

TESIS

**ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI WAKTU DAN BIAYA
ANTARA METODE *SHOTCRETE* DENGAN METODE TALUD
PADA PEKERJAAN DINDING PENAHAN TANAH**



Disusun oleh:

**MUHAMMAD AULIA RAHMAN
NIM : 22914020**

**KONSENTRASI MANAJEMEN REKAYASA KEGEMPAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - PROGRAM MAGISTER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

TESIS

ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI WAKTU DAN
BIAYA ANTARA METODE *SHOTCRETE* DENGAN
METODE TALUD PADA PEKERJAAN DINDING
PENAHAN TANAH



Dr. Taufik Dwi Laksono., ST., MT.

Dosen Pembimbing

Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI WAKTU
DAN BIAYA ANTARA METODE *SHOTCRETE*
DENGAN METODE TALUD PADA PEKERJAAN
DINDING PENAHAN TANAH



Disusun oleh
Muhammad Aulia Rahman
22914020

Telah diuji oleh Dewan Penguji
pada tanggal 3 Oktober 2025
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Dosen Pembimbing

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dr. Taufik Dwi Laksono.,
ST., MT.

Adityawan Sigit, ST.,
MT., Ph.D.

Albani Musyafa, ST.,
MT., Ph.D.

Yogyakarta, _____
Universitas Islam Indonesia
Program Studi Teknik Sipil – Program Magister
Ketua Program,

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah adli belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (magister), baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam Karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program “Software” computer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 3 Oktober 2025 Yang
membuat pernyataan,



MUHAMMAD AULIA RAHMAN
NIM: 22914020

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, hanya dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Tidak lupa Shalawat tetap penulis panjatkan sebagai junjungan Nabi Muhammad SAW, sebaik-baiknya tauladan bagi yang mengharapkan Rahmat dan Hidayah-Nya.

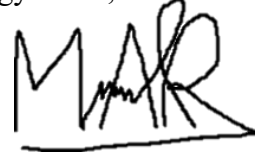
Dalam proses pembuatan penelitian ini, begitu banyak bantuan dan dukungan yang penulis terima dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Taufik Dwi Laksono, S.T., M.T., IP-M. selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, tambahan ilmu, serta masukan dan pengarahan dalam penulisan penelitian ini dengan penuh kesabaran dan perhatian.
2. Bapak Adityawan Sigit, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji pertama yang telah memberikan masukan dan pandangan untuk penulisan penelitian ini.
3. Bapak Albani Musyafa, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji kedua yang telah memberikan masukan dan pandangan untuk penulisan penelitian ini.
4. Kedua orang tua, yaitu Bapak Akhsyim Afandi dan Ibu Ista Maharsi yang telah memberikan doa dan dukungan yang tidak ternilai harganya. Beliau adalah anugerah terindah yang diberikan Allah SWT tanpa mereka penulis tidak dapat mencapai titik keberhasilan seperti saat ini.
5. Temah-teman angkatan Magister Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia angkatan 2022
6. PT. Muara Mitra Mandiri yang telah mendukung dan memberikan izin penulis untuk menyelesaikan penelitian ini diimbangi dengan pekerjaan di lapangan.

Akhir kata penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya atas segala kesalahan yang penulis lakukan baik sengaja maupun tidak sengaja selama berkuliah di Magister Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia maupun

selama penulisan penelitian ini. Semoga Allah SWT mengampuni segala kesalahan dan menunjukkan jalan yang lurus dan benar kepada kita semua. Amin

Yogyakarta, 3 Oktober 2025

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized letters 'MAR' with a horizontal line underneath.

Muhammad Aulia Rahman, S.T.

NIM 22914020

DAFTAR ISI

TESIS.....	1
DAFTAR ISI.....	5
BAB I PENDAHULUAN.....	12
1.1 Latar Belakang Masalah.....	12
1.2 Perumusan Masalah.....	14
1.3 Tujuan Penelitian.....	14
1.4 Batasan Penelitian.....	14
1.5 Manfaat Penelitian.....	15
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	16
2.1 Definisi.....	16
2.2 Tinjauan Pustaka.....	16
2.3 Perbedaan Penelitian.....	20
BAB III LANDASAN TEORI.....	23
3.1 Manajemen Proyek Konstruksi.....	23
3.2 Produktivitas.....	30
3.2.1 Definisi Produktivitas.....	30
3.2.2 Hubungan Produktivitas, Efisiensi dan Efektivitas.....	30
3.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas.....	31
3.2.4 Pengukuran Waktu Kerja.....	32
3.3 Manajemen Waktu Proyek.....	33
3.3.1 Sistem Manajemen Waktu Proyek.....	34
3.4 Manajemen Biaya Proyek.....	35
3.5 Dinding Penahan Tanah.....	37
3.6 <i>Shotcrete</i>	39
BAB IV METODE PENELITIAN.....	42
4.1 Lokasi Penelitian.....	42
4.2 Data Penelitian.....	43
4.3 Metode Penelitian.....	43
4.4 Diagram Alir Penelitian.....	45
BAB V.....	46
5.1 Data Umum Proyek.....	46
5.2 Data Primer.....	47
5.3 Data Hasil Penelitian.....	47

5.3.1	Data Volume Pekerjaan dan <i>Bill of Quantity</i>	48
5.3.2	Analisis Rencana Anggaran Biaya	50
5.4	Analisis Data Hasil Penelitian	56
5.4.1	Analisis Perbandingan Biaya Langsung Metode Talud dan <i>Shotcrete</i> pada Proyek Buka Kawasan	57
5.4.2	Analisis Perbandingan Biaya Tidak Langsung Metode Talud dan <i>Shotcrete</i> pada Proyek Buka Kawasan.....	58
5.5	Analisis Model Matematis Empiris Prediksi Biaya Tidak Langsung Berdasarkan Durasi	63
5.6	Perbandingan Waktu Pada Kedua Metode Talud dan Metode <i>Shotcrete</i>	64
5.6.1	Analisa <i>Bar Chart</i> pada Metode Talud dan Metode <i>Shotcrete</i>	65
5.6.2	Analisa <i>Precedence Diagramming Method</i> pada Metode Talud dan Metode <i>Shotcrete</i>	68
5.6.3	Kesimpulan Perbandingan Waktu pada Metode Talud dan Metode <i>Shotcrete</i> 72	
5.7	Pembahasan Biaya dan Waktu Pada Kedua Metode.....	74
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		76
6.1	Kesimpulan.....	76
6.2	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA		79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan dengan Penelitian Terdahulu.....	15
Tabel 5.1 Volume Pekerjaan Proyek Buka Kawasan Universitas AMIKOM	43
Tabel 5.2 Perhitungan RAB Metode Talud pada Proyek.....	46
Tabel 5.3 Perhitungan RAB Metode <i>Shotcrete</i> pada Proyek.....	49
Tabel 5.4 Komponen Penyumbang Selisih Kedua Metode	52
Tabel 5.5 Perbandingan Biaya Tak Langsung dari Kedua Metode.....	54
Tabel 5.7 Perbandingan Biaya Per Bulan Antara Kedua Metode	55
Tabel 5.8 Perbandingan Biaya Total Antara Kedua Metode	56
Tabel 5.6 Perbandingan Analisa Bar Chart Pada Metode Talud dan Metode <i>Shotcrete</i>	60
Tabel 5.7 Aktivitas Pekerjaan Yang Dominan Mempengaruhi Pada Metode Talud dan Metode <i>Shotcrete</i>	61
Tabel 5.8 Aktivitas Utama Metode Talud.....	65
Tabel 5.8 Tabel Perbandingan Lintasan Kritis.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Siklus Manajemen Konstruksi	18
Gambar 3.2 Dinding Penahan Tanah	33
Gambar 3.3 Pelaksanaan <i>Shotcrete</i>	35
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	37
Gambar 4.2 <i>Flowchart</i> Penelitian	40
Gambar 5.1 Masterplan Universitas AMIKOM Yogyakarta	42
Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Biaya Tak Langsung Kedua Metode	56
Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Biaya Total Kedua Metode	56
Gambar 5.4 Bar Chart Pada Metode Talud	59
Gambar 5.5 Bar Chart Pada Metode <i>Shotcrete</i>	59
Gambar 5.4 PDM Pada Metode Talud	63
Gambar 5.5 PDM pada Metode <i>Shotcrete</i>	64

ABSTRAK

Penelitian ini membandingkan efisiensi biaya dan waktu antara metode talud (pasangan batu kali) dan metode shotcrete pada pekerjaan dinding penahan tanah dalam proyek pembangunan kawasan Universitas AMIKOM Yogyakarta. Analisis dilakukan terhadap biaya langsung, biaya tidak langsung, durasi proyek, serta lintasan kritis dengan menggunakan metode CPM (Critical Path Method). Penelitian ini juga mengembangkan model linear $Y_{indirect} = C_{fixed} + (D \times C_{monthly})$ untuk memprediksi biaya tidak langsung berdasarkan durasi proyek, dengan $C_{fixed} = \text{Rp}315$ juta sebagai biaya tetap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode shotcrete memberikan efisiensi waktu yang signifikan, dengan durasi proyek sekitar 358 hari kerja, lebih cepat 42 hari dibandingkan metode talud yang memerlukan ± 400 hari kerja. Namun, metode shotcrete menimbulkan biaya yang lebih tinggi, yaitu Rp15,528 miliar dibandingkan metode talud sebesar Rp15,187 miliar, atau sekitar 2,24% lebih mahal. Model menghasilkan prediksi akurat dengan biaya tidak langsung talud Rp686,9 juta (13 bulan) dan shotcrete Rp676,7 juta (12 bulan). Dengan demikian, metode talud lebih ekonomis dari segi biaya, sedangkan metode shotcrete lebih unggul dalam percepatan waktu. Pemilihan metode yang tepat sangat bergantung pada prioritas proyek, apakah menekankan pada efisiensi biaya atau percepatan penyelesaian.

Kata kunci: Biaya, Waktu, Shotcrete, Talud, Model Linear

ABSTRACT

This study compares the cost and time efficiency between the masonry wall method (talud) and the shotcrete method in the construction of retaining walls for the Universitas AMIKOM Yogyakarta development project. The analysis focused on direct and indirect costs, project duration, and the critical path using the Critical Path Method (CPM). This research also developed a linear model $Y_{indirect} = C_{fixed} + (D \times C_{monthly})$ to predict indirect costs based on project duration, with $C_{fixed} = \text{Rp}315$ million as fixed costs. The results indicate that the shotcrete method provides significant time efficiency, with a project duration of approximately 358 working days, 42 days faster than the talud method which requires about 400 working days. However, the shotcrete method results in higher costs, amounting to Rp15.528 billion compared to Rp15.187 billion for the talud method, or about 2.24% more expensive. The model produces accurate predictions with indirect costs of Rp686.9 million for talud (13 months) and Rp676.7 million for shotcrete (12 months). Therefore, the talud method is more economical in terms of cost, while the shotcrete method is superior in terms of time efficiency. The choice of method should depend on project priorities, whether focusing on cost savings or accelerated completion.

Keywords: Time, Cost, Shotcrete, Retaining Wall, Linear Model

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kota Yogyakarta memegang peran strategis sebagai Kota Pelajar di Indonesia. Pertumbuhan institusi pendidikan tinggi dan tingginya minat pelajar telah memicu peningkatan pesat dalam pembangunan fasilitas dan infrastruktur kampus. Dalam konteks ini, setiap proyek konstruksi termasuk pembangunan gedung dan fasilitas penunjang didefinisikan sebagai serangkaian kegiatan yang terikat oleh kendala biaya, waktu, dan kualitas yang harus dicapai (Rakasyiwi et al., 2022). Oleh karena itu, keberhasilan proyek sangat bergantung pada manajemen yang efisien terhadap ketiga kendala tersebut (Soewinarti et al., 2020).

Salah satu fase paling krusial dalam siklus proyek konstruksi adalah persiapan lahan atau pembukaan kawasan (*land clearing*). Tahap ini bertujuan untuk memastikan area pembangunan siap secara teknis dan logistik sebelum konstruksi struktural dimulai (Rijanto, 2020). Khususnya di Yogyakarta, yang memiliki kondisi geografis dan topografi bervariasi, persiapan lahan sering menghadapi tantangan signifikan. Tantangan ini terutama terkait dengan topografi yang tidak teratur yang memerlukan pekerjaan *cut and fill* (pemotongan dan penimbunan) yang presisi, serta kondisi tanah yang tidak stabil yang membutuhkan rekayasa geoteknik untuk mencegah risiko pergerakan tanah atau longsor (Hardiyatmo, 2018). Penting untuk dicatat bahwa kegagalan dalam mengelola tantangan geoteknik pada tahap awal dapat menyebabkan perubahan desain (*scope creep*), keterlambatan jadwal, dan pembengkakan biaya, yang pada akhirnya akan mengganggu kelancaran dan keselamatan proyek secara keseluruhan (Naf'an et al., 2019).

Kondisi topografi ekstrem di lokasi proyek, seperti pada kasus pembukaan kawasan AMIKOM Yogyakarta, menuntut solusi rekayasa penstabilan tanah yang efektif. Pembangunan Dinding Penahan Tanah (DPT) menjadi esensial untuk menjamin stabilitas lereng dan keamanan area. Dalam praktik konstruksi, terdapat

beragam pilihan DPT, termasuk talud konvensional (pasangan batu atau beton) dan metode modern seperti *shotcrete*. Untuk proyek yang menargetkan penyelesaian cepat, pemilihan metode yang efisien waktu menjadi prioritas. Metode *shotcrete* sering dianggap menawarkan kecepatan aplikasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode talud konvensional karena prosesnya yang cepat dan kemampuan untuk mengurangi atau bahkan mengeliminasi penggunaan bekisting yang rumit (Suharno, 2020). Meskipun cepat, metode *shotcrete* juga memiliki tantangan tersendiri, seperti potensi rebound (material terbuang) dan kebutuhan akan operator berkualifikasi, yang dapat memengaruhi efisiensi biaya (Wijaya et al., 2021). Sebaliknya, talud konvensional mungkin memerlukan waktu implementasi yang lebih lama, namun potensi biaya material terbuang (waste) bisa lebih terkontrol.

