Beton F'c 25 Mpa	3 days	8/29/2022	8/31/2022	112FF
Pekerjaan kolom K2	7 days	8/24/2022	8/31/2022	
a. Begesting kolom	4 days	8/27/2022	8/31/2022	117
b. Pembesian	3 days	8/24/2022	8/26/2022	113SS
c. Beton F'c 25 Mpa	3 days	8/29/2022	8/31/2022	116FF,114FF
Pekerjaan kolom K3	3 days	8/29/2022	8/31/2022	
a. Begesting kolom	2 days	8/30/2022	8/31/2022	121
b. Pembesian	1 day	8/29/2022	8/29/2022	118SS,104
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/31/2022	8/31/2022	120FF
Pekerjaan Balok +8.95	12 days	9/1/2022	9/14/2022	
Pekerjaan balok B1	12 days	9/1/2022	9/14/2022	
a. Begesting balok	7 days	9/1/2022	9/8/2022	118,122
b. Pembesian	6 days	9/2/2022	9/8/2022	125FF
c. Beton F'c 25 Mpa	5 days	9/9/2022	9/14/2022	126
Pekerjaan balok B2	10 days	9/3/2022	9/14/2022	
a. Begesting balok	4 days	9/3/2022	9/7/2022	125SS+2 days
b. Pembesian	3 days	9/8/2022	9/10/2022	129
c. Beton F'c 25 Mpa	3 days	9/12/2022	9/14/2022	130,127FF

Pekerjaan balok B3	6 days	9/8/2022	9/14/2022	
a. Begesting balok	4 days	9/8/2022	9/12/2022	129
b. Pembesian	1 day	9/13/2022	9/13/2022	133
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	9/14/2022	9/14/2022	134,131FF
Pekerjaan balok B4	5 days	9/5/2022	9/9/2022	
a. Begesting balok	3 days	9/5/2022	9/7/2022	129SS+1 day
b. Pembesian	1 day	9/8/2022	9/8/2022	137
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	9/9/2022	9/9/2022	138
Pekerjaan balok shaft BS	2 days	9/12/2022	9/13/2022	
a. Begesting balok	1 day	9/12/2022	9/12/2022	139FS+1 day
b. Pembesian	1 day	9/12/2022	9/12/2022	141FF
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	9/13/2022	9/13/2022	142
Pekerjaan Plat +8.95	17 days	9/1/2022	9/20/2022	
Pekerjaan plat A1	14 days	9/1/2022	9/16/2022	
a. Begesting plat	13 days	9/1/2022	9/15/2022	125SS
b. Pembesian	6 days	9/9/2022	9/15/2022	146FF
c. Beton F'c 25 Mpa	7 days	9/9/2022	9/16/2022	147SS
Pekerjaan plat parapet	6 days	9/14/2022	9/20/2022	
a. Begesting dinding	4 days	9/14/2022	9/17/2022	148FS-3 days,143,135SS
b. Pembesian	1 day	9/19/2022	9/19/2022	150
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	9/20/2022	9/20/2022	151
Pekerjaan Tangga +4.75 s/d +8.95	8 days	9/21/2022	9/29/2022	
Pekerjaan kolom tangga	2 days	9/21/2022	9/22/2022	
a. Begesting kolom	1 day	9/22/2022	9/22/2022	156
b. Pembesian	1 day	9/21/2022	9/21/2022	152
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	9/22/2022	9/22/2022	155FF
Pekerjaan balok tangga	1 day	9/23/2022	9/23/2022	
a. Begesting balok	1 day	9/23/2022	9/23/2022	157
b. Pembesian	1 day	9/23/2022	9/23/2022	159FF
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	9/23/2022	9/23/2022	159FF,160FF
Pekerjaan plat tangga	5 days	9/24/2022	9/29/2022	
a. Begesting tangga	3 days	9/24/2022	9/27/2022	161
b. Pembesian	1 day	9/27/2022	9/27/2022	163FF
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	9/28/2022	9/29/2022	164,169FF
Pekerjaan plat bordes	2 days	9/28/2022	9/29/2022	

a. Begesting plat	1 day	9/28/2022	9/28/2022	163
b. Pembesian	1 day	9/28/2022	9/28/2022	167FF
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	9/29/2022	9/29/2022	168
Pekerjaan Kolom +8.95 s/d +13.15	12 days	9/17/2022	9/30/2022	
Pekerjaan kolom K1	9 days	9/17/2022	9/27/2022	
a. Begesting kolom	5 days	9/20/2022	9/24/2022	173
b. Pembesian	2 days	9/17/2022	9/19/2022	148
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	9/21/2022	9/24/2022	172FF
Feeding Buffer	2 days	9/26/2022	9/27/2022	174
Pekerjaan kolom K2	7 days	9/19/2022	9/26/2022	
a. Begesting kolom	5 days	9/21/2022	9/26/2022	178
b. Pembesian	2 days	9/19/2022	9/20/2022	173SS+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	9/22/2022	9/26/2022	177FF
Pekerjaan kolom K3	3 days	9/28/2022	9/30/2022	
a. Begesting kolom	2 days	9/29/2022	9/30/2022	182
b. Pembesian	1 day	9/28/2022	9/28/2022	179FS+1 day,174
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	9/30/2022	9/30/2022	181FF,165
Pekerjaan Balok +13.15	18 days	9/23/2022	10/13/2022	
Pekerjaan balok B1	16 days	9/23/2022	10/11/2022	
a. Begesting balok	7 days	9/23/2022	9/30/2022	179SS+1 day,183FF
b. Pembesian	6 days	9/24/2022	9/30/2022	186FF
c. Beton F'c 25 Mpa	6 days	10/5/2022	10/11/2022	187FS+3 days
Pekerjaan balok B2	10 days	9/26/2022	10/6/2022	
a. Begesting balok	4 days	9/26/2022	9/29/2022	186SS+2 days
b. Pembesian	2 days	9/28/2022	9/29/2022	190FF
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	10/5/2022	10/6/2022	191FS+4 days
Pekerjaan balok B3	8 days	9/29/2022	10/7/2022	
a. Begesting balok	4 days	9/29/2022	10/3/2022	191FS-1 day
b. Pembesian	1 day	10/4/2022	10/4/2022	194
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	10/6/2022	10/7/2022	195FS+1 day
Pekerjaan balok B4	7 days	9/30/2022	10/7/2022	
a. Begesting balok	3 days	9/30/2022	10/3/2022	194SS+1 day
b. Pembesian	1 day	10/4/2022	10/4/2022	198
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/7/2022	10/7/2022	199FS+2 days,192
Pekerjaan balok shaft BS	5 days	10/8/2022	10/13/2022	
a. Begesting balok	1 day	10/8/2022	10/8/2022	196FS-1 day,200
Feeding Buffer	2 days	10/10/2022	10/11/2022	202

b. Pembesian	1 day	10/12/2022	10/12/2022	202,188
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/13/2022	10/13/2022	204
Pekerjaan Plat +13.15	17 days	9/26/2022	10/14/2022	
Pekerjaan plat A1	15 days	9/26/2022	10/12/2022	
a. Begesting plat	13 days	9/26/2022	10/10/2022	186SS+2 days
b. Pembesian	6 days	10/4/2022	10/10/2022	208FF
c. Beton F'c 25 Mpa	7 days	10/5/2022	10/12/2022	209SS+1 day
Pekerjaan plat parapet	8 days	10/6/2022	10/14/2022	
a. Begesting dinding	6 days	10/6/2022	10/12/2022	210FF
b. Pembesian	2 days	10/12/2022	10/13/2022	212FF+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	10/13/2022	10/14/2022	213FS-1 day, 205FF+1 day
Pekerjaan Tangga +8.95 s/d +13.15	8 days	10/7/2022	10/15/2022	
Pekerjaan kolom tangga	2 days	10/7/2022	10/8/2022	
a. Begesting kolom	1 day	10/8/2022	10/8/2022	218
b. Pembesian	1 day	10/7/2022	10/7/2022	212SS+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/8/2022	10/8/2022	217FF
Pekerjaan balok tangga	2 days	10/10/2022	10/11/2022	
a. Begesting balok	1 day	10/11/2022	10/11/2022	222
b. Pembesian	1 day	10/10/2022	10/10/2022	219
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/11/2022	10/11/2022	221FF
Pekerjaan plat tangga	4 days	10/12/2022	10/15/2022	
a. Begesting tangga	3 days	10/13/2022	10/15/2022	226
b. Pembesian	1 day	10/12/2022	10/12/2022	223
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/15/2022	10/15/2022	225FF, 214, 231
Pekerjaan plat bordes	2 days	10/13/2022	10/14/2022	
a. Begesting plat	1 day	10/14/2022	10/14/2022	230
b. Pembesian	1 day	10/13/2022	10/13/2022	226
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/14/2022	10/14/2022	229FF
Pekerjaan Kolom +13.15 s/d +17.40	8 days	10/10/2022	10/18/2022	
Pekerjaan kolom K1	8 days	10/10/2022	10/18/2022	
a. Begesting kolom	6 days	10/12/2022	10/18/2022	235, 227FF+2 days
b. Pembesian	2 days	10/10/2022	10/11/2022	209FS-1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	10/14/2022	10/18/2022	234FF
Pekerjaan kolom K2	7 days	10/11/2022	10/18/2022	

a. Begesting kolom	6 days	10/12/2022	10/18/2022	239FS-1 day
b. Pembesian	2 days	10/11/2022	10/12/2022	235SS+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	10/14/2022	10/18/2022	238FF,244FF
Pekerjaan kolom K3	3 days	10/15/2022	10/18/2022	
a. Begesting kolom	1 day	10/17/2022	10/17/2022	243
b. Pembesian	1 day	10/15/2022	10/15/2022	236SS+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/18/2022	10/18/2022	242
Pekerjaan Balok +17.40	10 days	10/19/2022	10/29/2022	
Pekerjaan balok B1	8 days	10/19/2022	10/27/2022	
a. Begesting balok	3 days	10/19/2022	10/21/2022	236,240
b. Pembesian	1 day	10/22/2022	10/22/2022	247
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/27/2022	10/27/2022	248FS+3 days
Pekerjaan balok B2	9 days	10/19/2022	10/28/2022	
a. Begesting balok	4 days	10/19/2022	10/22/2022	247SS
b. Pembesian	2 days	10/22/2022	10/24/2022	251FS-1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	10/27/2022	10/28/2022	252FS+2 days,249FF+1 day
Pekerjaan balok B4	10 days	10/19/2022	10/29/2022	
a. Begesting balok	6 days	10/19/2022	10/25/2022	251SS
b. Pembesian	2 days	10/25/2022	10/26/2022	255FF+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	10/26/2022	10/29/2022	256FS-1 day,253FF+1 day
Pekerjaan balok B5	7 days	10/21/2022	10/28/2022	
a. Begesting balok	3 days	10/21/2022	10/24/2022	255SS+2 days
b. Pembesian	1 day	10/25/2022	10/25/2022	259
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	10/27/2022	10/28/2022	260FS+1 day
Pekerjaan balok B6	6 days	10/22/2022	10/28/2022	
a. Begesting balok	3 days	10/22/2022	10/25/2022	259SS+1 day
b. Pembesian	1 day	10/26/2022	10/26/2022	263
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/28/2022	10/28/2022	264FS+1 day,261FF
Pekerjaan balok B7	6 days	10/20/2022	10/26/2022	
a. Begesting balok	2 days	10/20/2022	10/21/2022	247SS+1 day
b. Pembesian	1 day	10/24/2022	10/24/2022	267FS+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/26/2022	10/26/2022	268FS+1 day
Pekerjaan balok shaf BS	2 days	10/28/2022	10/29/2022	
a. Begesting balok	1 day	10/28/2022	10/28/2022	269FS+1 day
b. Pembesian	1 day	10/28/2022	10/28/2022	271FF
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/29/2022	10/29/2022	272,257FF,265

Pekerjaan Plat +17.40	12 days	10/20/2022	11/2/2022	
Pekerjaan plat A1	10 days	10/20/2022	10/31/2022	
a. Begesting plat	7 days	10/20/2022	10/27/2022	267SS
b. Pembesian	3 days	10/25/2022	10/27/2022	276FF
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	10/27/2022	10/31/2022	277FS-1 day, 273FF+1 day
Pekerjaan plat A2	7 days	10/20/2022	10/27/2022	
a. Begesting plat	4 days	10/20/2022	10/24/2022	267SS
b. Pembesian	1 day	10/24/2022	10/24/2022	280FF
c. Beton F'c 25 Mpa	3 days	10/24/2022	10/27/2022	281
Pekerjaan plat parapet atap	7 days	10/26/2022	11/2/2022	
a. Begesting dinding	6 days	10/26/2022	11/1/2022	282SS+1 day
b. Pembesian	2 days	10/31/2022	11/1/2022	284FF
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	11/1/2022	11/2/2022	285FS-1 day, 278
Pekerjaan Kolom +17.40 s/d +19.90	2 days	10/28/2022	10/29/2022	
Pekerjaan kolom K3	2 days	10/28/2022	10/29/2022	
a. Begesting kolom	1 day	10/29/2022	10/29/2022	290
b. Pembesian	1 day	10/28/2022	10/28/2022	282
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/29/2022	10/29/2022	289FF
Pekerjaan Balok +19.90	3 days	10/31/2022	11/2/2022	
Pekerjaan balok B4	3 days	10/31/2022	11/2/2022	
a. Begesting balok	1 day	10/31/2022	10/31/2022	291
b. Pembesian	1 day	11/1/2022	11/1/2022	294
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	11/2/2022	11/2/2022	295, 286FF
Pekerjaan Plat +19.90	3 days	10/31/2022	11/2/2022	

Lampiran 2. Identifikasi Jalur Kritis Metode CCPM

Nama Pekerjaan	Durasi	Mulai	Selesai	Hubungan Kegiatan
Pekerjaan Persiapan	6 days	7/18/2022	7/23/2022	
Pembersihan Lokasi	4 days	7/18/2022	7/21/2022	
Pembuatan Pagar Pengaman Proyek	3 days	7/18/2022	7/20/2022	2SS
Pembuatan brak pekerja dan gudang matrial	3 days	7/19/2022	7/21/2022	3SS+1 day
Pengukuran dan pemasangan bouwplank	3 days	7/21/2022	7/23/2022	4FS-1 day
Pekerjaan Fondasi	15 days	7/21/2022	8/6/2022	
Pekerjaan galian tanah fondasi	5 days	7/21/2022	7/26/2022	5SS
Pekerjaan urug pasir bawah fondasi	2 days	7/25/2022	7/26/2022	7FF
Pekerjaan rabat beton/ lantai kerja bawah fondasi	2 days	7/25/2022	7/26/2022	9FF
Pekerjaan fondasi F1	8 days	7/26/2022	8/3/2022	
a. Begesting fondasi	4 days	7/27/22	7/30/22	13FS-2 days
b. Pembesian	3 days	7/26/2022	7/28/2022	10FS-1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	7/30/22	8/3/22	12FS-1 day
Pekerjaan fondasi F2	8 days	7/26/2022	8/3/2022	
a. Begesting fondasi	4 days	7/27/2022	7/30/2022	17FS-2 days
b. Pembesian	3 days	7/26/2022	7/28/2022	13FF
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	7/30/2022	8/3/2022	16FS-1 day
Pekerjaan Kolom s/d +4,75	13 days	8/2/2022	8/16/2022	
Pekerjaan kolom K1	13 days	8/2/2022	8/16/2022	
a. Begesting kolom	11 days	8/4/2022	8/16/2022	43SS+2 days,34FF
b. Pembesian	9 days	8/2/2022	8/11/2022	18FS-2 days