Mengingat bahwa manajemen proyek yang berhasil ditandai dengan tercapainya target biaya dan waktu (Rahman et al., 2023), maka perlu dilakukan analisis mendalam terhadap dua solusi DPT yang relevan Metode *Shotcrete* dan Pembangunan Talud Konvensional dalam konteks proyek pembukaan kawasan AMIKOM Yogyakarta. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi biaya dan waktu antara metode *shotcrete* dan talud konvensional dalam implementasi Dinding Penahan Tanah. Studi ini menawarkan kebaruan (*novelty*) yang membedakannya dari penelitian terdahulu. Jika studi lain seringkali berfokus pada satu metode atau satu aspek (biaya atau waktu saja), penelitian ini mengambil pendekatan komparatif komprehensif. Dengan menggunakan data dari satu lokasi proyek yang sama (AMIKOM), perbandingan efisiensi antara metode talud dan *shotcrete* dapat dilakukan secara berimbang dan akurat. Lebih lanjut, keunggulan metodologis penelitian ini terletak pada analisis terintegrasi, yang tidak hanya mengkaji Rencana Anggaran Biaya (RAB), tetapi juga menghubungkannya dengan manajemen penjadwalan proyek (Bar Chart dan CPM). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis sebagai referensi empiris bagi para praktisi dan akademisi di Indonesia, khususnya di Yogyakarta, dalam pengambilan keputusan metode DPT yang paling efisien untuk kondisi topografi serupa.

1.2 Perumusan Masalah

Pada pembukaan kawasan AMIKOM Yogyakarta dapat dianalisa dan dijabarkan permasalahannya dengan mempertimbangkan perbandingan solusi metode *shotcrete* dan metode talud. Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah.

1. Seberapa besar perbandingan biaya dan waktu yang dihasilkan dengan metode *shotcrete* dengan metode talud
2. Seberapa besar perbandingan nilai efisiensi waktu dan biaya antara metode *shotcrete* dengan metode talud
3. Bagaimana persamaan matematis biaya pada kedua metode

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dijabarkan diatas penelitian ini bertujuan untuk menganalisa perbandingan terhadap biaya dan waktu yang dihasilkan metode *shotcrete* dengan metode talud pada proyek pembukaan kawasan AMIKOM Yogyakarta dengan tujuan sebagai berikut.

1. Menganalisis besarnya perbandingan biaya dan waktu terhadap metode *shotcrete* dengan metode talud.
2. Menganalisis besarnya efisiensi biaya dan waktu terhadap metode *shotcrete* dengan metode talud.
3. Menghasilkan persamaan matematis biaya kedua metode

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini mempunyai batasan berfungsi untuk memfokuskan rumusan masalah dan tujuan sehingga tidak menjadi terlalu luas. Batasan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian berada di Yogyakarta lebih spesifik pada wilayah pembukaan lahan AMIKOM.
2. Objek penelitian adalah pembukaan kawasan AMIKOM Yogyakarta.
3. Data penelitian diperoleh dari PT Muara Mutiara Mandiri berupa RAB, gambar teknik AutoCAD, Excel perhitungan dan permodelan 2D.

4. Tidak menganalisa struktural.
5. Perbandingan metode *shotcrete* dengan metode talud yang dilakukan dengan luasan permukaan area tebing yang sama.
6. Struktur yang ditinjau waktu dan biaya hanya pada luasan area yang menggunakan metode *shotcrete* dan metode talud.

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian yang akan dilakukan diharapkan dapat memberikan berbagai manfaat sebagai berikut.

1. Ilmu

Diharapkan bermunculan penelitian yang serupa dan sejenis. Dengan adanya penelitian yang sejenis akan semakin berkembang dan ada pembaruan literasi dan akademis.

2. Proyek

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pandangan dan referensi sebagai bahan evaluasi terhadap pembukaan kawasan AMIKOM Yogyakarta dan proyek yang serupa atau sejenis.

3. Mahasiswa

Memberikan gambaran, pandangan, dan identifikasi dari hasil perbandingan biaya dan waktu terhadap metode *shotcrete* dengan metode talud.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi

Menurut (Subakti et al., 2021) tinjauan pustaka adalah dasar dari pijakan atau fondasi untuk membangun landasan teori, kerangka berpikir, dan menentukan hipotesis penelitian sehingga peneliti mempunyai pemahaman yang lebih mendalam dan luas terhadap masalah yang diteliti. Menurut (Semiawan, 2010) tinjauan pustaka adalah dasar/sumber yang tertulis berupa buku, jurnal, penelitian yang membahas tentang topik yang akan diteliti. Penelitian harus memiliki dasar penelitian sebelumnya atau yang sudah ada. Meskipun penelitian serupa tetap harus ada perbedaan dengan penelitian sebelumnya. Penelitian perbandingan analisa biaya dan waktu pada sebuah bangunan konstruksi sudah dilakukan sebelumnya sehingga pada bab ini akan dipaparkan perbedaan dengan penelitian sebelumnya.

2.2 Tinjauan Pustaka

2.1.1 *Structural Behaviour of Shotcrete in Hard Rock Tunnels*

(Andreas Sjölander, 2020) melakukan penelitian tentang “*Structural Behaviour of Shotcrete in Hard Rock Tunnels*”. Hasil dari analisis didapat hasil sebagai berikut.

Metode *shotcrete* dengan ketebalan berbeda-beda dan kekuatan ikatan materialnya berperan penting dalam menentukan kapasitas *shotcrete*. Pengukuran dan pengujian total lebih dari 6000 pengukuran ketebalan dan 350 pengujian kekuatan rekatan menunjukkan variasi yang mengikuti distribusi log-normal dan normal. Analisis mengungkapkan bahwa ketebalan rata-rata beton tembakan yang diaplikasikan melebihi ketebalan yang disyaratkan sebesar 25 mm, terlepas dari apakah ketebalan yang ditentukan adalah 50, 75, atau 100 mm. Namun, koefisien variasi melebihi 30%, menunjukkan bahwa ketebalan yang dibutuhkan tidak tercapai secara konsisten di berbagai bagian. Variabilitas kekuatan ikatan digambarkan

secara akurat dengan distribusi normal dengan nilai rata-rata dan deviasi standar masing-masing sebesar 0,81 dan 0,32 MPa. Dalam konteks proyek, ditentukan bahwa nilai rata-rata rangkaian pengujian tiga sampel harus melampaui 0,5 MPa dengan probabilitas sekitar 68%. Khususnya, keruntuhan yang terjadi pada tingkat tegangan sama dengan atau di bawah 0,5 MPa mengakibatkan 50% atau lebih permukaan keruntuhan berada di dalam massa batuan, hal ini menunjukkan potensi peningkatan kualitas ikatan melalui penghilangan fragmen batuan kecil yang lepas sebelum penerapan *shotcrete*, seperti melalui skala hidro. Tidak ditemukan korelasi antara kekuatan dan perkiraan nilai RMR untuk granit atau gneiss. Simulasi numerik menunjukkan variasi ketebalan *shotcrete* sangat berdampak terhadap kapasitas struktur lapisan.

2.1.2 Application of Discrete Event Simulation in Estimating Productivity of Shotcrete Method in Divider Wall Construction

Pada penelitian (Plamenco et al., 2021) yang meneliti tentang “*Application of Discrete Event Simulation in Estimating Productivity of Shotcrete Method in Divider Wall Construction*” memberikan hasil sebagai berikut. Peristiwa diskrit simulasi pada kasus yang dilakukan saudara Plamenco disarankan setidaknya 200 iterasi untuk hasil yang akurat. Model simulasi juga dipengaruhi oleh Waktu Penambahan Nilai dan Waktu Tanpa Nilai Tambah. Simulasi dengan WPN lebih akurat dibandingkan dengan model tradisional seperti PERT-CPM. Modifikasi model simulasi dilakukan dengan cara menambahkan shift 8 jam untuk memaksimalkan pemanfaatan peralatan. Hasilnya waktu tunggu berkurang sampai dengan 43,8% per shift tambahan, ini menunjukkan peningkatan pemanfaatan efisiensi sumber daya.

2.1.3 Economic and Technical Viability of Using Shotcrete with Coarse Recycled Concrete Aggregates in Deep Tunnels

Penelitian yang dilakukan oleh (Duarte et al., 2020) mengenai “*Economic and Technical Viability of Using Shotcrete with Coarse Recycled Concrete*

Aggregates in Deep Tunnels” dianalisa dan menghasilkan kesimpulan sebagai berikut.

Penggabungan Agregat Kasar Beton Daur Ulang (CRCA) ke dalam campuran beton bertulang menghasilkan penurunan sifat mekanik dibandingkan dengan beton bertulang tanpa penggabungan CRCA (IR0). Pengurangannya berkisar antara -3% untuk IR20 hingga -31% untuk IR100. Pengurangan kekuatan dan kekakuan ini merupakan pertimbangan penting dalam desain lapisan terowongan. Penurunan sifat mekanik akibat penggabungan CRCA dapat dikompensasi dengan meningkatkan ketebalan lapisan. Kriteria Kekakuan Radial Elastis, IR20 dan IR50 memerlukan peningkatan ketebalan yang relatif kecil (masing-masing kurang dari 15 mm dan 7%), menjadikannya solusi yang kompetitif. Namun, untuk IR100, diperlukan peningkatan ketebalan yang signifikan sebesar 42% (83 mm). Ketika mempertimbangkan Kriteria Tekanan Maksimum, yang mengasumsikan tegangan luluh yang sama untuk semua campuran beton bertulang, peningkatan ketebalan ekuivalen menjadi lebih nyata. Untuk IR20, peningkatan ketebalannya adalah 12% (24 mm), yang dianggap dapat diterima. Namun, untuk IR50 dan IR100, penambahan ketebalan yang diperlukan melebihi 28%, sedangkan IR100 memerlukan penambahan lebih dari 50 mm. Analisis menunjukkan bahwa memasukkan CRCA ke dalam campuran *shotcrete* dapat mengakibatkan berkurangnya sifat mekanik, sehingga memerlukan penyesuaian ketebalan lapisan untuk konstruksi terowongan. Meskipun IR20 dan IR50 merupakan pilihan yang layak dengan peningkatan ketebalan minimal, IR100 mungkin menghadirkan tantangan karena diperlukan peningkatan ketebalan yang signifikan. Oleh karena itu, pemilihan campuran yang optimal bergantung pada keseimbangan sifat mekanik, persyaratan ketebalan, dan batasan proyek.

2.1.4 Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Dinding Penahan Menggunakan Bronjong dan Pasangan Batu

Fauzan (2019) melakukan sebuah penelitian tentang “Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Dinding Penahan Menggunakan Bronjong dan Pasangan Batu”. Dalam penelitiannya tersebut memberikan kesimpulan sebagai berikut.

Perbandingan rencana anggaran biaya dan waktu antara talud bronjong dan talud batu kali dengan tolak ukur stabilitas keamanan di kawasan wisata Curug Kyai Kate, Desa Gunung Condong, Kecamatan Bruno. Secara waktu talud bronjong lebih singkat 2 hari dibandingkan talud pasangan batu. Total biaya batu bronjong sebesar Rp.21,335,984 dan batu talud sebesar Rp.22,738,302 maka talud bronjong menghemat sebesar Rp.1,402,318.

2.1.5 Analisis Komparasi Produktivitas Pekerjaan Pemasangan Batu Kali Pada Dinding Penahan Tanah Antara Standar PUPR 28-2016 dengan Lapangan

(Rinaldi, 2021) di dalam penelitiannya tentang “Analisis Komparasi Produktivitas Pekerjaan Pemasangan Batu Kali Pada Dinding Penahan Tanah Antara Standar PUPR 28-2016 dengan Lapangan” memberikan kesimpulan sebagai berikut.

Produktivitas tenaga kerja dengan *study time* yaitu produktivitas tukang batu secara manual, dengan mandor 0,474 m³/jam, tukang batu 0,214 m³/jam, dan tukang batu 0,078 m³/jam. Disisi lain produktivitas pasangan bata menggunakan mixer diperoleh koefisien dengan mandor 0,559 m³/jam, tukang batu 0,221 m³/jam, dan asisten tukang 0,089 m³/jam. Berdasarkan penelitian yang dilakukan diketahui nilai produktivitas kerja di lapangan pada secara manual dan menggunakan mixer lebih tinggi dibandingkan dengan acuan PUPR28-2016.