c. Beton F'c 25 Mpa	9 days	8/6/2022	8/16/2022	42FF
Pekerjaan kolom K2	13 days	8/2/2022	8/16/2022	
a. Begesting kolom	11 days	8/4/2022	8/16/2022	47SS+2 days
b. Pembesian	8 days	8/2/2022	8/10/2022	43SS
c. Beton F'c 25 Mpa	9 days	8/6/2022	8/16/2022	46FF,44FF
Pekerjaan Kolom K3	6 days	8/6/2022	8/12/2022	
a. Begesting kolom	2 days	8/9/2022	8/10/2022	51
b. Pembesian	2 days	8/6/2022	8/8/2022	48SS
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/12/2022	8/12/2022	50FS+1 day
Pekerjaan Balok +4.75	12 days	8/10/2022	8/24/2022	
Pekerjaan balok B1	11 days	8/10/2022	8/23/2022	
a. Begesting balok	7 days	8/10/2022	8/18/2022	50FS-1 day
b. Pembesian	6 days	8/12/2022	8/19/2022	55FF+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	5 days	8/18/2022	8/23/2022	56FS-2 days
Pekerjaan balok B2	8 days	8/13/2022	8/23/2022	
a. Begesting balok	4 days	8/13/2022	8/18/2022	55SS+3 days,52
b. Pembesian	2 days	8/18/2022	8/19/2022	59FS-1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	8/22/2022	8/23/2022	60FS+1 day
Pekerjaan balok B3	7 days	8/13/2022	8/22/2022	
a. Begesting balok	4 days	8/13/2022	8/18/2022	59SS
b. Pembesian	1 day	8/19/2022	8/19/2022	63
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	8/20/2022	8/22/2022	64
Pekerjaan balok B4	4 days	8/19/2022	8/23/2022	
a. Begesting balok	2 days	8/19/2022	8/20/2022	63

b. Pembesian	1 day	8/22/2022	8/22/2022	67
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/23/2022	8/23/2022	68,57FF,65,61FF
Pekerjaan balok shaft BS	3 days	8/22/2022	8/24/2022	
a. Begesting balok	1 day	8/22/2022	8/22/2022	67
b. Pembesian	1 day	8/23/2022	8/23/2022	71
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/24/2022	8/24/2022	72,69
Pekerjaan Plat +4.75	13 days	8/11/2022	8/26/2022	
Pekerjaan plat A1	12 days	8/11/2022	8/25/2022	
a. Begesting plat	10 days	8/11/2022	8/23/2022	55SS+1 day
b. Pembesian	6 days	8/16/2022	8/23/2022	76FF
c. Beton F'c 25 Mpa	7 days	8/18/2022	8/25/2022	77SS+1 day
Pekerjaan plat parapet	6 days	8/20/2022	8/26/2022	
a. Begesting dinding	4 days	8/20/2022	8/24/2022	78FF-1 day
b. Pembesian	1 day	8/25/2022	8/25/2022	80,73
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/26/2022	8/26/2022	81FF+1 day
Pekerjaan Tangga sd +4.75	5 days	8/22/2022	8/26/2022	
Pekerjaan galian tanah pondasi	1 day	8/22/2022	8/22/2022	80SS+1 day
Pekerjaan urug tanah kembali	1 day	8/24/2022	8/24/2022	91
Pekerjaan urug pasir bawah pondasi	1 day	8/22/2022	8/22/2022	84FF
Pekerjaan rabat beton/ lantai kerja bawah fondasi	1 day	8/22/2022	8/22/2022	86FF
Pekerjaan fondasi	1 day	8/23/2022	8/23/2022	
a. Begesting fondasi	1 day	8/23/2022	8/23/2022	90FF
b. Pembesian	1 day	8/23/2022	8/23/2022	87
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/23/2022	8/23/2022	89FF

Pekerjaan kolom tangga	1 day	8/25/2022	8/25/2022	
a. Begesting kolom	1 day	8/25/2022	8/25/2022	94FF
b. Pembesian	1 day	8/25/2022	8/25/2022	85
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/25/2022	8/25/2022	93FF
Pekerjaan balok tangga	2 days	8/25/2022	8/26/2022	
a. Begesting balok	1 day	8/25/2022	8/25/2022	95FF
b. Pembesian	1 day	8/25/2022	8/25/2022	97FF
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/26/2022	8/26/2022	98
Pekerjaan plat tangga	2 days	8/25/2022	8/26/2022	
a. Begesting tangga	2 days	8/25/2022	8/26/2022	97SS,99FF
b. Pembesian	1 day	8/26/2022	8/26/2022	101FF
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/26/2022	8/26/2022	102FF
Pekerjaan plat bordes	1 day	8/26/2022	8/26/2022	
a. Begesting plat	1 day	8/26/2022	8/26/2022	103SS
b. Pembesian	1 day	8/26/2022	8/26/2022	105FF
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/26/2022	8/26/2022	106FF
Pekerjaan Kolom +4.75 s/d +8.95	7 days	8/24/2022	8/31/2022	
Pekerjaan kolom K1	7 days	8/24/2022	8/31/2022	
a. Begesting kolom	4 days	8/27/2022	8/31/2022	111,82,107
b. Pembesian	3 days	8/24/2022	8/26/2022	77
c. Beton F'c 25 Mpa	3 days	8/29/2022	8/31/2022	110FF
Pekerjaan kolom K2	7 days	8/24/2022	8/31/2022	
a. Begesting kolom	4 days	8/27/2022	8/31/2022	115
b. Pembesian	3 days	8/24/2022	8/26/2022	111SS

c. Beton F'c 25 Mpa	3 days	8/29/2022	8/31/2022	114FF,112FF
Pekerjaan kolom K3	3 days	8/29/2022	8/31/2022	
a. Begesting kolom	2 days	8/30/2022	8/31/2022	119
b. Pembesian	1 day	8/29/2022	8/29/2022	116SS
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	8/31/2022	8/31/2022	118FF
Pekerjaan Balok +8.95	12 days	9/1/2022	9/14/2022	
Pekerjaan balok B1	12 days	9/1/2022	9/14/2022	
a. Begesting balok	7 days	9/1/2022	9/8/2022	116,120
Pekerjaan Plat +8.95	17 days	9/1/2022	9/20/2022	
Pekerjaan plat A1	14 days	9/1/2022	9/16/2022	
a. Begesting plat	13 days	9/1/2022	9/15/2022	123SS
b. Pembesian	6 days	9/9/2022	9/15/2022	144FF
c. Beton F'c 25 Mpa	7 days	9/9/2022	9/16/2022	145SS
Pekerjaan Kolom +8.95 s/d +13.15	12 days	9/17/2022	9/30/2022	
Pekerjaan kolom K1	7 days	9/17/2022	9/24/2022	
b. Pembesian	2 days	9/17/2022	9/19/2022	146
Pekerjaan kolom K2	7 days	9/19/2022	9/26/2022	
a. Begesting kolom	5 days	9/21/2022	9/26/2022	175
b. Pembesian	2 days	9/19/2022	9/20/2022	171SS+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	9/22/2022	9/26/2022	174FF
Pekerjaan Balok +13.15	18 days	9/23/2022	10/13/2022	
Pekerjaan balok B1	16 days	9/23/2022	10/11/2022	
a. Begesting balok	7 days	9/23/2022	9/30/2022	176SS+1 day
b. Pembesian	6 days	9/24/2022	9/30/2022	183FF

c. Beton F'c 25 Mpa	6 days	10/5/2022	10/11/2022	184FS+3 days
Pekerjaan balok shaft BS	4 days	10/10/2022	10/13/2022	
b. Pembesian	1 day	10/12/2022	10/12/2022	199,185
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/13/2022	10/13/2022	200
Pekerjaan Plat +13.15	17 days	9/26/2022	10/14/2022	
Pekerjaan plat A1	15 days	9/26/2022	10/12/2022	
a. Begesting plat	13 days	9/26/2022	10/10/2022	183SS+2 days
b. Pembesian	6 days	10/4/2022	10/10/2022	204FF
c. Beton F'c 25 Mpa	7 days	10/5/2022	10/12/2022	205SS+1 day
Pekerjaan plat parapet	8 days	10/6/2022	10/14/2022	
a. Begesting dinding	6 days	10/6/2022	10/12/2022	206FF
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	10/13/2022	10/14/2022	209FS-1 day, 201FF+1 day
Pekerjaan Tangga +8.95 s/d +13.15	8 days	10/7/2022	10/15/2022	
Pekerjaan kolom tangga	2 days	10/7/2022	10/8/2022	
a. Begesting kolom	1 day	10/8/2022	10/8/2022	214
b. Pembesian	1 day	10/7/2022	10/7/2022	208SS+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/8/2022	10/8/2022	213FF
Pekerjaan balok tangga	2 days	10/10/2022	10/11/2022	
a. Begesting balok	1 day	10/11/2022	10/11/2022	218
b. Pembesian	1 day	10/10/2022	10/10/2022	215
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/11/2022	10/11/2022	217FF
Pekerjaan plat tangga	4 days	10/12/2022	10/15/2022	
a. Begesting tangga	3 days	10/13/2022	10/15/2022	222
b. Pembesian	1 day	10/12/2022	10/12/2022	219

c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/15/2022	10/15/2022	221FF,210,227
Pekerjaan plat bordes	2 days	10/13/2022	10/14/2022	
a. Begesting plat	1 day	10/14/2022	10/14/2022	226
b. Pembesian	1 day	10/13/2022	10/13/2022	222
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/14/2022	10/14/2022	225FF
Pekerjaan Kolom +13.15 s/d +17.40	8 days	10/10/2022	10/18/2022	
Pekerjaan kolom K1	8 days	10/10/2022	10/18/2022	
a. Begesting kolom	6 days	10/12/2022	10/18/2022	231,223FF+2 days
b. Pembesian	2 days	10/10/2022	10/11/2022	205FS-1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	10/14/2022	10/18/2022	230FF
Pekerjaan kolom K2	7 days	10/11/2022	10/18/2022	
a. Begesting kolom	6 days	10/12/2022	10/18/2022	235FS-1 day
b. Pembesian	2 days	10/11/2022	10/12/2022	231SS+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	10/14/2022	10/18/2022	234FF,240FF
Pekerjaan kolom K3	3 days	10/15/2022	10/18/2022	
a. Begesting kolom	1 day	10/17/2022	10/17/2022	239
b. Pembesian	1 day	10/15/2022	10/15/2022	232SS+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/18/2022	10/18/2022	238
Pekerjaan Balok +17.40	10 days	10/19/2022	10/29/2022	
Pekerjaan balok B1	8 days	10/19/2022	10/27/2022	
a. Begesting balok	3 days	10/19/2022	10/21/2022	232,236
b. Pembesian	1 day	10/22/2022	10/22/2022	243
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/27/2022	10/27/2022	244FS+3 days
Pekerjaan balok B2	9 days	10/19/2022	10/28/2022	

a. Begesting balok	4 days	10/19/2022	10/22/2022	243SS
b. Pembesian	2 days	10/22/2022	10/24/2022	247FS-1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	10/27/2022	10/28/2022	248FS+2 days,245FF+1 day
Pekerjaan balok B4	10 days	10/19/2022	10/29/2022	
a. Begesting balok	6 days	10/19/2022	10/25/2022	247SS
b. Pembesian	2 days	10/25/2022	10/26/2022	251FF+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	10/26/2022	10/29/2022	252FS-1 day,249FF+1 day
Pekerjaan balok B5	7 days	10/21/2022	10/28/2022	
a. Begesting balok	3 days	10/21/2022	10/24/2022	251SS+2 days
b. Pembesian	1 day	10/25/2022	10/25/2022	255
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	10/27/2022	10/28/2022	256FS+1 day
Pekerjaan balok B6	6 days	10/22/2022	10/28/2022	
a. Begesting balok	3 days	10/22/2022	10/25/2022	255SS+1 day
b. Pembesian	1 day	10/26/2022	10/26/2022	259
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/28/2022	10/28/2022	260FS+1 day,257FF
Pekerjaan balok B7	6 days	10/20/2022	10/26/2022	
a. Begesting balok	2 days	10/20/2022	10/21/2022	243SS+1 day
b. Pembesian	1 day	10/24/2022	10/24/2022	263FS+1 day
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/26/2022	10/26/2022	264FS+1 day
Pekerjaan balok shaf BS	2 days	10/28/2022	10/29/2022	
a. Begesting balok	1 day	10/28/2022	10/28/2022	265FS+1 day
b. Pembesian	1 day	10/28/2022	10/28/2022	267FF
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/29/2022	10/29/2022	268,253FF,261

Pekerjaan Plat +17.40	12 days	10/20/2022	11/2/2022	
Pekerjaan plat A1	10 days	10/20/2022	10/31/2022	
a. Begesting plat	7 days	10/20/2022	10/27/2022	263SS
b. Pembesian	3 days	10/25/2022	10/27/2022	272FF
c. Beton F'c 25 Mpa	4 days	10/27/2022	10/31/2022	273FS-1 day,269FF+1 day
Pekerjaan plat A2	7 days	10/20/2022	10/27/2022	
a. Begesting plat	4 days	10/20/2022	10/24/2022	263SS
b. Pembesian	1 day	10/24/2022	10/24/2022	276FF
c. Beton F'c 25 Mpa	3 days	10/24/2022	10/27/2022	277
Pekerjaan plat parapet atap	7 days	10/26/2022	11/2/2022	
a. Begesting dinding	6 days	10/26/2022	11/1/2022	278SS+1 day
b. Pembesian	2 days	10/31/2022	11/1/2022	280FF
c. Beton F'c 25 Mpa	2 days	11/1/2022	11/2/2022	281FS-1 day,274
Pekerjaan Kolom +17.40 s/d +19.90	2 days	10/28/2022	10/29/2022	
Pekerjaan kolom K3	2 days	10/28/2022	10/29/2022	
a. Begesting kolom	1 day	10/29/2022	10/29/2022	286
b. Pembesian	1 day	10/28/2022	10/28/2022	278
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	10/29/2022	10/29/2022	285FF
Pekerjaan Balok +19.90	3 days	10/31/2022	11/2/2022	
Pekerjaan balok B4	3 days	10/31/2022	11/2/2022	
a. Begesting balok	1 day	10/31/2022	10/31/2022	287
b. Pembesian	1 day	11/1/2022	11/1/2022	290
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	11/2/2022	11/2/2022	291,282FF
Pekerjaan Plat +19.90	3 days	10/31/2022	11/2/2022	

Pekerjaan plat A3	3 days	10/31/2022	11/2/2022	
a. Begesting plat	1 day	10/31/2022	10/31/2022	290SS
b. Pembesian	1 day	11/1/2022	11/1/2022	295
c. Beton F'c 25 Mpa	1 day	11/2/2022	11/2/2022	296,292FF