2.3 Perbedaan Penelitian

Penelitian akan selalu mengalami perkembangan dan pembaharuan. Agar penelitian selalu berkembang dan mengalami pembaharuan maka perlu diadakan koreksi untuk mengetahui perbedaan penelitian yang sedang dilakukan dengan yang terdahulu. Penelitian tentang perbandingan biaya dan waktu pada sebuah proyek sudah pernah dilakukan namun penelitian ini memiliki beberapa perbedaan dengan penelitian terdahulu. Perbedaan dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan dengan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Perbedaan
1	Sjölander (2020)	<i>Structural Behaviour of Shotcrete in Hard Rock Tunnels</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Membandingkan ketebalan dan kekuatan <i>shotcrete</i>.2. Objek penelitian <i>shotcrete</i> pada terowongan dengan simulasi numerik.
2	Plamenco (2021)	<i>Application of Discrete Event Simulation in Estimating Productivity of Shotcrete Method in Divider Wall Construction</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Menggunakan simulasi Waktu Penambahan Nilai dan Waktu Tanpa Nilai Tambah.2. Menggunakan bantuan <i>software</i> ARENA.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan dengan Penelitian Terdahulu

3	Duarte (2020)	<i>Economic and Technical Viability of Using Shotcrete with Coarse Recycled Concrete Aggregates in Deep Tunnels</i>	<ol style="list-style-type: none"> Objek penelitian dilakukan terowongan dalam perkotaan. Objek penelitian yang dilakukan adalah membandingkan dengan penambahan agregat kasar beton daur ulang.
4	Fauzan (2019)	Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Dinding Penahan Menggunakan Bronjong dan Pasangan Batu	<ol style="list-style-type: none"> Proyek berada di Curug Kyai Kate, Desa Gunung Condong, Kecamatan Bruno. Objek yang diteliti adalah membandingkan biaya anggaran antara talud bronjong dengan talud batu kali.
5	Rinaldi (2021)	Analisis Komparasi Produktivitas Pekerjaan Pemasangan Batu Kali Pada Dinding Penahan Tanah Antara Standar PUPR 28-2016 dengan Lapangan	<ol style="list-style-type: none"> Penelitian dilakukan di proyek Rehabilitas Tanggul dan Sungai Wingono, Bantul. Perbandingan produktivitas pekerjaan pemasangan batu kali antara aturan PUPR 28-2016 dengan Lapangan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian yang Dilakukan dengan Penelitian Terdahulu

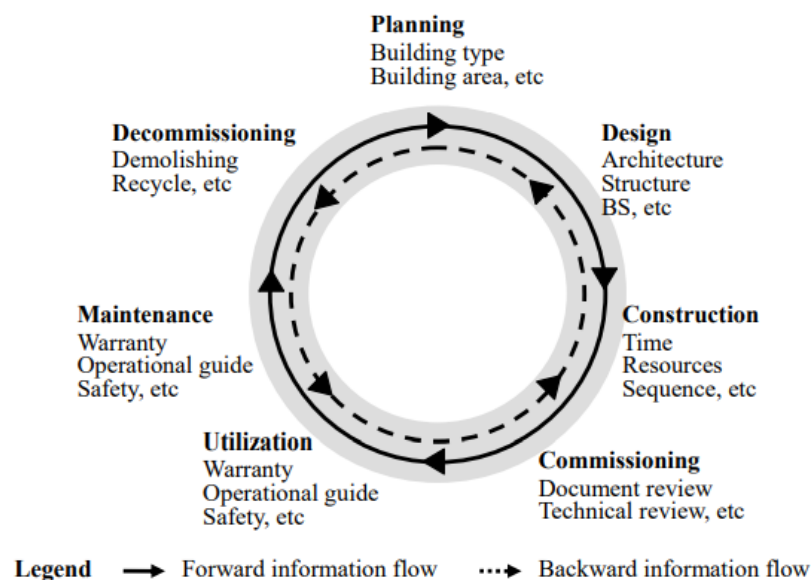
6	Rahman (2024)	Analisis Perbandingan Efisiensi Waktu Dan Biaya Pada Metode <i>Shotcrete</i> Dengan Talud	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi penelitian dilakukan di Yogyakarta 2. Objek penelitian yang dibandingkan adalah dinding penahan tanah Talud Batu Kali dengan <i>Shotcrete</i>
---	------------------	---	--

Penelitian ini memiliki keunggulan yang membedakannya dari penelitian-penelitian terdahulu baik dari sisi konteks, pendekatan, maupun kontribusi praktisnya. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya meninjau satu metode atau satu aspek tertentu, penelitian ini secara komprehensif membandingkan dua metode dinding penahan tanah, yaitu shotcrete dan talud, pada kondisi lapangan yang sama di proyek pembukaan kawasan Universitas AMIKOM Yogyakarta. Pendekatan ini memungkinkan analisis yang lebih akurat terhadap perbedaan efisiensi antara kedua metode tersebut, baik dari sisi biaya maupun waktu pelaksanaan yang saling berkaitan. Selain itu, penelitian ini mengintegrasikan analisis Rencana Anggaran Biaya (RAB) dengan penjadwalan proyek menggunakan Bar Chart dan Critical Path Method (CPM), memberikan perspektif yang lebih mendalam terhadap hubungan antara manajemen waktu dan biaya dalam proyek konstruksi nyata. Keunggulan lainnya terletak pada kontribusi praktis penelitian ini yang dapat dijadikan referensi langsung bagi kontraktor, konsultan, dan akademisi dalam menentukan metode pelaksanaan dinding penahan tanah yang paling efisien dan sesuai dengan karakteristik topografi di Indonesia, khususnya wilayah Yogyakarta.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Manajemen Proyek Konstruksi

Manajemen konstruksi adalah ilmu yang mengolah lingkup konstruksi yang berkaitan dengan perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengendalian tugas-tugas pada suatu proyek konstruksi dari mulai awal hingga selesai (Puolitaiva, 2019). Manajemen konstruksi juga melibatkan beberapa hal seperti pengelolaan sumber daya manusia, material, keuangan, waktu, anggaran, dan semua itu dalam pengawasan dan pengelolaan agar proyek berjalan secara tepat waktu, tepat biaya, efektif dan efisien. Seperti yang sudah dijelaskan manajemen konstruksi merupakan sebuah upaya atau metode dalam mengelola sebuah proyek dari fase awal hingga akhir. Siklus fase dalam manajemen konstruksi adalah *planning, design, construction, Commissioning, utilization, maintenance, decommissioning* (Guo et al., 2010).



Gambar 3.1 Siklus Manajemen Konstruksi

Dari Gambar 3.1 menjelaskan bahwa dalam siklus manajemen konstruksi antara fase satu dengan yang lain sangat mempengaruhi. Saat keputusan pada tahap *planning* dibuat maka akan berdampak ke tahap-tahap selanjutnya atau bahkan dapat berdampak ke seluruh fase sehingga tiap fase perlu diperhitungkan, dianalisa, dikendalikan secara terperinci agar siklus dalam proyek konstruksi berjalan baik. Menurut (Agha, 2020) terdapat 3 fase proyek manajemen yaitu:

1. Fase Perencanaan

Pada fase ini bertujuan untuk memperkuat landasan dasar yang kuat pada proyek konstruksi dengan standard dan spesifikasi yang sudah ditargetkan. Persyaratan spesifikasi dan standar itu mencakup pada estimasi biaya yang akan berputar, waktu yang sudah ditentukan untuk menyelesaikan sebuah proyek, sumber daya yang akan dipakai dari material, alat, dan manusia, kualitas material yang akan dipakai untuk mencapai target spesifikasi, dan penjaminan aspek keselamatan pekerja pada saat proyek berlangsung. Perencanaan diharapkan dapat mempermudah dan memperlancar berjalannya proyek sehingga target dan rencana sesuai, mengurangi risiko terjadinya keterlambatan atau kegagalan, dan memastikan bahwa sumber daya terpakai secara efisien agar tidak menjadi kerugian pada proyek. Fase ini juga menjadi tahap awal yang krusial sebagai landasan kelancaran, gambaran, persiapan teknis, dan lain lain untuk proyek konstruksi.

2. Fase Penjadwalan

Fase yang kedua yaitu fase penjadwalan. Fase ini bertujuan untuk memberikan informasi secara detail dan terperinci tentang jadwal rencana kemajuan proyek secara menyeluruh. Penjadwalan mengendalikan beberapa aspek seperti biaya, sumber daya, tenaga kerja, peralatan, material dan menentukan durasi dalam menyelesaikan proyek. Penjadwalan juga berfungsi untuk menciptakan jadwal atau alur yang realistis dan tetap dengan tujuan proyek sehingga pengelolaan pada proyek efektif dan terpantau dengan baik prosesnya. Pemantauan dan pengendalian penjadwalan dilakukan secara teratur dan berkelanjutan agar meminimalisir kemungkinan masalah muncul. Dalam penjadwalan terdapat berbagai metode dapat digunakan untuk mengelola proyek seperti *Barchart*,

kurva S, Penjadwalan *linier*, *Network planning*, dan lain-lain. Jika terjadi penyimpangan terhadap penjadwalan maka evaluasi atau koreksi dapat dilakukan untuk menjaga alur tetap dalam jalurnya. Dengan begini menunjukkan bahwa penjadwalan menjadi elemen penting dalam kelancaran dan kesuksesan pelaksanaan proyek konstruksi serta membantu pengelolaan dan pengambilan tindakan proyek jika muncul tantangan atau hambatan.

3. Fase Pengendalian

Fase ini merupakan salah satu fase terpenting dalam proyek yang memiliki dampak yang cukup signifikan terhadap proses proyek sampai selesai. Tujuan pengendalian juga untuk mengurangi kemungkinan munculnya penyimpangan yang sewaktu-waktu selama proyek berjalan, serta memaksimalkan kinerja dalam aspek biaya, waktu, mutu dan keselamatan kerja. Berbagai upaya dapat dilakukan dalam fase pengendalian seperti pengawasan, pemeriksaan, dan koreski yang dilakukan secara berkala kan terus-menerus selama proses implementasi proyek. Dengan melakukan pengendalian yang efektif, tim proyek dapat mengidentifikasi dan mengatasi masalah yang muncul dengan cepat sehingga dapat meminimalkan dampak negatif. Pengendalian juga memungkinkan tim proyek mengambil tindakan preventif untuk mencegah terjadinya penyimpangan di masa depan, serta meningkatkan efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya proyek.

Penjadwalan menjadi salah satu tolak ukur keberhasilan suatu proyek, selain anggaran dan kualitas. Penjadwalan proyek merupakan aspek penting dalam manajemen proyek karena menentukan durasi suatu pekerjaan dan aktivitas yang terlibat dalam proyek. Hali ini juga menggambarkan durasi dan urutan kegiatan proyek, sehingga membentuk jadwal yang logis dan realistis. Biasanya, penjadwalan proyek bergantung pada perhitungan analisa waktu yang pasti.

Menurut (Mahyuddin et al., 2023) dalam bukunya ada beberapa aspek proyek konstruksi yang dapat diidentifikasi menjadi masalah dalam manajemen proyek serta membutuhkan penanganan yang tepat sebagai berikut.

1. Manajemen Sumber Daya Manusia

Sumber daya yang digunakan selama berlangsungnya proses pelaksanaan proyek adalah uang, metode, tenaga kerja, material, dan mesin. Pengelolaan ini secara efektif akan sangat mempengaruhi keberhasilan suatu proyek konstruksi. Dari semua aspek tenaga kerja adalah elemen yang sangat sulit untuk dikendalikan. Upah yang bervariasi bergantung pada tempat daerah dan keterampilan masing-masing tenaga kerja di karenakan tidak mungkin dua tenaga kerja mempunyai karakteristik yang sama atau identik. Biaya tenaga kerja merupakan fungsi dari waktu dan metode konstruksi sedangkan manajer proyek bertanggung jawab atas kendali konstruksi dan pemilihan metode yang tepat untuk berlangsungnya suatu pekerjaan konstruksi (Ervianto, 2004).

Pengendalian dilakukan dengan tujuan untuk menjaga keseimbangan antara pelaksanaan dan perencanaan pada saat proyek konstruksi berlangsung dari awal hingga proyek selesai sehingga tercapainya kinerja yang optimal. Perencanaan berfungsi untuk landasan dasar atau patokan pelaksanaan lapangan mulai dari penjadwalan, spesifikasi, hingga anggaran biaya yang masuk dan keluar. Pengendalian waktu pada konstruksi dan sumber daya manusia sangat penting karena kedua hal tersebut adalah elemen yang sangat terbatas. Melakukan seleksi untuk tenaga kerja dan melatih mereka memerlukan biaya tambahan yang cukup besar dan waktu yang tidak sebentar sampai mereka siap. Saat mereka bergabung pada sebuah proyek mereka tidak bisa dengan mudah untuk dilepaskan atau memanggil mereka sesuai keinginan kita agar ketersediaan terpenuhi. Membuat mereka tetap siaga akan mengakibatkan pembengkakan pada biaya sehingga tidak efisien. Oleh karena itu, perlu diadakan usaha untuk menghindari permintaan tenaga kerja sehingga tetap efektif dan efisien.

2. Anggaran Biaya

Dalam perencanaan dan pengendalian biaya diperlukan adanya estimasi. Estimasi merupakan kunci dalam menentukan berapa besar dana dan waktu yang harus dialokasikan ke dalam suatu pekerjaan dalam proyek konstruksi. Proyek konstruksi memerlukan dana dan waktu yang tidak sedikit sehingga

sangat krusial jika tidak dianalisa dan diestimasi. Estimasi juga menjadi patokan atau dasar sistem pembiayaan. Terkait dengan perencanaan dan pengendalian biaya selama proses pelaksanaan proyek berlangsung. Kegiatan estimasi merupakan salah satu proses kunci dalam proyek konstruksi untuk menjawab pertanyaan berapa besar dana yang harus dialokasikan untuk sebuah bangunan. Pengalokasian dana pada proyek konstruksi memerlukan biaya yang tidak sedikit. Kegiatan estimasi merupakan salah satu proses kunci dalam proyek konstruksi untuk menjawab pertanyaan berapa besar dana yang harus dialokasikan untuk sebuah bangunan. Pengalokasian dana pada proyek konstruksi memerlukan biaya yang tidak sedikit. Kegiatan estimasi berfungsi sebagai dasar untuk menciptakan sebuah sistem pembiayaan dan penjadwal pelaksanaan konstruksi, untuk memperkirakan kejadian selama proses pelaksanaan dan memberikan nilai pada setiap kejadian tersebut. Dalam melakukan kegiatan estimasi, seorang estimator harus mempunyai pemahaman yang menyeluruh mengenai proses konstruksi, termasuk jenis dan kebutuhan peralatannya, karena faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi biaya konstruksi.

3. Manajemen Produksi

Manajemen produksi berbeda dengan manajemen proyek tapi saling berhubungan. Manajemen produksi membantu mengatur, menganalisa, mengembangkan strategi manajer. Disisi lain manajemen proyek membantu manajer untuk menerapkan strategi atau metode. Manajemen produksi melibatkan perencanaan dan pengorganisasian operasi untuk mengubah bahan mentah menjadi produk jadi secara efisien. Ini berfokus pada transformasi input menjadi output sambil membuat keputusan untuk memastikan barang memenuhi spesifikasi, kuantitas, dan persyaratan waktu dengan biaya minimum. Manajemen proyek, di sisi lain, berkaitan dengan tugas-tugas yang dinamis dan tidak rutin, yang memerlukan aktivitas untuk diselesaikan sesuai anggaran dan jadwal yang ditetapkan. Hal ini mencakup berbagai kegiatan, seringkali memerlukan pendekatan multidisiplin, dengan kebutuhan sumber daya yang terus berubah. Perencanaan dan pengendalian yang buruk dapat

menyebabkan hasil proyek yang negatif.

4. Efektivitas dan Efisiensi

Manajemen konstruksi mengintegrasikan elemen-elemen terkait untuk memastikan penyelesaian proyek yang efisien dan efektif, mengikuti langkah-langkah manajemen utama yang terkait dengan tahapan pengembangan industri konstruksi. Ini melibatkan identifikasi tahapan manajemen dan kelompok fungsional yang berbeda dalam aplikasi manajemen konstruksi, antara lain:

- a. Perencanaan mencakup peramalan, tujuan, arahan, program, jadwal, tata cara, dan estimasi biaya.
- b. Organisasi mencakup identifikasi dan pengelompokan pekerjaan, penggambaran dan pendelegasian wewenang/tanggung jawab, serta terjalannya hubungan kerja.
- c. Koordinasi mencakup keseimbangan, keselarasan, dan integrasi.
- d. Motivasi memuat pemilihan personel, penilaian dan penghargaan, pendidikan dan pelatihan, bimbingan dan konsultasi.
- e. Pengendalian mencakup standar kerja, pengukuran, evaluasi kinerja, dan tindakan perbaikan.

Selama fase pengembangan industri konstruksi, perencanaan proyek memerlukan sumber daya seperti tenaga kerja, dana, peralatan, bahan bangunan, dan metode yang efektif. Faktor lingkungan juga mempengaruhi biaya dan durasi konstruksi. Untuk memastikan efisiensi dan efektivitas dalam konstruksi, diperlukan teknik manajemen proyek yang komprehensif, yang melibatkan dasar-dasar manajemen, analisis, sistem, ekonomi teknik, perencanaan, dan disiplin teknis lainnya. Hal ini memungkinkan pengelolaan yang terarah melalui pendekatan rekayasa pemecahan masalah terkait waktu, biaya, mutu, pengendalian, dan pemanfaatan sumber daya secara optimal dalam mencapai tujuan pengembangan industri konstruksi.

5. Manajemen Mutu

Menurut Organisasi Internasional untuk Standardisasi (ISO), kualitas didefinisikan sebagai serangkaian karakteristik suatu unit yang mengarah pada

kemampuan untuk memenuhi standar atau kebutuhan yang disyaratkan. Manajemen kualitas proyek adalah proses memastikan bahwa hasil suatu proyek memenuhi standar atau tujuan yang ditetapkan.

- a. Proses Manajemen Mutu
- b. Manajemen Mutu Modern
- c. Perencanaan Kualitas
- d. Kualitas asuransi

Manajemen kualitas proyek terdiri dari beberapa tahapan penting. Pertama, perencanaan kualitas melibatkan identifikasi standar kualitas yang relevan untuk proyek dan merancang strategi untuk memenuhi standar tersebut. Kedua, penjaminan mutu menerapkan prinsip bahwa pekerjaan yang direncanakan mempunyai jaminan bahwa tim proyek telah melaksanakan semua proses yang diperlukan untuk memenuhi standar mutu yang relevan. Ketiga, pengendalian kualitas melibatkan pemantauan hasil proyek tertentu untuk memastikan kepatuhan terhadap standar kualitas yang disepakati dan mengidentifikasi cara untuk meningkatkan kualitas secara keseluruhan. Selain itu, audit mutu dapat digunakan untuk membantu mengidentifikasi cara meningkatkan pencapaian proyek di masa depan atau saat ini.

6. Waktu

Menurut Santosa (2008), ketika terjadi kekurangan tenaga ahli atau peralatan, atau ketika beberapa proyek memerlukan sumber daya yang sama secara bersamaan, koordinasi menjadi sangat penting. Oleh karena itu, resource leveling perlu dilakukan untuk menghindari situasi dimana sumber daya, khususnya tenaga kerja, dibiarkan menganggur pada saat dibutuhkan pada waktu-waktu tertentu. Ada beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk menjadwalkan waktu. Pertama, buat diagram jaringan yang mencakup durasi setiap aktivitas. Kedua, rencanakan penggunaan sumber daya untuk setiap kegiatan, kemudian gambarkan diagram jaringan dan kebutuhan sumber daya dalam grafik waktu dan sumber daya, dengan menggunakan waktu mulai paling awal (ES) dan waktu selesai paling awal (EF). Terakhir, apabila sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia, kegiatan dapat ditunda dengan

memanfaatkan total float (TF) yang tersedia untuk kegiatan terkait.

Perataan sumber daya dengan Metode Jalur Kritis (CPM) dapat dilakukan secara grafis. Identifikasi jalur kritis dan float jaringan proyek yang sedang dipelajari, kemudian plot komponen kegiatan proyek pada koordinat yang telah disiapkan. Menyesuaikan dan menggeser komponen aktivitas non-kritis tanpa fluktuasi yang tajam. Permasalahan waktu dapat menimbulkan kerugian biaya jika proyek memakan waktu lebih lama dari rencana, namun akan bermanfaat jika dapat dipercepat.

3.2 Produktivitas

3.2.1 Definisi Produktivitas

(Nugroho, 2021) menuliskan bahwa definisi produktivitas arti yang cukup luas, diantaranya dipahami sebagai berikut.

1. Menurut OECD, produktivitas pada dasarnya adalah rasio antara output yang dihasilkan dengan elemen produksi yang digunakan.
2. Menurut ILO, produktivitas adalah perbandingan antara elemen produksi (seperti tanah, tenaga kerja, modal, dan organisasi) dengan output yang dihasilkan.
3. EPA menyatakan bahwa produktivitas adalah tingkat efektivitas dalam memanfaatkan setiap elemen produktivitas.
4. Menurut formulasi dari National Productivity Board, Singapore, produktivitas adalah sikap mental yang mendorong semangat untuk bekerja keras dan memiliki kebiasaan untuk melakukan perbaikan.
5. Sesuai dengan laporan Dewan Produktivitas Nasional (DPN), produktivitas mencakup sikap mental yang selalu memperhatikan bahwa kualitas hidup harus meningkat dari waktu ke waktu.

Penjabaran beberapa pendapat diatas secara umum menjelaskan produktivitas adalah hasil dari perbandingan dari *output* dengan *input*.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

3.2.2 Hubungan Produktivitas, Efisiensi dan Efektivitas

Efektivitas terfokus pada pencapaian hasil input atau output yang optimal,

sedangkan efisiensi menekankan pada penggunaan sumber daya secara optimal dalam mencapai hasil tersebut. Kedua konsep ini sering digunakan bersamaan, terkadang mengaburkan makna sebenarnya. Definisi efektivitas dan efisiensi yang diberikan oleh Gasperzs (1998) dalam Pribadiyono (2006) membantu dalam memahami perbedaan antara kedua konsep tersebut.

1. Efektivitas adalah derajat pencapaian output dari suatu sistem produksi.
2. Efisiensi adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana sumber daya dimaksimalkan dalam kemajuan suatu produksi untuk menghasilkan suatu keluaran.

Ketika efektivitas menekankan pada input yang lebih efisien dan efisiensi berfokus pada biaya input yang lebih rendah, produktivitas mengintegrasikan kedua aspek tersebut. Ketika efektivitas membandingkan hasil yang dicapai, efisiensi mengevaluasi pemanfaatan sumber daya. Dengan demikian, produktivitas membandingkan hasil yang diperoleh dengan sumber daya yang dioptimalkan selama proses berlangsung.

3.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Hariandja (2002) pada bukunya faktor yang dapat mempengaruhi nilai produktivitas adalah sebagai berikut.

1. Kemampuan yang dimiliki setiap individu dari segi keilmuan dan pengetahuan dari pendidikan atau sekolah formal maupun keterampilan atau *skill* yang dimilikinya dapat meningkatkan produktivitas dalam bekerja.
2. Situasi dan Keadaan lingkungan, faktor ini biasanya mengaitkan fasilitas dan kondisi yang berpotensi memungkinkan karyawan bekerja secara maksimal dan efisien
3. Motivasi sangatlah penting bagi pekerja untuk meningkatkan produktivitas dalam pekerjaannya. Motivasi berfungsi sebagai kekeuatan fundamental yang mendorong upaya individu untuk mencapai tujuan kelompok atau proyek. Dengan menciptakan lingkungan yang memotivasi pekerja akan lebih berkomitmen sehingga meningkatkan tingkat produktivitas.
4. Upah, apabila upah yang diberikan berada pada bawah standar ketentuan minimum dan tidak sesuai syarat maka ini dapat menyebabkan penurunan

produktivitas pekerja. Kesenjangan kompensasi ini dapat mengakibatkan penurunan motivasi dan efisiensi di antara pekerja yang berdampak akan mempengaruhi tingkat produktivitas secara keseluruhan.

5. Tingkat Pendidikan mencakup latar belakang akademis dan pelatihan pekerja berdampak signifikan terhadap produktivitas kerja individu. Berinvestasi pada sumber daya manusia dengan memajukan pendidikan pekerja melalui metode formal dan informal penting. Pengembangan berkelanjutan ini penting dalam beradaptasi dalam dinamika perubahan perusahaan.
6. Perjanjian Kerja merupakan perjanjian tertulis yang menjamin hak dan tanggungjawab pekerja selama masa kerjanya. Jika perjanjian kerja tidak sesuai dengan hasil atau tidak sesuai maka akan menurunkan tingkat produktivitas pekerja.
7. Penerapan Teknologi sangat mempengaruhi produktivitas pekerja. Teknologi yang diadopsi atau digunakan harus bertujuan untuk mempertahankan dan meningkatkan produktivitas. Seiring kemajuan teknologi diharapkan tidak hanya meningkatkan produktivitas akan tetapi mempermudah pekerja dalam menyelesaikan tugas atau pekerjaannya.

3.2.4 Pengukuran Waktu Kerja

Penilaian waktu kerja memainkan peran penting dalam mengawasi perkembangan suatu proyek, karena memungkinkan pemeriksaan menyeluruh terhadap waktu yang dialokasikan bagi pekerja untuk melaksanakan tugasnya dalam kondisi standar. Evaluasi ini mencakup analisis secara detail mengenai kebutuhan waktu untuk beragam kegiatan, mulai dari awal proyek hingga penyelesaiannya di berbagai upaya konstruksi. Menurut Wignjosoebroto (2008) teknik pengukuran waktu kerja dibagi menjadi 2 sebagai berikut.

1. *Direct Time* atau pengukuran secara langsung

Prosesnya memerlukan penilaian langsung terhadap waktu yang dialokasikan untuk pekerjaan yang dilakukan di lokasi kerja. Hal ini mencakup penggunaan pengukuran waktu *stopwatch*, yang mana waktu diukur untuk aktivitas tertentu, serta pengambilan sampel kerja yang melibatkan pengamatan dan pencatatan aktivitas pekerja secara berkala untuk mengukur

produktivitas dan efisiensi secara keseluruhan.

2. *Indirect Time* atau pengukuran kerja secara tidak langsung

Penilaian jam kerja memerlukan kehadiran fisik pengamat di lokasi proyek untuk mengukur tugas yang dilakukan secara akurat. Hal ini mengharuskan pekerja berkonsultasi dengan penjadwalan yang disediakan untuk mengidentifikasi tugas mereka berdasarkan elemen pekerjaan atau gerakan.

3.3 Manajemen Waktu Proyek

(Chin & Hamid, 2015) mendefinisikan manajemen waktu pada proyek adalah untuk mengendalikan waktu dan menyusun jadwal dan jaringan sehingga dapat mempertahankan alokasi waktu sesuai dengan pelaksanaan keseluruhan proyek menggunakan perencanaan waktu, estimasi waktu, penjadwalan, dan pengendalian jadwal.

(Shehu, 2021) mengatakan manajemen waktu pada proyek dapat dianggap sebagai rantai yang tak terpisahkan di antara berbagai proses yang diperlukan untuk mencapai pengiriman proyek yang sukses. Dalam lingkungan bangunan, terdapat konsensus umum bahwa penyelesaian tepat waktu, kriteria kualitas, dan penyelesaian sesuai dengan perkiraan biaya adalah prestasi utama yang dipertimbangkan dalam menilai kesuksesan proyek konstruksi.

(de Silva & Perera, 2023) Manajemen waktu dapat dijelaskan sebagai tindakan merencanakan dan mengontrol jumlah waktu yang dihabiskan untuk berbagai aktivitas, terutama untuk terlibat dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi kerja.

Manajemen waktu mencakup serangkaian tugas yang saling berhubungan, mulai dari menetapkan jadwal proyek hingga pemantauan dan pelaporan kemajuan proyek. Hal ini selanjutnya melibatkan proses penting dalam membandingkan jadwal yang direncanakan dengan kemajuan aktual yang diamati di lapangan menunjukkan dengan tepat setiap perbedaan, dan menganalisis dampaknya terhadap penyelesaian proyek secara keseluruhan. Selanjutnya, strategi dirancang untuk mengatasi dampak-dampak yang akan berpotensi buruk sehingga penjadwalan ini bertujuan untuk meminimalkan dampak buruk. Terlebih lagi,

manajemen waktu bukan hanya sebuah proses linier melainkan sebuah sistem yang dinamis dan saling berhubungan, dimana setiap langkah mempengaruhi langkah berikutnya dalam siklus penilaian dan penyesuaian yang berkesinambungan.

3.3.1 Sistem Manajemen Waktu Proyek

(Mahyuddin et al., 2023) kegiatan manajemen waktu proyek dibagi menjadi dua bagian utama yaitu tahap perencanaan dan tahap pengendalian. Selama fase perencanaan, beberapa langkah penting dilakukan, termasuk menentukan aktivitas, mengurutkan aktivitas, memperkirakan durasi setiap aktivitas, dan menyiapkan jadwal proyek yang komprehensif. Langkah-langkah ini memastikan rencana yang jelas dan terstruktur untuk lini waktu proyek. Fase pengendalian, di sisi lain, melibatkan aktivitas yang berfokus pada pengendalian jadwal proyek. Fase ini memastikan bahwa proyek tetap berjalan pada jalurnya, melakukan penyesuaian dan pembaruan jadwal yang diperlukan untuk mengakomodasi perubahan atau masalah yang tidak terduga.

1. Mendefinisikan Aktivitas

Mengidentifikasi tugas-tugas menggunakan *Work Breakdown Structure* (WBS). Memastikan kegiatan yang dilakukan jelas untuk memantau dan mencapai tujuan proyek. Libatkan elemen elemen dan *stakeholder* kepentingan yang terlibat untuk memperkirakan biaya, waktu dan sumber daya secara akurat.