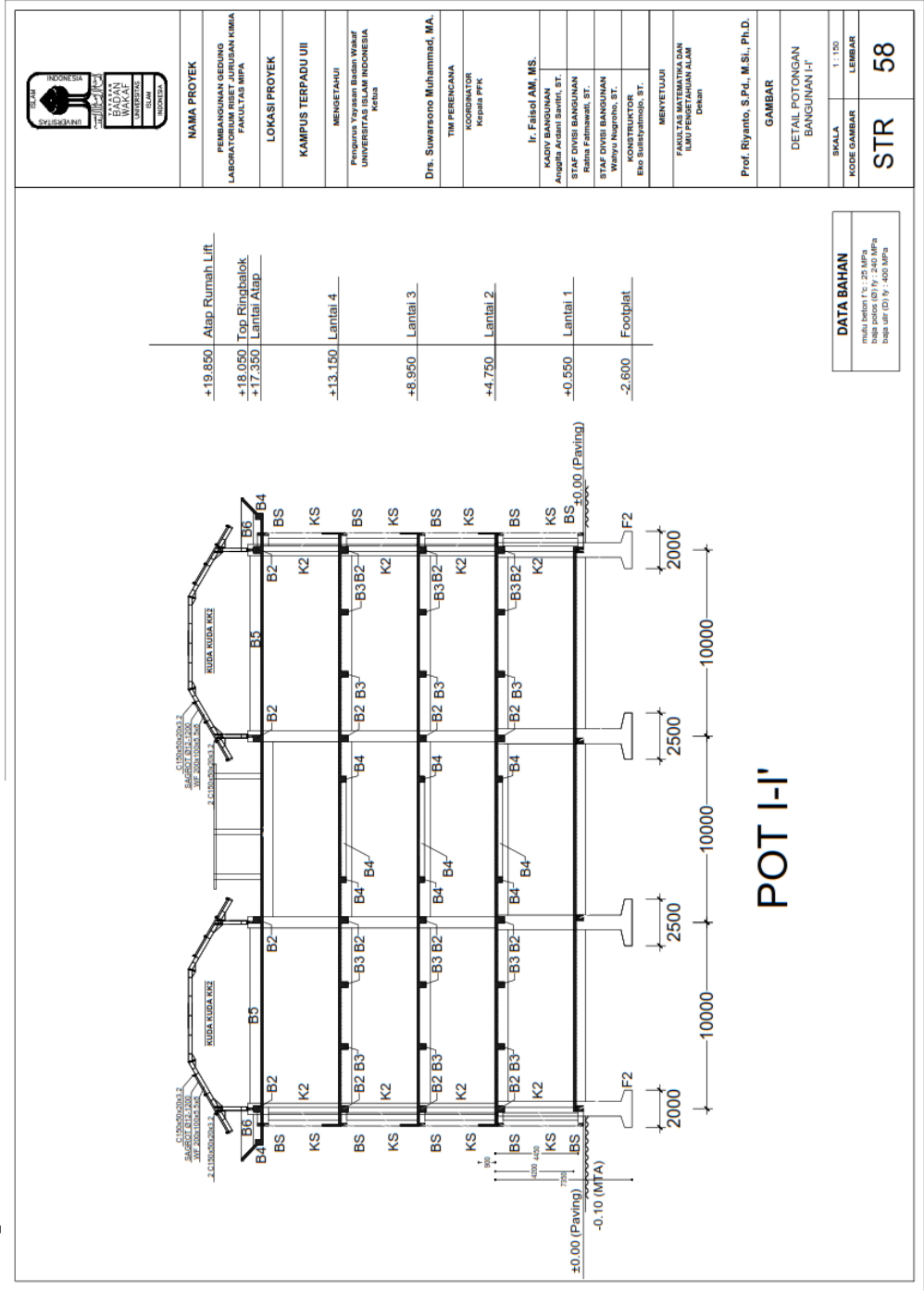
Lampiran 3. Kurva S Proyek

KURVA S
PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM RISET JURUSAN KIMIA FMIPA UIH
KAMPUS TERPADU UIH YOGYAKARTA