2. Pengurutan Aktivitas

Ada tiga aturan dasar untuk mengurutkan aktivitas, alat yang umum digunakan untuk tujuan ini. Alat-alat ini menggambarkan hubungan logis atau urutan kegiatan proyek menggunakan AOA (*Activity-on-Arrow*) atau ADM (*Arrow Diagramming Method*). Mereka membantu mengatur proyek yang kompleks dengan banyak komponen dan ketergantungan, memperkirakan jadwal proyek yang paling ekonomis, dan meminimalkan fluktuasi penggunaan sumber daya. Metode umum meliputi:

- a. Metode Jalur Kritis (CPM)
- b. Teknik Evaluasi dan Review Proyek (PERT)
- c. Metode Diagram Pendahuluan (PDM)

3. Estimasi Lama Aktivitas

Setelah menentukan aktivitas dan urutannya, langkah selanjutnya adalah memperkirakan durasinya. Durasi mencakup total waktu dari awal hingga selesai. Dua pendekatan yang digunakan: teknis dan praktis. Upaya mengacu pada total hari atau jam yang dibutuhkan. Mereka yang bertanggung jawab atas kegiatan ini harus memperkirakan durasinya, dan para ahli akan memberikan masukan dan evaluasi.

4. Penyusunan Jadwal Proyek

Penjadwalan dapat dibagi menjadi dua jenis: Bar Chart dan Network Diagram (CPM). Keduanya mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Selain itu, terdapat kombinasi Gantt/Bar Chart dengan Diagram Jaringan yang disebut Diagram Berbasis Waktu.

5. Mengukur dan *Monitoring*

Evaluasi kemajuan proyek bergantung pada pengukuran yang akurat dan pelaporan lapangan. Laporan kemajuan lapangan adalah dokumen penting untuk menganalisis kemajuan proyek setelah selesai. Laporan-laporan ini harus mencakup persentase penyelesaian setiap kegiatan.

3.4 Manajemen Biaya Proyek

3.4.1 Jenis Estimasi Biaya Proyek

(Mahyuddin et al., 2023) estimasi biaya memainkan peran penting dalam pelaksanaan proyek. Ini membantu menentukan biaya yang diperlukan untuk pengembangan proyek atau investasi dan berfungsi sebagai alat untuk mengendalikan sumber daya proyek. Estimasi biaya terkait erat dengan analisis biaya, yang melibatkan penilaian biaya aktivitas yang digunakan untuk menyiapkan perkiraan biaya. Estimasi biaya dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis sebagai berikut.

1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)
 - a. Biaya bahan material
 - b. Biaya Upah Pekerja
 - c. Biaya Alat

- d. Biaya Subkontraktor
 - e. Biaya persiapan dan penyelesaian
 - f. Biaya *Overhead*
2. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)
 Biaya tidak langsung mencakup biaya yang tidak terkait langsung dengan aktivitas proyek, seperti pemasaran, pajak, dan keuntungan kontraktor. Meskipun sifatnya tetap dan ukurannya relatif kecil dibandingkan dengan biaya langsung, biaya tersebut didistribusikan ke seluruh proyek dan ditambahkan ke total biaya proyek. Langkah-langkah pengendalian diperlukan untuk mencegah pembengkakan anggaran.
 3. Biaya Kesempatan yang Hilang (*Opportunity Cost*)
 Mengacu pada potensi hilangnya keuntungan akibat penundaan proyek, yang bisa diperoleh jika proyek selesai sesuai jadwal. Biaya peluang meningkat seiring dengan penundaan proyek.

3.4.2 Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

RAB atau rencana anggaran biaya merupakan serangkaian tahapan perencanaan yang penting untuk konstruksi. Estimasi biaya proyek dilakukan sebelum pekerjaan dimulai sehingga memerlukan perhitungan yang detail mengenai jumlah material dan biaya tenaga kerja. Volume setiap pekerjaan dihitung untuk menyederhanakan proses. Kegiatan proyek adalah tindakan sementara yang dibatasi oleh waktu yang memerlukan sumber daya yang dialokasikan untuk memenuhi kriteria yang telah ditentukan. RAB mungkin berbeda berdasarkan lokasi karena perbedaan biaya material dan upah tenaga kerja. Intinya, penganggaran melibatkan perencanaan dan perhitungan yang cermat. Perhitungan anggaran biaya dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$RAB = \sum (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$$

Menurut Ibrahim (1993) ada tiga elemen yang harus ada dalam menyusun anggaran biaya yaitu Harga Satuan Bahan, Harga Satuan Upah, dan Harga Satuan Pekerjaan.

Analisis harga satuan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti biaya bahan,

biaya peralatan, dan upah tenaga kerja. Harga satuan ini berfungsi sebagai acuan untuk perencanaan dan pengendalian biaya. Harga bahan diperoleh dari pasar dan disusun menjadi sebuah daftar, sedangkan upah tenaga kerja dikumpulkan secara lokal dan dicatat dalam daftar lain. Harga satuan harus disesuaikan dengan kondisi lapangan, efisiensi peralatan, cara pelaksanaan, dan jarak transportasi. Untuk menghitung harga satuan pekerjaan, harga satuan bahan, upah tenaga kerja, dan peralatan dikalikan dengan koefisien yang telah ditentukan. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut.

Upah : harga satuan upah x koefisien

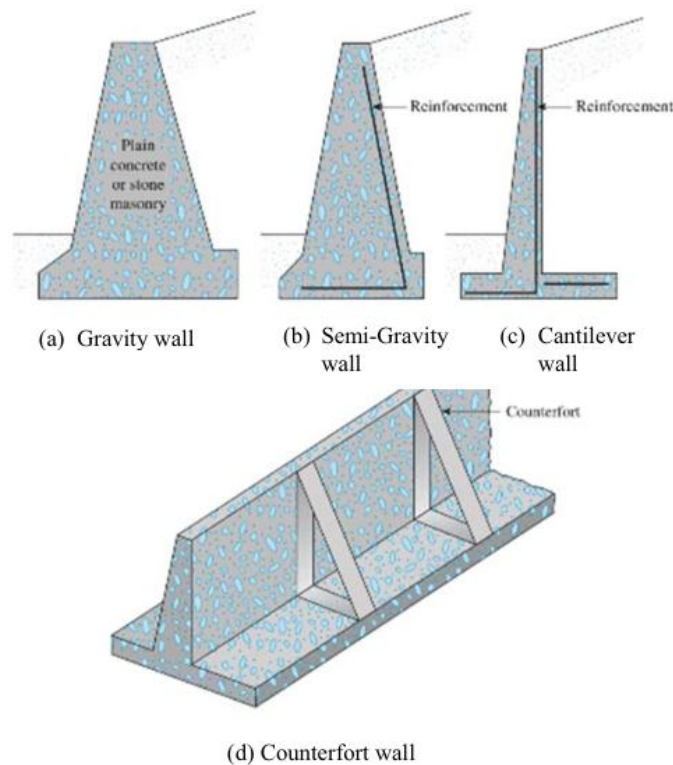
Bahan : harga satuan bahan x koefisien

Alat : harga satuan alat x koefisien

3.5 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan berfungsi sebagai penghalang yang dibangun untuk menopang dan menstabilkan tanah. Fungsi utamanya adalah untuk menahan tekanan yang diberikan oleh tanah yang ditahannya, mencegah kegagalan lereng dan erosi baik di area yang digali maupun ditimbun. Struktur dinding penahan yang curam berfungsi sebagai pengaman terhadap potensi keruntuhan atau longsor, dan secara efektif menahan gaya lateral yang ditimbulkan oleh material yang tertahan. Selain itu, keberadaan tembok mencegah kecenderungan struktur untuk terbalik atau bergeser akibat gaya dorong yang diberikan oleh massa tanah yang tertahan (Dhamdhare et al., 2022).

Dinding penahan adalah suatu struktur yang dirancang untuk menopang tanah curam secara horizontal, mencegahnya agar tidak runtuh. Tujuan utamanya adalah untuk memaksimalkan pemanfaatan ruang lahan yang terbatas. Selain pemeriksaan dinding penahan, penelitian mengenai stabilitas lereng curam juga sedang dilakukan (Kong et al., 2021).



Gambar 3.2 Dinding Penahan Tanah
(Sumber: Sari 2020)

Dinding penahan konvensional dapat dikategorikan menjadi empat jenis utama: dinding penahan gravitasi, semi gravitasi, kantilever, dan dinding penahan counterfort. Dinding penahan gravitasi biasanya dibangun menggunakan beton, batu, atau kombinasi keduanya. Dinding semi-gravitasi adalah versi modifikasi dari dinding gravitasi, menggabungkan elemen baja untuk mengurangi ukuran bagian dinding. Dinding penahan kantilever terbuat dari beton bertulang dan terdiri dari batang tipis dan pelat dasar. Dinding penahan counterfort memiliki struktur yang mirip dengan dinding kantilever tetapi memiliki counterfort pada interval tertentu, yaitu pelat beton vertikal tipis yang menghubungkan dinding ke pelat dasar (Sari et al., 2020).

3.6 Shotcrete

Shotcrete adalah beton yang disemprotkan ke permukaan menggunakan udara bertekanan tinggi. Metode ini melibatkan penerapan beton secara pneumatik pada tekanan tinggi. Momentum tinggi dari *shotcrete* saat tumbukan memastikannya memadat secara langsung, sehingga menghilangkan kebutuhan akan getaran tambahan (Andreas Sjölander, 2020).

Metode *shotcrete* adalah teknik yang digunakan untuk membangun dinding dengan menyemprotkan campuran semen beton ke rangkaian *wiremesh* yang membentuk dinding atau partisi. Campuran disemprotkan secara pneumatic ke permukaan dan kemudian dibentuk sesuai standar atau perencanaan (Plamenco et al., 2021).

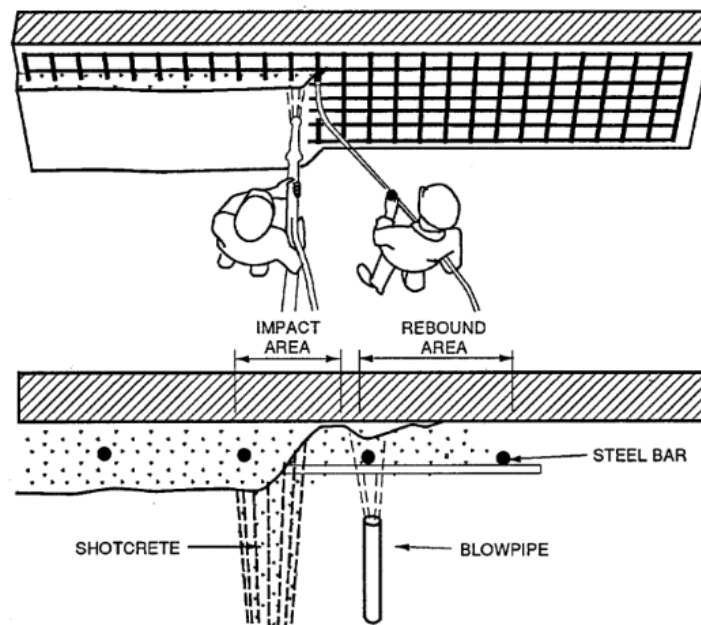
Shotcrete adalah jenis beton yang dibuat dengan cara mencampurkan komponen atau elemen seperti agregat, semen, dan bahan lainnya kemudian dimasukkan ke dalam peralatan penyemprotan berkekuatan tinggi. Penyemprot khusus ini menggunakan udara dengan kekuatan tinggi dan kecepatan tinggi pada permukaan yang akan dijadikan dinding atau partisi (Liu et al., 2021).

3.6.1 Proses Pembuatan *Shotcrete*

Menurut Plamenco 2021, proses pelaksanaan *shotcrete* secara ideal adalah sebagai berikut.

1. Pasang styrofoam 12mm x 100mm pada garis tengah kolom dan bagian bawah balok dengan lem kayu untuk celah seismik.
2. Pasang kusen pintu tanguile dengan paku kawat 3” dan rangka jendela sementara menggunakan papan fenolik serta penyangga. Setelah shotcreting, kusen siap untuk pintu dan penutup, dan rangka jendela sementara diganti dengan rangka aluminium.
3. Bor dowel batang 10mm Ø dengan jarak 800mm secara horizontal dan vertikal. Tutupi dowel vertikal atas pada balok dengan pipa PVC (16mm Ø x 30cm) dan ikat semua batang vertikal 12mm Ø dengan kawat Ga 16.
4. Pasang wire mesh las 200mm x 200mm, tebal 3,5mm di satu sisi dan fiber mesh ¼” di sisi lainnya, pastikan semua pipa utilitas berada di antara mesh tersebut. Pasang juga kotak utilitas.

5. Pasang penyangga pada wire mesh untuk stabilitas. Oleskan plester semen tipis awal dan biarkan mengeras sehari.
6. Siapkan adukan mortar sesuai perbandingan yang ditentukan. Mulai shotcreting pada sisi yang diplester dengan mesin turbosol, biarkan beton mengering, lalu ratakan dengan sekop.
7. Lepaskan penyangga, kemudian *shotcrete* sisi lainnya. Biarkan beton mengering dan ratakan dengan sekop.
8. Potong area plesteran dengan styrofoam menjadi lebar 12mm menggunakan penggiling portabel. Oleskan sealant struktural yang tidak mudah mengendur dan bisa dicat pada celah 12mm tersebut.
9. Finishing dinding *shotcrete*.



Gambar 3.3 Pelaksanaan *Shotcrete*

(Sumber: Plamenco 2021)

3.6.2 Keuntungan dan Kekurangan *Shotcrete*

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Putra et al., 2018) *shotcrete* sebagai dinding penahan tanah terdapat kelebihan dan kekurangan sebagai berikut.

Kelebihan:

1. Tidak memerlukan kaki beton
2. Ketebalan tipis (75mm)
3. Mempunyai kekuatan tarik yang besar
4. Kedap air
5. Dapat mengatasi lereng dengan kelandaian 90 derajat

Kekurangan:

1. Biaya yang cukup besar
2. Jangka waktu beton dalam mesin tidak tahan lama
3. Keterbatasan terhadap mesin

BAB IV METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan sebuah serangkaian kegiatan ilmiah yang dilakukan peneliti untuk mengumpulkan informasi atau data secara sistematis dengan pengujian dan evaluasi pada data yang didapatkan. Metode penelitian memberikan gambaran penelitian yang mencakup prosedur, langkah-langkah, sumber data, durasi, pengolahan, analisis yang diperlukan secara ilmiah dan sistematis.

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dilakukan berada di kawasan Daerah Istimewa Yogyakarta, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Desa Maguwoharjo Pugeran. Lokasi dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

(Sumber: Pribadi)

4.2 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan adalah data primer yang diperoleh dari PT Mutiara Mitra Mandiri. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut.

1. Rencana Anggaran Biaya Proyek Pembukaan Lahan Universitas AMIKOM Yogyakarta.
2. Gambar desain dinding penahan tanah dan *shotcrete*.
3. Data Peta Topografi Proyek Pembukaan Lahan Universitas AMIKOM Yogyakarta.
4. Gambar DED dinding penahan tanah dan *shotcrete*.
5. Peraturan Menteri PUPR No.28 Tahun 2016 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.
6. Penjadwalan Proyek Pembukaan Lahan Universitas AMIKOM Yogyakarta.

4.3 Metode Penelitian

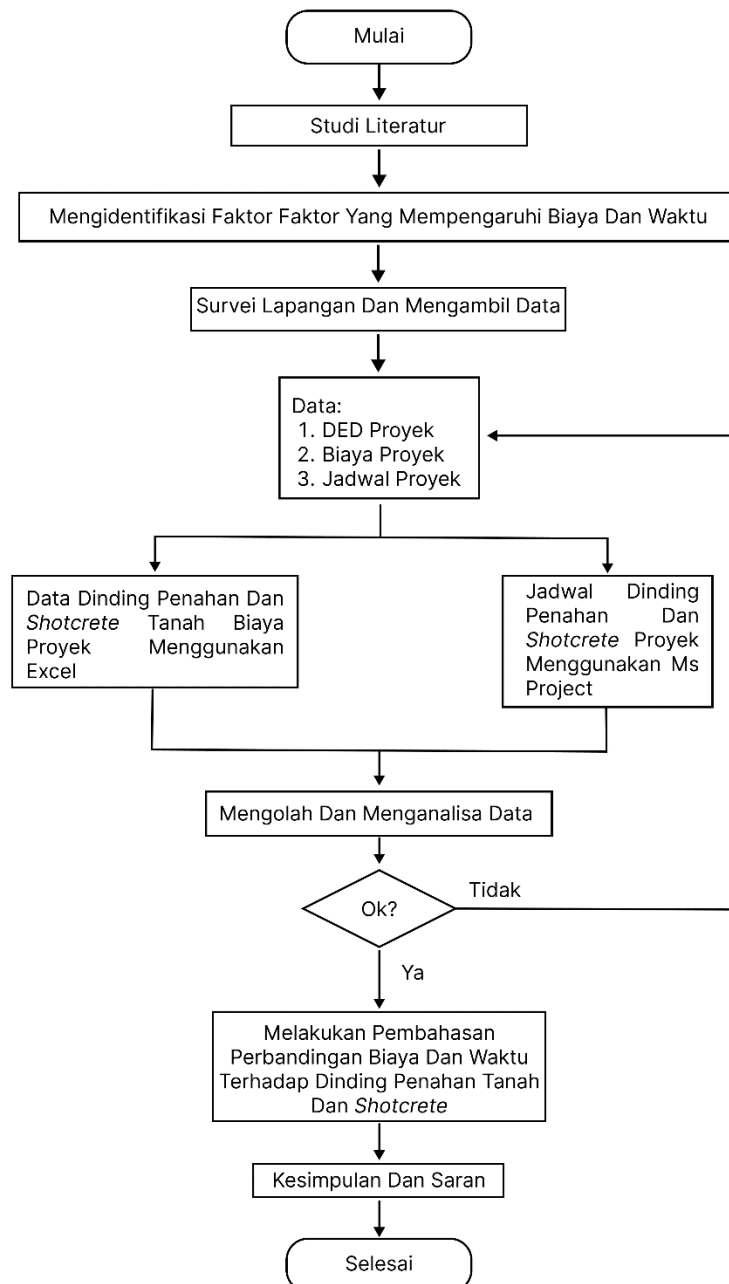
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk membandingkan biaya dan waktu dengan objek metode dinding penahan tanah dan *shotcrete*. Data yang diperlukan untuk penelitian ini diperoleh secara langsung dari pihak PT Muara Mitra Mandiri. Setelah pengumpulan data, langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut menggunakan perangkat lunak Excel untuk menyusun rencana anggaran biaya. Selain itu, penjadwalan proyek dilakukan dengan menggunakan MS Project untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang durasi dan timeline setiap metode. Metode penelitian ini dirancang untuk memberikan analisis yang komprehensif mengenai efisiensi biaya dan waktu dari kedua metode tersebut, sehingga dapat memberikan rekomendasi yang lebih informatif dan bermanfaat bagi pelaksanaan proyek serupa di masa depan.

Tahapan Penelitian sebagai berikut.

1. Studi Literatur
2. Mengidentifikasi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Biaya dan Waktu
3. Survei Lapangan dan Mengambil Data
4. Mengumpulkan Data

- DED Proyek
 - Biaya Proyek
 - Jadwal Proyek
5. Mengumpulkan Data Spesifik
 - Data Dinding Penahan dan *Shotcrete* Tanah
 - Jadwal Dinding Penahan dan *Shotcrete* Proyek
 6. Mengolah dan Menganalisa Data
 7. Melakukan Pembahasan Perbandingan Biaya dan Waktu
 8. Kesimpulan dan Saran

4.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4.2 *Flowchart* Penelitian

BAB V

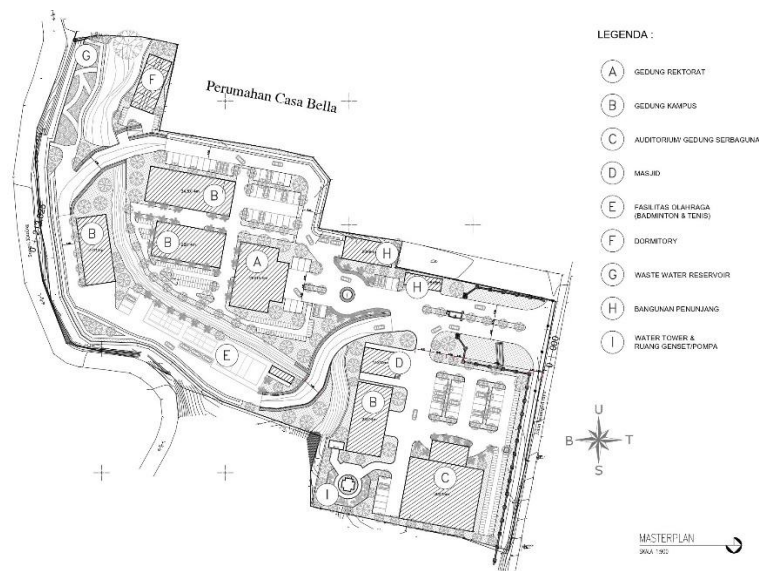
ANALISIS DAN PEMBEHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan secara detail dan terperinci tentang perbandingan waktu dan biaya antara metode *shotcrete* dengan metode talud pada pekerjaan dinding penahan tanah sesuai dengan metode pada bab sebelumnya. Dibawah merupakan uraian analisis penelitian sebagai berikut.

5.1 Data Umum Proyek

1. Nama Proyek : Buka Kawasan Kampus Universitas AMIKOM Yogyakarta
2. Pemilik Proyek : PT Muara Mitra Mandiri
3. Lokasi Proyek : Daerah Istimewa Yogyakarta, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Desa Maguwoharjo Pugeran
4. Luas Proyek : 20941 m² (2,09 ha)
5. Durasi Proyek : 361 hari

Gambar Master Plan pada proyek buka kawasan kampus Universitas AMIKOM Yogyakarta dapat dilihat pada gambar 5.1 sebagai berikut.



Gambar 5.1 Masterplan Universitas AMIKOM Yogyakarta

5.2 Data Primer

Data primer dikumpulkan secara langsung oleh peneliti melalui metode seperti survei atau eksperimen, sehingga hasilnya lebih tepat sasaran dan sesuai dengan fokus penelitian (Muspawi, 2024). Data primer yang saya peroleh berdasarkan pengamatan lapangan dan analisis yang dilakukan dilapangan.

Selain data primer berupa hasil wawancara dan observasi langsung, peneliti juga mengumpulkan dokumen pendukung dari lokasi proyek atau instansi terkait, antara lain Rencana Anggaran Biaya (RAB), gambar perencanaan teknis (Detail Engineering Design/DED), dokumentasi visual proyek, serta jadwal pelaksanaan pekerjaan. Dokumen-dokumen ini diperoleh melalui koordinasi langsung dengan pihak pelaksana proyek dan bertujuan untuk memperkuat validitas data serta mendukung analisis terhadap aspek teknis dan manajerial dalam penelitian.

5.3 Data Hasil Penelitian

Analisis data dalam penelitian tesis adalah proses sistematis untuk mengolah, menginterpretasi, dan menarik kesimpulan dari data yang telah dikumpulkan, agar

dapat menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian. Proses ini melibatkan penataan data, pengelompokan, pemaknaan, serta pengujian hubungan antarvariabel atau makna fenomena yang diteliti.

5.3.1 Data Volume Pekerjaan dan *Bill of Quantity*

Volume pekerjaan merupakan pengukuran atau kuantitas dari setiap item pekerjaan berdasarkan satuan masing-masing. Untuk memperoleh hasil perhitungan volume yang akurat, seorang estimator harus memiliki pemahaman yang komprehensif terhadap gambar desain yang telah disahkan, termasuk di dalamnya denah lantai, potongan, detail konstruksi, hingga model struktur tiga dimensi. (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2019).

Berikut merupakan volume pekerjaan yang berada pada proyek buka kawasan Universitas AMIKOM Yogyakarta.

Tabel 5.1 Volume Pekerjaan Proyek Buka Kawasan Universitas AMIKOM

No	Item Pekerjaan	Volume	Satuan	PRESENTASE (%)
A. Pekerjaan Persiapan				
1	Mobilisasi dan demobilisasi peralatan berat dan personil	1,00	ls	0,252%
2	Penyediaan peralatan kantor dan peralatan survey	1,00	ls	0,378%
B. Pekerjaan Tanah				
1	Pekerjaan penyelidikan tanah	20941,00	m ²	0,527%
2	Pekerjaan Pemetaan dantopografi kawasan menggunakan foto udara	20941,00	m ²	0,527%
C. Pekerjaan Dinding Penahan tanah dan pagar keliling				
1	Pekerjaan galian tanah talud	1485,17	m ³	0,768%
2	Pasangan pondasi talud	3403,51	m ³	14,813%
3	Pekerjaan plesteran dan acian talud (siar batu kali)	3712,92	m ²	1,712%

Lanjutan Tabel 5.1 Volume Pekerjaan Proyek Buka Kawasan Universitas AMIKOM

No	Item Pekerjaan	Volume	Satuan	Persentase (%)
4	Pekerjaan pagar keliling panel betonpracetak tinggi 2 m	853,23	m ¹	2,148%
5	Pekerjaan tiang pagar panel beton	386,00	kolom	0,486%
6	Pekerjaan kawat duri rangka besi siku	853,23	m ¹	0,430%
D. Pekerjaan Infrastruktur dan Penataan Lahan				
1	Pekerjaan bouwplank dan uitzeet	814,87	m ¹	0,523%
2	Pekerjaan cut (galian) tanah	11517,5 5	m ³	4,829%
3	Pekerjaan fill (urugan) tanah	34552,6 5	m ³	14,486%
4	Pekerjaan Pemadatan tanah dengan alat pemadat	34552,6 5	m ³	8,209%
5	Pekerjaan perataan dan pembentukan kontur lahan	23035,1 0	m ²	7,726%
6	Pekerjaan Penataan infrastruktur lingkungan			
a.	Pekerjaan jalan lingkungan paving blok K300 ex Mutiara, termasuk urugan pasir dibawah paving dan pemadatan dengan stamper paving	1036,58	m ²	0,974%
b.	Pekerjaan kanstin (kerb) jalan ex Mutiara	388,50	m ¹	0,237%
c.	Pekerjaan embung reservoir air termasuk peralatan pendukung dan utilitasnya	500,00	m ²	6,288%
d.	Pekerjaan pagar depan konsep etnik khas Yogya, termasuk asesorisnya	578,57	m ²	5,255%
e.	Pekerjaan gapura Universitas AMIKOM tinggi 8 m termasuk tulisan Universitas AMIKOM Yogyakarta	1,00	unit	1,397%
f.	Pekerjaan bangunan pos satpam lengkap utilitas	5,00	unit	2,474%
7	Pekerjaan taman dan penataan landscape	6910,53	m ²	5,220%
E. Pekarjan saluran air hujan lingkungan				
1	Galien saluran air hujan	618,82	m ³	0,320%
2	Pemasangan saluran air hujan U-ditch 50x50x1.2	1237,64	m ¹	4,675%

Lanjutan Tabel 5.1 Volume Pekerjaan Proyek Buka Kawasan Universitas AMIKOM

No	Item Pekerjaan	Volume	Satuan	Persentase (%)
3	Pemasangan Tutup Uditch	1237,64	m ¹	1,558%
4	Pekerjaan Sumur peresapan air hujan lingkungan	252,00	unit	1,904%
5	Pengadaan Ground water tank lingkungan kap 500 m ³	1,00	unit	4,407%
F	Pekerjaan Elektrikal			
1	Pengadaan Trafo termasuk tiang dan assesorisnya	1,00	ls	4,407%
2	Pengurusan daya PLN 500 KVA	1,00	ls	2,833%
G	Tanaman (Penhijauan)	1,00	ls	0,238%
				100,00%

5.3.2 Analisis Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya adalah estimasi biaya konstruksi yang disusun dengan mengacu pada gambar perencanaan dan spesifikasi teknis, yang bertujuan untuk memprediksi total anggaran yang diperlukan dalam pelaksanaan suatu proyek (Kementerian PUPR, 2019).

Secara konseptual, Rencana Anggaran Biaya (RAB) terdiri atas dua komponen utama, yaitu volume pekerjaan dan harga satuan. Volume pekerjaan ditentukan melalui perhitungan kuantitatif berdasarkan gambar teknis atau kondisi aktual di lapangan. Sementara itu, harga satuan diperoleh melalui analisis harga satuan pekerjaan (AHSP), yang mempertimbangkan berbagai aspek seperti harga material, biaya tenaga kerja, biaya perawatan, serta unsur biaya lain yang relevan untuk memperoleh estimasi biaya yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan administratif (Inkiriwang, dkk, 2020).