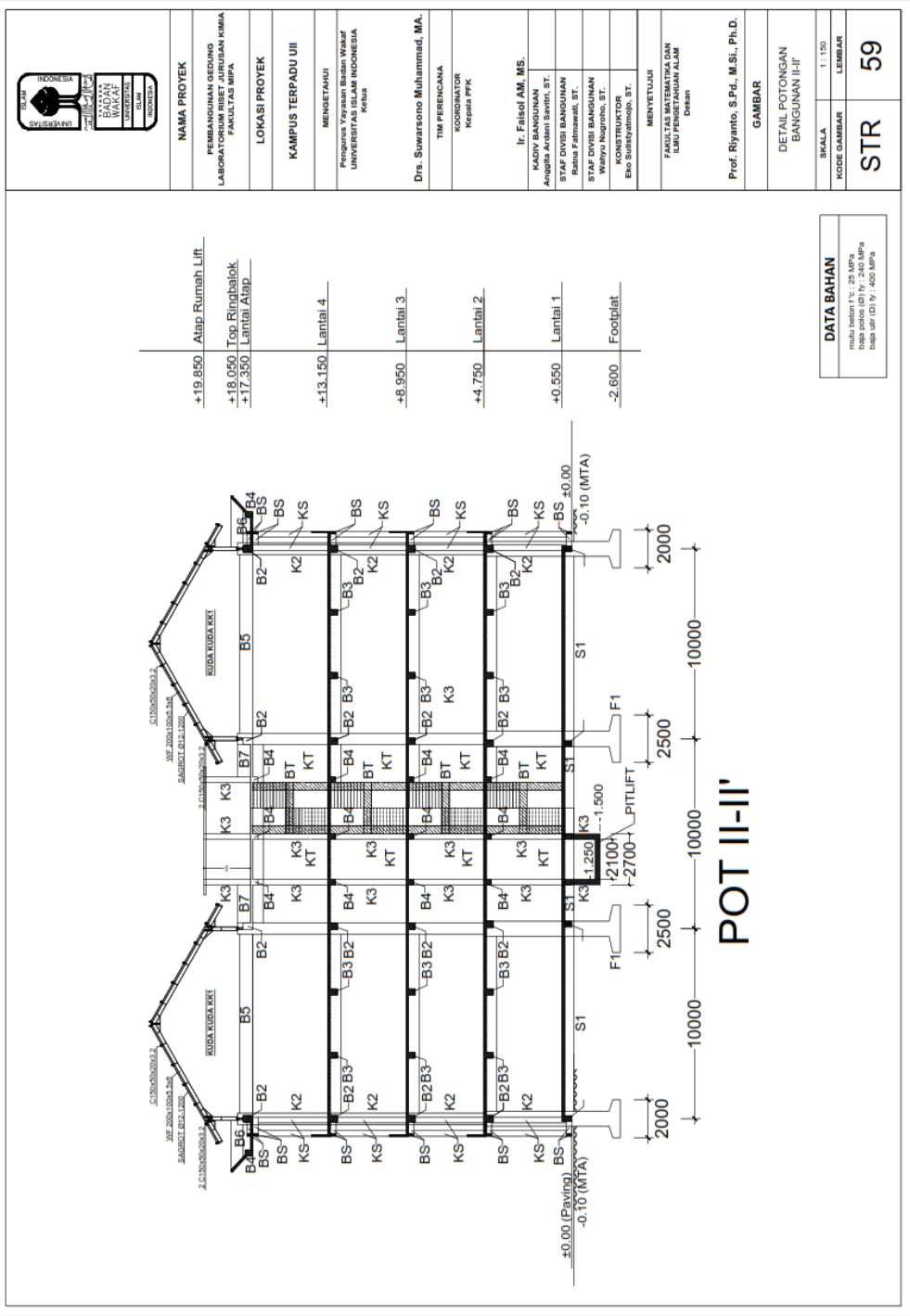
Momen 2

No	Daftar Pekerjaan	Satat (%)	WAKTU PEKERJAAN																						Momen 2
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
I	PEREKULAM PERUMAHAN	Perencana																							
A	Perencanaan lokasi, pemukiman tak paksa dan gedung rendah	Perencana	0,774	0,774																					
B	Perencanaan lokasi, pemukiman paksa dan gedung tinggi	Perencana	0,578	0,578																					
C	Perencanaan lokasi, pemukiman paksa dan gedung tinggi	Perencana	0,578	0,578																					
II	PEREKULAM POKOK	Perencana																							
A	Pelaksanaan galan tanah fondasi dan pekerjaan ung tanah kerdal	Perencana	0,291	0,291																					
B	Pelaksanaan galan tanah fondasi dan pekerjaan ung tanah kerdal	Perencana	0,133	0,133																					
C	Pelaksanaan ung tanah fondasi dan pekerjaan ratai kerdal	Perencana	2,203	2,203																					
D	Pelaksanaan fondasi F1 dan fondasi F2	Perencana																							
III	PEREKULAM SLOOF DAN PAU	Perencana																							
A	Pelaksanaan galan tanah sloof dan pekerjaan ung tanah kerdal	Perencana	0,101	0,101																					
B	Pelaksanaan galan tanah sloof dan pekerjaan ung tanah kerdal	Perencana	0,213	0,213																					
C	Pelaksanaan ung tanah sloof dan pekerjaan ratai kerdal	Perencana	0,117	0,117																					
D	Pelaksanaan sloof S1 dan S2, dan plat IR	Perencana	0,552	0,552																					
IV	PEREKULAM KOLONG SLO 4/25	Perencana																							
A	Pelaksanaan kolom K1, kolom K2, kolom K3 dan kolom kerdal K5	Perencana	10,545	10,545																					
V	PEREKULAM BAKOR DAN PLAT 4/25	Perencana																							
A	Pelaksanaan bakor B1, bakor B2, bakor B3, bakor B4, bakor B5, bakor B6, bakor B7, bakor B8, bakor B9, bakor B10, bakor B11, bakor B12, bakor B13, bakor B14, bakor B15, bakor B16, bakor B17, bakor B18, bakor B19, bakor B20, bakor B21, bakor B22, bakor B23, bakor B24, bakor B25, bakor B26, bakor B27, bakor B28, bakor B29, bakor B30, bakor B31, bakor B32, bakor B33, bakor B34, bakor B35, bakor B36, bakor B37, bakor B38, bakor B39, bakor B40, bakor B41, bakor B42, bakor B43, bakor B44, bakor B45, bakor B46, bakor B47, bakor B48, bakor B49, bakor B50, bakor B51, bakor B52, bakor B53, bakor B54, bakor B55, bakor B56, bakor B57, bakor B58, bakor B59, bakor B60, bakor B61, bakor B62, bakor B63, bakor B64, bakor B65, bakor B66, bakor B67, bakor B68, bakor B69, bakor B70, bakor B71, bakor B72, bakor B73, bakor B74, bakor B75, bakor B76, bakor B77, bakor B78, bakor B79, bakor B80, bakor B81, bakor B82, bakor B83, bakor B84, bakor B85, bakor B86, bakor B87, bakor B88, bakor B89, bakor B90, bakor B91, bakor B92, bakor B93, bakor B94, bakor B95, bakor B96, bakor B97, bakor B98, bakor B99, bakor B100, bakor B101, bakor B102, bakor B103, bakor B104, bakor B105, bakor B106, bakor B107, bakor B108, bakor B109, bakor B110, bakor B111, bakor B112, bakor B113, bakor B114, bakor B115, bakor B116, bakor B117, bakor B118, bakor B119, bakor B120, bakor B121, bakor B122, bakor B123, bakor B124, bakor B125, bakor B126, bakor B127, bakor B128, bakor B129, bakor B130, bakor B131, bakor B132, bakor B133, bakor B134, bakor B135, bakor B136, bakor B137, bakor B138, bakor B139, bakor B140, bakor B141, bakor B142, bakor B143, bakor B144, bakor B145, bakor B146, bakor B147, bakor B148, bakor B149, bakor B150, bakor B151, bakor B152, bakor B153, bakor B154, bakor B155, bakor B156, bakor B157, bakor B158, bakor B159, bakor B160, bakor B161, bakor B162, bakor B163, bakor B164, bakor B165, bakor B166, bakor B167, bakor B168, bakor B169, bakor B170, bakor B171, bakor B172, bakor B173, bakor B174, bakor B175, bakor B176, bakor B177, bakor B178, bakor B179, bakor B180, bakor B181, bakor B182, bakor B183, bakor B184, bakor B185, bakor B186, bakor B187, bakor B188, bakor B189, bakor B190, bakor B191, bakor B192, bakor B193, bakor B194, bakor B195, bakor B196, bakor B197, bakor B198, bakor B199, bakor B200, bakor B201, bakor B202, bakor B203, bakor B204, bakor B205, bakor B206, bakor B207, bakor B208, bakor B209, bakor B210, bakor B211, bakor B212, bakor B213, bakor B214, bakor B215, bakor B216, bakor B217, bakor B218, bakor B219, bakor B220, bakor B221, bakor B222, bakor B223, bakor B224, bakor B225, bakor B226, bakor B227, bakor B228, bakor B229, bakor B230, bakor B231, bakor B232, bakor B233, bakor B234, bakor B235, bakor B236, bakor B237, bakor B238, bakor B239, bakor B240, bakor B241, bakor B242, bakor B243, bakor B244, bakor B245, bakor B246, bakor B247, bakor B248, bakor B249, bakor B250, bakor B251, bakor B252, bakor B253, bakor B254, bakor B255, bakor B256, bakor B257, bakor B258, bakor B259, bakor B260, bakor B261, bakor B262, bakor B263, bakor B264, bakor B265, bakor B266, bakor B267, bakor B268, bakor B269, bakor B270, bakor B271, bakor B272, bakor B273, bakor B274, bakor B275, bakor B276, bakor B277, bakor B278, bakor B279, bakor B280, bakor B281, bakor B282, bakor B283, bakor B284, bakor B285, bakor B286, bakor B287, bakor B288, bakor B289, bakor B290, bakor B291, bakor B292, bakor B293, bakor B294, bakor B295, bakor B296, bakor B297, bakor B298, bakor B299, bakor B300, bakor B301, bakor B302, bakor B303, bakor B304, bakor B305, bakor B306, bakor B307, bakor B308, bakor B309, bakor B310, bakor B311, bakor B312, bakor B313, bakor B314, bakor B315, bakor B316, bakor B317, bakor B318, bakor B319, bakor B320, bakor B321, bakor B322, bakor B323, bakor B324, bakor B325, bakor B326, bakor B327, bakor B328, bakor B329, bakor B330, bakor B331, bakor B332, bakor B333, bakor B334, bakor B335, bakor B336, bakor B337, bakor B338, bakor B339, bakor B340, bakor B341, bakor B342, bakor B343, bakor B344, bakor B345, bakor B346, bakor B347, bakor B348, bakor B349, bakor B350, bakor B351, bakor B352, bakor B353, bakor B354, bakor B355, bakor B356, bakor B357, bakor B358, bakor B359, bakor B360, bakor B361, bakor B362, bakor B363, bakor B364, bakor B365, bakor B366, bakor B367, bakor B368, bakor B369, bakor B370, bakor B371, bakor B372, bakor B373, bakor B374, bakor B375, bakor B376, bakor B377, bakor B378, bakor B379, bakor B380, bakor B381, bakor B382, bakor B383, bakor B384, bakor B385, bakor B386, bakor B387, bakor B388, bakor B389, bakor B390, bakor B391, bakor B392, bakor B393, bakor B394, bakor B395, bakor B396, bakor B397, bakor B398, bakor B399, bakor B400, bakor B401, bakor B402, bakor B403, bakor B404, bakor B405, bakor B406, bakor B407, bakor B408, bakor B409, bakor B410, bakor B411, bakor B412, bakor B413, bakor B414, bakor B415, bakor B416, bakor B417, bakor B418, bakor B419, bakor B420, bakor B421, bakor B422, bakor B423, bakor B424, bakor B425, bakor B426, bakor B427, bakor B428, bakor B429, bakor B430, bakor B431, bakor B432, bakor B433, bakor B434, bakor B435, bakor B436, bakor B437, bakor B438, bakor B439, bakor B440, bakor B441, bakor B442, bakor B443, bakor B444, bakor B445, bakor B446, bakor B447, bakor B448, bakor B449, bakor B450, bakor B451, bakor B452, bakor B453, bakor B454, bakor B455, bakor B456, bakor B457, bakor B458, bakor B459, bakor B460, bakor B461, bakor B462, bakor B463, bakor B464, bakor B465, bakor B466, bakor B467, bakor B468, bakor B469, bakor B470, bakor B471, bakor B472, bakor B473, bakor B474, bakor B475, bakor B476, bakor B477, bakor B478, bakor B479, bakor B480, bakor B481, bakor B482, bakor B483, bakor B484, bakor B485, bakor B486, bakor B487, bakor B488, bakor B489, bakor B490, bakor B491, bakor B492, bakor B493, bakor B494, bakor B495, bakor B496, bakor B497, bakor B498, bakor B499, bakor B500, bakor B501, bakor B502, bakor B503, bakor B504, bakor B505, bakor B506, bakor B507, bakor B508, bakor B509, bakor B510, bakor B511, bakor B512, bakor B513, bakor B514, bakor B515, bakor B516, bakor B517, bakor B518, bakor B519, bakor B520, bakor B521, bakor B522, bakor B523, bakor B524, bakor B525, bakor B526, bakor B527, bakor B528, bakor B529, bakor B530, bakor B531, bakor B532, bakor B533, bakor B534, bakor B535, bakor B536, bakor B537, bakor B538, bakor B539, bakor B540, bakor B541, bakor B542, bakor B543, bakor B544, bakor B545, bakor B546, bakor B547, bakor B548, bakor B549, bakor B550, bakor B551, bakor B552, bakor B553, bakor B554, bakor B555, bakor B556, bakor B557, bakor B558, bakor B559, bakor B560, bakor B561, bakor B562, bakor B563, bakor B564, bakor B565, bakor B566, bakor B567, bakor B568, bakor B569, bakor B570, bakor B571, bakor B572, bakor B573, bakor B574, bakor B575, bakor B576, bakor B577, bakor B578, bakor B579, bakor B580, bakor B581, bakor B582, bakor B583, bakor B584, bakor B585, bakor B586, bakor B587, bakor B588, bakor B589, bakor B590, bakor B591, bakor B592, bakor B593, bakor B594, bakor B595, bakor B596, bakor B597, bakor B598, bakor B599, bakor B600, bakor B601, bakor B602, bakor B603, bakor B604, bakor B605, bakor B606, bakor B607, bakor B608, bakor B609, bakor B610, bakor B611, bakor B612, bakor B613, bakor B614, bakor B615, bakor B616, bakor B617, bakor B618, bakor B619, bakor B620, bakor B621, bakor B622, bakor B623, bakor B624, bakor B625, bakor B626, bakor B627, bakor B628, bakor B629, bakor