Menurut Kubro 2022 rencana anggaran biaya adalah jumlah seluruh hasil kali volume tiap jenis pekerjaan dengan harga satuan tiap masing-masing item. Maka dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$RAB = \sum (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$$

Berdasarkan rumus perhitungan yang digunakan, serta data primer yang saya peroleh dari proyek pembukaan kawasan Universitas AMIKOM Yogyakarta, dilakukan analisis terhadap dua metode pelaksanaan konstruksi. Penelitian ini membandingkan dua jenis Rencana Anggaran Biaya (RAB), yaitu RAB untuk perencanaan talud dan RAB untuk perencanaan *shotcrete*. Analisis dilakukan untuk melihat perbedaan dari segi biaya, efektivitas, dan efisiensi masing-masing metode. Dari hasil perhitungan dan perbandingan tersebut, akan terlihat metode mana yang lebih unggul secara ekonomis dan teknis untuk diterapkan pada kondisi proyek di lapangan. Berikut rencana anggaran biaya 2 metode tersebut.

Tabel 5.2 Perhitungan RAB Metode Talud pada Proyek

NO.	JENIS PEKERJAAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
A	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Mobilisasi dan demobilisasi peralatan berat dan personil	ls	1	18.750.000,00	18.750.000,00
2	Pengadaan peralatan kantor dan peralatan survey	ls	1	11.250.000,00	11.250.000,00
	Total Sub. A				30.000.000,00
B	PEKERJAAN TANAH				
1	Pekerjaan penyelidikan tanah	m ²	20.941,00	3.450,00	72.246.450,00
2	Pekerjaan Pemetaan dan topografi kawasan menggunakan foto udara	m ²	20.941,00	4.750,00	99.469.750,00
	Total Sub. B				171.716.200,00
C	PEKERJAAN DINDING PENAHAN TANAH DAN PAGAR KELILING				
1	Pekerjaan galian tanah talud	m ³	1.485,17	85.650,00	127.204.797,50
2	Pasangan pondasi talud	m ³	3.403,51	400.000,00	1.361.404.000,00
3	Pekerjaan plesteran dan acian talud (Siar batu kali)	m ²	3.712,92	108.950,00	404.522.634,00
4	Pekerjaan pagar keliling panel beton precetak tinggi 2 m	m'	853,23	585.850,00	499.844.285,50

Lanjutan Tabel 5.2 Perhitungan RAB Metode Talud pada Proyek

NO.	JENIS PEKERJAAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
5	Pekerjaan tiang pagar panel beton	kolom	386	285.250,00	110.106.500,00
6	Pekerjaan kawat duri rangka besi siku	m'	853,23	125.875,00	107.396.621,25
7	Pekerjaan badan talud section bawah (4,5m)	m ³	2.160,27	400.000,00	864.108.000,00
8	Pekerjaan badan talud section atas tier 1 (5,5m)	m ³	1.987,02	400.000,00	794.808.000,00
9	Pekerjaan badan talud section atas tier 2 (4,5m)	m ³	1.629,79	400.000,00	651.916.000,00
	Total Sub. C				4.921.310.838,25
D	PEKERJAAN INFRASTRUKTUR DAN PENATAAN LAHAN				
1	Pekerjaan bouwplank dan uitzeet	m'	814,87	14.250,00	11.611.897,50
2	Pekerjaan cut (galian) tanah	m ³	11.517,55	87.350,00	1.006.057.992,50
3	Pekerjaan fill (urugan) tanah	m ³	34.552,65	86.850,00	3.000.897.652,50
4	Pekerjaan Pemadatan tanah dengan alat pemadat	m ³	34.552,65	48.750,00	1.684.441.687,50
5	Pekerjaan perataan dan pembentukan kontur lahan	m ²	23.035,10	7.150,00	164.700.965,00
6	Pekerjaan Penataan infrastruktur lingkungan				
a.	Pekerjaan jalan lingkungan paving blok K300 ex Mutiara, termasuk urugan pasir dibawah paving dan pemadatan dengan stamper paving	m ²	1.036,58	195.450,00	202.599.797,00
b.	Pekerjaan kanstin (kerb) jalan ex Mutiara	m'	388,5	135.550,00	52.661.175,00
c.	Pekerjaan embung reservoir air termasuk peralatan pendukung dan utilitasnya	m ²	500	265.750,00	132.875.000,00

Lanjutan Tabel 5.2 Perhitungan RAB Metode Talud pada Proyek

NO.	JENIS PEKERJAAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
d.	Pekerjaan pagar depan konsep etnik khas Yogya, termasuk asesorisnya	m'	578,57	188.350,00	108.968.890,50
e.	Pekerjaan gapura Universitas AMIKOM tinggi 8 m termasuk tulisan Universitas AMIKOM Yogyakarta	unit	1	313.650.000,00	313.650.000,00
f.	Pekerjaan bangunan pos satpam lengkap utilitas	unit	5	115.850.000,00	579.250.000,00
7	Pekerjaan taman dan penataan landscape	m ²	6.910,53	75.750,00	523.472.647,50
	Total Sub. D				7.781.187.705,00
E	PEKERJAAN SALURAN AIR HUJAN LINGKUNGAN				
1	Galian saluran air hujan	m ³	618,82	75.450,00	46.690.369,00
2	Pemasangan saluran air hujan U-ditch 50x50x1.2	m'	1.237,64	215.650,00	266.893.366,00
3	Pemasangan Tutup Uditch	m'	1.237,64	98.850,00	122.340.876,00
4	Pekerjaan Sumur peresapan air hujan lingkungan	unit	252	175.500,00	44.226.000,00
5	Pengadaan Ground water tank lingkungan kap 500 m ³	unit	1	428.750.000,00	428.750.000,00
	Total Sub. E				908.900.611,00
F	PEKERJAAN ELEKTRIKAL				
1	Pengadaan Trafo termasuk tiang dan asesorisnya	ls	1	388.750.000,00	388.750.000,00
2	Pengurusan daya PLN 500 KVA	ls	1	247.550.000,00	247.550.000,00
	Total Sub. F				636.300.000,00
G	TANAMAN (PENGIHAUAN)				
1	Pekerjaan tanaman penghijauan	ls	1	51.250.000,00	51.250.000,00
	Total Sub. G				51.250.000,00
TOTAL					14.500.665.354,25

Tabel 5.3 Perhitungan RAB Metode *Shotcrete* pada Proyek

NO.	JENIS PEKERJAAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
A	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Mobilisasi dan demobilisasi peralatan berat dan personil	ls		18.750.000,00	18.750.000,00
2	Pengadaan peralatan kantor dan peralatan survey	ls		11.250.000,00	11.250.000,00
	Total Sub. A				30.000.000,00
B	PEKERJAAN TANAH				
1	Pekerjaan penyelidikan tanah	m ²	20.941,00	3.450,00	72.246.450,00
2	Pemetaan Penetralan dan topografi kawasan menggunakan foto udara	m ²	20.941,00	4.750,00	99.469.750,00
	Total Sub. B				171.716.200,00
C	PEKERJAAN <i>SHOTCRETE</i> DAN PAGAR KELILING				
1	Pekerjaan galian tanah talud	m ³	555,72	85.650,00	47.597.418,00
2	Pekerjaan plesteran dan acian talud (Sar batu kali)	m ²	1.388,63	108.950,00	151.291.238,50
3	Pekerjaan pagar keliling panel beton precast tinggi 2 m	m ²	853,23	585.850,00	499.844.285,50
4	Pekerjaan tiang pagar panel beton	kolom	386	285.250,00	110.106.500,00
5	Pekerjaan kawat duri rangka besi siku	m ²	853,23	125.875,00	107.396.621,25
6	Pekerjaan badan talud section bawah (4,5m)	m ²	2.160,27	400.000,00	1.221.632.685,00
7	Pekerjaan <i>shotcrete</i> pengganti badan talud atas tier 1 dan 2	m ³	552,47	4.500.000,00	2.486.115.000,00
a	Alat <i>Shotcrete</i>	buah	1,00	50.000.000,00	50.000.000,00
b	Anchor	buah	3.000,00	30.000,00	90.000.000,00
c	Pipa Drainase	buah	400,00	300.000,00	120.000.000,00
d	Wiremesh	m ²	2.587,35	150.000,00	388.102.500,00
	Total Sub. C				5.272.086.248,25
D	PEKERJAAN INFRASTRUKTUR DAN PENATAAN LAHAN				
1	Pekerjaan bowplank dan uitzet	m ²	814,87	14.250,00	11.611.897,50
2	Pekerjaan cut (galian tanah)	m ³	11.517,55	87.350,00	1.006.057.992,50

Lanjutan Tabel 5.3 Perhitungan RAB Metode *Shotcrete* pada Proyek

NO.	JENIS PEKERJAAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
3	Pekerjaan fill (urugan tanah) dengan alat pemadat	m ³	34.552,65	86.850,00	3.000.897.622,50
4	Pekerjaan Pemadatan tanah dengan alat pemadat	m ²	34.552,65	48.750,00	1.684.441.687,50
5	Pekerjaan peralatan dan pembentukan kontur lahan	m ²	23.035,10	7.150,00	164.700.965,00
6	Pekerjaan Penataan infrastruktur lingkungan				
a.	Pekerjaan jalan lingkungan paving blok k300 ex Mutiara, termasuk urugan pasir dibawah paving dan pemadatan dengan stamper paving	m ²	1.036,36	195.450,00	202.559.797,00
b.	Pekerjaan kanstin (kerb) jalan ex Mutiara	m ²	388,5	135.550,00	52.661.175,00
c.	Pekerjaan embung reservoir air termasuk peralatan pendukung dan utilitasnya	m ²	500	265.750,00	132.875.000,00
d.	Pekerjaan pagar depan konsep etnik khas Yogya, termasuk asesorisnya	m ²	578,57	188.350,00	108.968.890,50
e.	Pekerjaan gapura Universitas AMIKOM tinggi 8 m termasuk tulisan Universitas AMIKOM Yogyakarta	unit	1	313.650.000,00	313.650.000,00
f.	Pekerjaan bangunan pos satpam lengkap utilities	unit	5	115.850.000,00	579.250.000,00
7.	Pekerjaan taman dan penataan landscape	m ²	6.910,53	75.750,00	523.472.647,50
	Total Sub. D				7.781.147.675,00
E	PEKERJAAN SALURAN AIR HUJAN LINGKUNGAN				
1	Galian saluran air hujan	m ³	618,82	75.450,00	46.690.369,00
2	Pemasangan saluran air hujan U-ditch 50x50x1.2	m'	1.237,64	215.650,00	266.893.366,00
3	Pemasangan Tutup Uditch	m'	1.237,64	98.850,00	122.340.876,00

Lanjutan Tabel 5.3 Perhitungan RAB Metode *Shotcrete* pada Proyek

NO.	JENIS PEKERJAAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
4	Pekerjaan Sumur peresapan air hujan lingkungan	unit	252	175.500,00	44.226.000,00
5	Pengadaan Ground water tank lingkungan kap 500 m ³	unit	1	428.750.000,00	428.750.000,00
	Total Sub. E				908.900.611,00
F	PEKERJAAN ELEKTRIKAL				
1	Pengadaan Trafo termasuk tiang dan asesorisnya	ls	1	388.750.000,00	388.750.000,00
2	Pengurusan daya PLN 500 KVA	ls	1	247.550.000,00	247.550.000,00
	Total Sub. F				636.300.000,00
G	TANAMAN (PENGHIJAUAN)				
1	Pekerjaan tanaman penghijauan	ls	1	51.250.000,00	51.250.000,00
	Total Sub. G				51.250.000,00
TOTAL					14.851.400.734,25

Contoh perhitungan tabel 5.2 sebagai berikut.

$$\text{Volume} = 2.160,27 \text{ m}^3$$

$$\text{Harga Satuan} = \text{Rp}400.000,00$$

$$\begin{aligned} \text{RAB} &= \text{Volume} \times \text{Harga Satuan} \\ &= 2.160,27 \text{ m}^3 \times \text{Rp}400.000,00 \\ &= \text{Rp}864.108.000,00 \end{aligned}$$

5.4 Analisis dan Pembahasan Data Hasil Penelitian

Setelah data hasil penelitian diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis untuk mendapatkan jawaban atas tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Pada penelitian ini, analisis difokuskan pada perbandingan biaya dan waktu serta tingkat efisiensi antara pekerjaan dengan metode Talud dan metode Shotcrete. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui metode mana yang lebih ekonomis maupun lebih efektif dari segi durasi

pelaksanaan, sehingga dapat memberikan rekomendasi pemilihan metode konstruksi yang sesuai dengan kebutuhan proyek.

5.4.1 Analisis dan Pembahasan Perbandingan Biaya Langsung Metode Talud dan *Shotcrete* pada Proyek Buka Kawasan

Berdasarkan total biaya langsung (RAB) yang dihitung menggunakan rumus $RAB = Volume \times \text{Harga Satuan}$, diperoleh hasil bahwa metode Talud menghasilkan total biaya sebesar Rp14.500.665.354,25, sedangkan metode *Shotcrete* menghasilkan total biaya sebesar Rp14.851.400.734,25. Perbedaan biaya antara keduanya mencapai Rp350.735.380,00, yang berarti metode *shotcrete* sekitar 2,42% lebih mahal dibandingkan metode talud.

Komponen penyumbang selisih terbesar dari analisis menunjukkan pada pekerjaan dinding penahan tanah (Sub-C) sebagai berikut:

Tabel 5.4 Komponen Penyumbang Selisih Kedua Metode

Metode	Biaya	Biaya Langsung
Talud	Rp 4.921.310.838	Rp14.500.665.354,25
<i>Shotcrete</i>	Rp 5.272.086.248	Rp14.851.400.734,25
Selisih	Rp 350.775.410	Rp 350.735.380,00

Berdasarkan data di atas dapat diartikan bahwa hampir seluruh perbedaan biaya antara kedua metode terletak pada perbedaan jenis struktur penahan tanah yang digunakan. Pekerjaan lain seperti persiapan, pekerjaan tanah, saluran, elektrikal, dan landscape memiliki nilai yang sama atau sangat mendekati, sehingga tidak memengaruhi perbedaan biaya secara signifikan.

Penyebab biaya *shotcrete* lebih tinggi adalah sebagai berikut.