B630, bakor B631, bakor B632, bakor B633, bakor B634, bakor B635, bakor B636, bakor B637, bakor B638, bakor B639, bakor B640, bakor B641, bakor B642, bakor B643, bakor B644, bakor B645, bakor B646, bakor B647, bakor B648, bakor B649, bakor B650, bakor B651, bakor B652, bakor B653, bakor B654, bakor B655, bakor B656, bakor B657, bakor B658, bakor B659, bakor B660, bakor B661, bakor B662, bakor B663, bakor B664, bakor B665, bakor B666, bakor B667, bakor B668, bakor B669, bakor B670, bakor B671, bakor B672, bakor B673, bakor B674, bakor B675, bakor B676, bakor B677, bakor B678, bakor B679, bakor B680, bakor B681, bakor B682, bakor B683, bakor B684, bakor B685, bakor B686, bakor B687, bakor B688, bakor B689, bakor B690, bakor B691, bakor B692, bakor B693, bakor B694, bakor B695, bakor B696, bakor B697, bakor B698, bakor B699, bakor B700, bakor B701, bakor B702, bakor B703, bakor B704, bakor B705, bakor B706, bakor B707, bakor B708, bakor B709, bakor B710, bakor B711, bakor B712, bakor B713, bakor B714, bakor B715, bakor B716, bakor B717, bakor B718, bakor B719, bakor B720, bakor B721, bakor B722, bakor B723, bakor B724, bakor B725, bakor B726, bakor B727, bakor B728, bakor B729, bakor B730, bakor B731, bakor B732, bakor B733, bakor B734, bakor B735, bakor B736, bakor B737, bakor B738, bakor B739, bakor B740, bakor B741, bakor B742, bakor B743, bakor B744, bakor B745, bakor B746, bakor B747, bakor B748, bakor B749, bakor B750, bakor B751, bakor B752, bakor B753, bakor B754, bakor B755, bakor B756, bakor B757, bakor B758, bakor B759, bakor B760, bakor B761, bakor B762, bakor B763, bakor B764, bakor B765, bakor B766, bakor B767, bakor B768, bakor B769, bakor B770, bakor B771, bakor B772, bakor B773, bakor B774, bakor B775, bakor B776, bakor B777, bakor B778, bakor B779, bakor B780, bakor B781, bakor B782, bakor B783, bakor B784, bakor B785, bakor B786, bakor B787, bakor B788, bakor B789, bakor B790, bakor B791, bakor B792, bakor B793, bakor B794, bakor B795, bakor B796, bakor B797, bakor B798, bakor B799, bakor B800, bakor B801, bakor B802, bakor B803, bakor B804, bakor B805, bakor B806, bakor B807, bakor B808, bakor B809, bakor B810, bakor B811, bakor B812, bakor B813, bakor B814, bakor B815, bakor B816, bakor B817, bakor B818, bakor B819, bakor B820, bakor B821, bakor B822, bakor B823, bakor B824, bakor B825, bakor B826, bakor B827, bakor B828, bakor B829, bakor B830, bakor B831, bakor B832, bakor B833, bakor B834, bakor B835, bakor B836, bakor B837, bakor B838, bakor B839, bakor B840, bakor B841, bakor B842, bakor B843, bakor B844, bakor B845, bakor B846, bakor B847, bakor B848, bakor B849, bakor B850, bakor B851, bakor B852, bakor B853, bakor B854, bakor B855, bakor B856, bakor B857, bakor B858, bakor B859, bakor B860, bakor B861, bakor B862, bakor B863, bakor B864, bakor B865, bakor B866, bakor B867, bakor B868, bakor B869, bakor B870, bakor B871, bakor B872, bakor B873, bakor B874, bakor B875, bakor B876, bakor B877, bakor B878, bakor B879, bakor B880, bakor B881, bakor B882, bakor B883, bakor B884, bakor B885, bakor B886, bakor B887, bakor B888, bakor B889, bakor B890, bakor B891, bakor B892, bakor B893, bakor B894, bakor B895, bakor B896, bakor B897, bakor B898, bakor B899, bakor B900, bakor B901, bakor B902, bakor B903, bakor B904, bakor B905, bakor B906, bakor B907, bakor B908, bakor B909, bakor B910, bakor B911, bakor B912, bakor B913, bakor B914, bakor B915, bakor B916, bakor B917, bakor B918, bakor B919, bakor B920, bakor B921, bakor B922, bakor B923, bakor B924, bakor B925, bakor B926, bakor B927, bakor B928, bakor B929, bakor B930, bakor B931, bakor B932, bakor B933, bakor B934, bakor B935, bakor B936, bakor B937, bakor B938, bakor B939, bakor B940, bakor B941, bakor B942, bakor B943, bakor B944, bakor B945, bakor B946, bakor B947, bakor B948, bakor B949, bakor B950, bakor B951, bakor B952, bakor B953, bakor B954, bakor B955, bakor B956, bakor B957, bakor B958, bakor B959, bakor B960, bakor B961, bakor B962, bakor B963, bakor B964, bakor B965, bakor B966, bakor B967, bakor B968, bakor B969, bakor B970, bakor B971, bakor B972, bakor B973, bakor B974, bakor B975, bakor B976, bakor B977, bakor B978, bakor B979, bakor B980, bakor B981, bakor B982, bakor B983, bakor B984, bakor B985, bakor B986, bakor B987, bakor B988, bakor B989, bakor B990, bakor B991, bakor B992, bakor B993, bakor B994, bakor B995, bakor B996, bakor B997, bakor B998, bakor B999, bakor B1000, bakor B1001, bakor B1002, bakor B1003, bakor B1004, bakor B1005, bakor B1006, bakor B1007, bakor B1008, bakor B1009, bakor B1010, bakor B1011, bakor B1012, bakor B1013, bakor B1014, bakor B1015, bakor B1016, bakor B1017, bakor B1018, bakor B1019, bakor B1020, bakor B1021, bakor B1022, bakor B1023, bakor B1024, bakor B1025, bakor B1026, bakor B1027, bakor B1028, bakor B1029, bakor B1030, bakor B1031, bakor B1032, bakor B1033, bakor B1034, bakor B1035, bakor B1036, bakor B1037, bakor B1038, bakor B1039, bakor B1040, bakor B1041, bakor B1042, bakor B1043, bakor B1044, bakor B1045, bakor B1046, bakor B1047, bakor B1048, bakor B1049, bakor B1050, bakor B1051, bakor B1052, bakor B1053, bakor B1054, bakor B1055, bakor B1056, bakor B1057, bakor B1058, bakor B1059, bakor B1060, bakor B1061, bakor B1062, bakor B1063, bakor B1064, bakor B1065, bakor B1066, bakor B1067, bakor B1068, bakor B1069, bakor B1070, bakor B1071, bakor B1072, bakor B1073, bakor B1074, bakor B1075, bakor B1076, bakor B1077, bakor B1078, bakor B1079, bakor B1080, bakor B1081, bakor B1082, bakor B1083, bakor B1084, bakor B1085, bakor B1086, bakor B1087, bakor B1088, bakor B1089, bakor B1090, bakor B1091, bakor B1092, bakor B1093, bakor B1094, bakor B1095, bakor B1096, bakor B1097, bakor B1098, bakor B1099, bakor B1100, bakor B1101, bakor B1102, bakor B1103, bakor B1104, bakor B1105, bakor B1106, bakor B1107, bakor B1108, bakor B1109, bakor B1110, bakor B1111, bakor B1112, bakor B1113, bakor B1114, bakor B1115, bakor B1116, bakor B1117, bakor B1118, bakor B1119, bakor B1120, bakor B1121, bakor B1122, bakor B1123, bakor B1124, bakor B1125, bakor B1126, bakor B1127, bakor B1128, bakor B1129, bakor B1130, bakor B1131, bakor B1132, bakor B1133, bakor B1134, bakor B1135, bakor B1136, bakor B1137, bakor B1138, bakor B1139, bakor B1140, bakor B1141, bakor B1142, bakor B1143, bakor B1144, bakor B1145, bakor B1146, bakor B1147, bakor B1148, bakor B1149, bakor B1150, bakor B1151, bakor B1152, bakor B1153, bakor B1154, bakor B1155, bakor B1156, bakor B1157, bakor B1158, bakor B1159, bakor B1160, bakor B1161, bakor B1162, bakor B1163, bakor B1164, bakor B1165, bakor B1166, bakor B1167, bakor B1168, bakor B1169, bakor B1170, bakor B1171, bakor B1172, bakor B1173, bakor B1174, bakor B1175, bakor B1176, bakor B1177, bakor B1178, bakor B1179, bakor B1180, bakor B1181, bakor B1182, bakor B1183, bakor B1184, bakor B1185, bakor B1186, bakor B1187, bakor B1188, bakor B1189, bakor B1190, bakor B1191, bakor B1192, bakor B1193, bakor B1194, bakor B1195, bakor B1196, bakor B1197, bakor B1198, bakor B1199, bakor B1200, bakor B1201, bakor B1202, bakor B1203, bakor B1204, bakor B1205, bakor B1206, bakor B1207, bakor B1208, bakor B1209, bakor B1210, bakor B1211, bakor B1212, bakor B1213, bakor B1214, bakor B1215, bakor B1216, bakor B1217, bakor B1218, bakor B1219, bakor B1220, bakor B1221, bakor B1222, bakor B1223, bakor B1224, bakor B1225, bakor B1226, bakor B1227, bakor B1228, bakor B1229, bakor B1230, bakor B1231, bakor B1232, bakor B1233, bakor B1234, bakor B1235, bakor B1236, bakor B1237, bakor B1238, bakor B1239, bakor B1240, bakor B1241, bakor B1242, bakor B1243, bakor B1244, bakor B1245, bakor B1246, bakor B1247, bakor B1248, bakor B1249, bakor B1250, bakor B1251, bakor B1252, bakor B1253, bakor B1254, bakor B1255, bakor B1256, bakor B1257, bakor B1258, bakor B1259, bakor B1260, bakor B1261, bakor B1262, bakor B1263, bakor B1264, bakor B1265, bakor B1266, bakor B1267, bakor B1268, bakor B1269, bakor B1270, bakor B1271, bakor B1272, bakor B1273, bakor B1274, bakor B1275, bakor B1276, bakor B1277, bakor B1278, bakor B1279, bakor B1280, bakor B1281, bakor B1282, bakor B1283, bakor B1284, bakor B1285, bakor B1286, bakor B1287, bakor B1288, bakor B1289, bakor B1290, bakor B1291, bakor B1292, bakor B1293, bakor B1294, bakor B1295, bakor B1296, bakor B1297, bakor B1298, bakor B1299, bakor B1300, bakor B1301, bakor B1302, bakor B1303, bakor B1304, bakor B1305, bakor B1306, bakor B1307, bakor B1308, bakor B1309, bakor B1310, bakor B1311, bakor B1312, bakor B1313, bakor B1314, bakor B1315, bakor B1316, bakor B1317, bakor B1318, bakor B1319, bakor B1320, bakor B1321, bakor B1322, bakor B1323, bakor B1324, bakor B1325, bakor B1326, bakor B1327, bakor B1328, bakor B1329, bakor B1330, bakor B1331, bakor B1332, bakor B1333, bakor B1334, bakor B1335, bakor B1336, bakor B1337, bakor B1338, bakor B1339, bakor B1340, bakor B1341, bakor B1342, bakor B1343, bakor B1344, bakor B1345, bakor B1346, bakor B1347, bakor B1348, bakor B1349, bakor B1350, bakor B1351, bakor B1352, bakor B1353, bakor B1354, bakor B1355, bakor B1356, bakor B1357, bakor B1358,																								

Lampiran 4. Gambar Teknis POT 1



Lampiran 5. Gambar Teknis POT 2



Lampiran 6. Validasi Data Hubungan Antar pekerjaan (minggu)

VALIDASI DATA HUBUNGAN ANTAR PEKERJAAN

Nama Proyek : Pembangunan Gedung Lab Kimia FMIPA

Sumber Data : Wawancara

Hasil Validasi : -

NO	ITEM PEKERJAAN	DURASI (Minggu)	HUB ANTAR PEKERJAAN
1	Pekerjaan Persiapan	2	-
2	Pekerjaan Fondasi	4	1FS-1
3	Pekerjaan Sloof dan Plat	5	2FF+1
4	Pekerjaan Kolom s/d +4.75	4	3FF+1
5	Pekerjaan Balok +4.75	5	4FF+2
6	Pekerjaan Plat +4.75	5	4FF+2; 5FF
7	Pekerjaan Tangga s/d +4.75	4	6SS
8	Pekerjaan Kolom +4.75 s/d +8.95	4	6FS-2; 7FS-1
9	Pekerjaan Balok +8.95	5	8FF+2
10	Pekerjaan Plat +8.95	5	8FF+2; 9FF
11	Pekerjaan Tangga +4.75 s/d +8.95	3	10FF, 11FF
12	Pekerjaan Kolom +8.95 s/d +13.15	4	11FS-2
13	Pekerjaan Balok +13.15	5	12FF+2
14	Pekerjaan Plat +13.15	5	12FF+2; 13FF
15	Pekerjaan Tangga +8.95 s/d +13.15	3	13FF, 14FF
16	Pekerjaan Kolom +13.15 s/d +17.40	4	13FS-2; 14FS-2; 15FS-2
17	Pekerjaan Balok +17.40	4	16FF+1
18	Pekerjaan Plat +17.40	4	16FF+1; 17FF
19	Pekerjaan Kolom +17.40 s/d +19.90	2	18FF
20	Pekerjaan Balok +19.90	2	19FS-1
21	Pekerjaan Plat +19.90	2	19FS-1; 20FF

Yogyakarta, 14 Juni 2024

Perencana Jadwal Proyek



Wahyu Nugroho

Lampiran 7. Validasi Data Hubungan Antar pekerjaan (hari)

VALIDASI DATA HUBUNGAN ANTAR PEKERJAAN

Nama Proyek : Pembangunan Gedung Lab Kimia FMIPA

Sumber Data : Wawancara

Hasil Validasi : -

NO	ITEM PEKERJAAN	DURASI (Hari)	HUB ANTAR PEKERJAAN
1	Pekerjaan Persiapan	8	-
2	Pekerjaan Fondasi	24	1 FS-2
3	Pekerjaan Sloof dan Plat	22	2 FF+5
4	Pekerjaan Kolom s/d +4.75	17	2FS-7; 3 FF+6
5	Pekerjaan Balok +4.75	15	4 FF+7
6	Pekerjaan Plat +4.75	16	4FF+9; 5FF+2
7	Pekerjaan Tangga s/d +4.75	11	6FF+1
8	Pekerjaan Kolom +4.75 s/d +8.95	14	6FS-2
9	Pekerjaan Balok +8.95	18	8 FS-5
10	Pekerjaan Plat +8.95	22	8 FS-4; 9FF+5
11	Pekerjaan Tangga +4.75 s/d +8.95	9	10FF+1
12	Pekerjaan Kolom +8.95 s/d +13.15	14	10FS-4
13	Pekerjaan Balok +13.15	23	12 FS-7
14	Pekerjaan Plat +13.15	22	12 FS-5; 13FF+1
15	Pekerjaan Tangga +8.95 s/d +13.15	10	14FF
16	Pekerjaan Kolom +13.15 s/d +17.40	11	14FS-5
17	Pekerjaan Balok +17.40	14	16FS-1
18	Pekerjaan Plat +17.40	17	16FS; 17FF+4
19	Pekerjaan Kolom +17.40 s/d +19.90	3	18FF-4
20	Pekerjaan Balok +19.90	4	19FS
21	Pekerjaan Plat +19.90	4	19 FS; 20 FF

Yogyakarta, 14 Juni 2024

Perencana Jadwal Proyek



Wahyu Nugroho