1. Pekerjaan *shotcrete* per m² memiliki harga satuan Rp4.500.000,00, sedangkan pasangan batu kali (pada metode Talud) dihitung dalam satuan m³ dengan harga rata-rata jauh lebih rendah.
2. Volume pekerjaan *shotcrete* di tier 1 dan tier 2 mencapai total 552,47 m². Ketika dikalikan harga satuan yang tinggi, menghasilkan lonjakan biaya yang signifikan.

3. *Shotcrete* memerlukan bahan beton dengan campuran tertentu dan alat khusus untuk aplikasinya, sehingga harga satuan tidak bisa ditekan seperti pasangan batu biasa.

Metode talud lebih ekonomis dapat dilihat dari beberapa poin sebagai berikut.

1. Biaya pekerjaan badan talud (pasangan batu kali) memiliki harga satuan yang lebih rendah dibandingkan metode *shotcrete*.
2. Pada metode Talud, struktur terbentuk dari material lokal (batu kali) yang relatif murah dan mudah didapat, sedangkan *shotcrete* memerlukan campuran beton siap semprot, tenaga kerja terlatih, serta alat khusus.
3. Harga satuan pada pekerjaan *shotcrete* yang besar menyebabkan lonjakan biaya langsung yang signifikan.

Selain itu, hampir semua item di luar struktur penahan tanah (pekerjaan tanah, drainase, infrastruktur, elektrik) sama persis, sehingga biaya total bergantung besar pada jenis metode penahan tanah yang digunakan.

Metode Talud lebih unggul dari sisi biaya langsung dibandingkan metode *Shotcrete*, dengan penghematan mencapai lebih dari Rp 300 juta. Selisih biaya yang signifikan ini hampir seluruhnya berasal dari pekerjaan struktur penahan tanah, di mana metode *Shotcrete* memerlukan biaya lebih tinggi karena harga satuan dan volume pekerjaan yang besar. Dari sudut pandang anggaran, metode Talud dinilai lebih ekonomis dan lebih layak dipilih apabila proyek memprioritaskan efisiensi biaya dan kondisi lahan memungkinkan penerapan konstruksi batu kali secara efektif.

5.4.2 Analisis dan Pembahasan Perbandingan Biaya Tidak Langsung Metode Talud dan *Shotcrete* pada Proyek Buka Kawasan

Dalam proyek konstruksi, selain biaya langsung seperti material dan tenaga kerja, terdapat juga biaya tidak langsung yang harus diperhitungkan untuk mendapatkan estimasi total anggaran yang realistis. Biaya tidak langsung mencakup pengeluaran yang tidak terkait langsung dengan volume pekerjaan, seperti biaya manajemen, perizinan, keamanan, risiko tak terduga, dan laba kontraktor. Menurut Iman Soeharto (1999), biaya tidak langsung merupakan biaya yang tidak dapat dihubungkan secara

langsung dengan suatu kegiatan tertentu, tetapi diperlukan untuk menunjang kelancaran pelaksanaan proyek secara keseluruhan. Biaya tidak langsung antara lain meliputi biaya umum dan administrasi, fasilitas kantor, komunikasi, transportasi, keamanan, serta gaji staf manajemen.

Biaya tak langsung seringkali bersifat proporsional terhadap durasi proyek, sehingga semakin lama waktu pelaksanaan maka semakin besar pula biaya yang harus ditanggung. Oleh karena itu, analisis antara kedua metode akan berpengaruh langsung terhadap besarnya biaya tak langsung dan biaya total yang timbul.

Berikut merupakan hasil analisis biaya tidak langsung dari kedua metode.

Tabel 5.5 Perbandingan Biaya Tak Langsung dari Kedua Metode

Komponen Biaya	Talud	Shotcrete	Selisih	Keterangan
	(13 bulan)	(12 bulan)		
A. BIAYA OVERHEAD LAPANGAN				
Biaya Pembangunan Kantor Direksi	104.000.000	104.000.000	0	
Biaya Pembuatan Pagar & Gerbang	31.000.000	31.000.000	0	
Biaya Pembuatan Gudang Material	120.000.000	120.000.000	0	
Biaya Instalasi Listrik & Air	30.000.000	30.000.000	0	
Biaya Survey dan Pemetaan Detail	20.000.000	20.000.000	0	
Biaya Pemasangan Rambu K3	10.000.000	10.000.000	0	
Subtotal A (Fixed Cost)	Rp315.000.000	Rp315.000.000	Rp0	
A.2 BIAYA VARIABEL				
Biaya Penerangan Proyek (per bulan)	22.100.000	20.400.000	1.700.000	13 vs 12 bulan
Biaya Keamanan 24 Jam (per bulan)	84.500.000	78.000.000	6.500.000	13 vs 12 bulan
Biaya Pemeliharaan Peralatan (per bulan)	58.500.000	54.000.000	4.500.000	13 vs 12 bulan
Subtotal A.2 (Variable Cost)	Rp165.100.000	Rp152.400.000	Rp12.700.000	

Lanjutan Tabel 5.6 Perbandingan Biaya Tak Langsung dari Kedua Metode

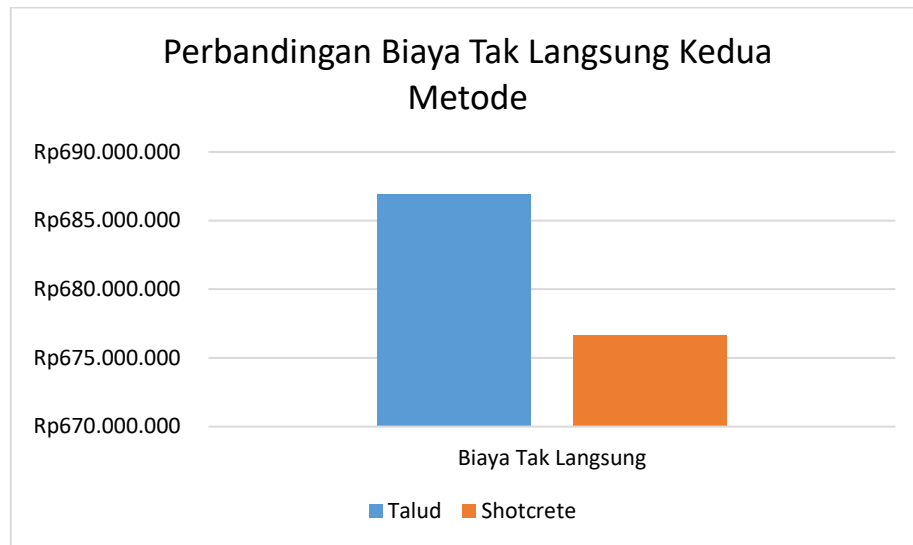
B. BIAYA OVERHEAD KANTOR				
Biaya Operasional Kantor (per bulan)	78.000.000	72.000.000	6.000.000	13 vs 12 bulan
Biaya Asuransi Proyek (per bulan)	52.000.000	48.000.000	4.000.000	13 vs 12 bulan
Subtotal B	Rp130.000.000	Rp120.000.000	Rp10.000.000	
C. BIAYA LAIN-LAIN				
Biaya Tidak Terduga (3% dari Fixed Cost)	9.600.000	9.267.000	333.000	3% dari fixed cost masing-masing
Biaya Perawatan Pasca Konstruksi	22.000.000	28.800.000	-6.800.000	Shotcrete butuh perawatan khusus
Biaya Testing & Commissioning	25.000.000	42.000.000	-17.000.000	Shotcrete butuh test kualitas detail
Biaya Mobilisasi & Demobilisasi	20.200.000	9.218.500	10.981.500	Talud butuh alat berat lebih banyak
Subtotal C	Rp76.800.000	Rp89.285.500	Rp12.485.500	
TOTAL BIAYA TAK LANGSUNG	Rp686.900.000	Rp676.685.500	Rp10.214.500	

Tabel 5.7 Perbandingan Biaya Per Bulan Antara Kedua Metode

Analisis Biaya Bulanan				
Bulan	Talud (Rp)	Shotcrete (Rp)	Akumulasi Talud (Rp)	Akumulasi Shotcrete (Rp)
1	52.838.462	56.390.458	52.838.462	56.390.458
2	52.838.462	56.390.458	105.676.923	112.780.917
3	52.838.462	56.390.458	158.515.385	169.171.375
4	52.838.462	56.390.458	211.353.846	225.561.833
5	52.838.462	56.390.458	264.192.308	281.952.292
6	52.838.462	56.390.458	317.030.769	338.342.750
7	52.838.462	56.390.458	369.869.231	394.733.208
8	52.838.462	56.390.458	422.707.692	451.123.667
9	52.838.462	56.390.458	475.546.154	507.514.125
10	52.838.462	56.390.458	528.384.615	563.904.583
11	52.838.462	56.390.458	581.223.077	620.295.042
12	52.838.462	56.390.458	634.061.538	676.685.500
13	52.838.462	-	Rp686.900.000	Rp676.685.500

Tabel 5.8 Perbandingan Biaya Total Antara Kedua Metode

Biaya	Talud	Shotcrete
Biaya Langsung	Rp 14.500.665.354,25	Rp 14.851.400.734,25
Biaya Tak Langsung	Rp 686.900.000	Rp 676.685.500
Total	Rp 15.187.565.354,25	Rp 15.528.086.234,25



Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Biaya Tak Langsung Kedua Metode



Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Biaya Total Kedua Metode

Berdasarkan data yang disajikan, perbandingan biaya tidak langsung antara metode Talud dan Shotcrete untuk proyek buka kawasan, secara keseluruhan metode Shotcrete terbukti sedikit lebih unggul dari segi total biaya, namun dengan beberapa catatan penting terkait alokasi biaya dan kompleksitas teknis.

Metode Shotcrete, dengan durasi pengerjaan 12 bulan, mencatatkan total biaya tidak langsung sebesar Rp676.685.500. Angka ini lebih rendah sekitar Rp10.214.500 dibandingkan metode Talud yang memakan waktu 13 bulan dengan total biaya Rp686.900.000. Keunggulan biaya ini secara fundamental didorong oleh efisiensi waktu pengerjaan. Penghematan satu bulan kerja langsung memangkas biaya-biaya variabel yang bersifat bulanan. Hal ini terlihat jelas pada komponen Biaya Overhead Lapangan Variabel dan Biaya Overhead Kantor, di mana Talud menanggung biaya tambahan masing-masing sebesar Rp12.700.000 dan Rp10.000.000, yang merupakan akumulasi biaya operasional untuk bulan ke-13.

Namun, keunggulan Shotcrete dalam biaya operasional bulanan diimbangi oleh biaya yang lebih tinggi pada pos-pos lain yang bersifat teknis. Metode ini memerlukan investasi yang lebih besar untuk Testing & Commissioning (lebih mahal Rp17.000.000) dan Perawatan Pasca Konstruksi (lebih mahal Rp6.800.000). Ini mengindikasikan bahwa Shotcrete adalah metode yang lebih modern dan menuntut kontrol kualitas yang lebih ketat serta perawatan khusus untuk menjamin kinerjanya dalam jangka panjang. Sebaliknya, metode Talud, meskipun lebih mahal dari segi logistik karena memerlukan lebih banyak alat berat (tercermin dari biaya Mobilisasi & Demobilisasi yang lebih tinggi Rp10.981.500), tampaknya lebih konvensional dan tidak menuntut biaya teknis pasca-konstruksi sebesar Shotcrete.

Perspektif menarik lainnya muncul dari analisis biaya bulanan (Tabel 5.7). Meskipun total biayanya lebih rendah, metode Shotcrete justru memiliki beban biaya bulanan (burn rate) yang lebih tinggi, yaitu Rp56,4 juta per bulan dibandingkan Talud yang hanya Rp52,8 juta per bulan. Ini terjadi karena total biaya tidak langsung (yang sudah mencakup biaya tetap dan biaya lain-lain yang tinggi di awal) harus dialokasikan ke dalam periode yang lebih singkat. Implikasinya signifikan bagi manajemen arus kas

proyek: Shotcrete menuntut kesiapan dana bulanan yang lebih besar. Jika dilihat dari biaya akumulatif, total pengeluaran untuk Shotcrete akan selalu lebih tinggi daripada Talud hingga bulan ke-12. Hanya pada bulan ke-13, ketika proyek Shotcrete telah selesai, total biaya Talud akhirnya melampaui karena adanya pengeluaran tambahan.

5.5 Analisis Model Matematis Empiris Prediksi Biaya Tidak Langsung Berdasarkan Durasi

Dalam rangka memberikan kontribusi metodologis terhadap estimasi biaya konstruksi, penelitian ini mengembangkan model matematis untuk memprediksi biaya tidak langsung berdasarkan durasi pelaksanaan proyek. Model ini disusun berdasarkan analisis data aktual dari proyek Buka Kawasan Kampus Universitas AMIKOM Yogyakarta dan dapat diaplikasikan sebagai alat bantu perencanaan anggaran pada proyek-proyek sejenis.

Biaya tidak langsung dalam proyek konstruksi dapat dibagi menjadi dua komponen utama, yaitu biaya tetap (fixed cost) dan biaya variabel (variable cost). Biaya tetap merupakan pengeluaran yang bersifat satu kali atau tidak bergantung pada durasi proyek, seperti pembangunan kantor direksi, gudang material, instalasi listrik dan air, serta biaya survey awal. Sementara itu, biaya variabel adalah pengeluaran yang berbanding lurus dengan lamanya proyek berlangsung, seperti biaya penerangan, keamanan, pemeliharaan peralatan, dan operasional kantor. Berdasarkan konsep tersebut, penelitian ini merumuskan model linear sederhana yang menghubungkan total biaya tidak langsung dengan durasi proyek dalam satuan bulan.

Model matematis yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

$$Y_{\text{indirect}} = C_{\text{fixed}} + (D \times C_{\text{monthly}})$$

Dimana:

- Y_{indirect} = Total biaya tidak langsung (Rp)
- C_{fixed} = Biaya tetap/overhead tetap (Rp)
- D = Durasi proyek (bulan)
- C_{monthly} = Biaya bulanan rata-rata (Rp/bulan)

Model ini mengasumsikan bahwa biaya tidak langsung bertambah secara linear terhadap waktu pelaksanaan proyek, dengan intercept berupa biaya tetap dan slope berupa biaya bulanan.

Biaya bulanan dihitung dari rata-rata biaya variabel per bulan yang mencakup biaya overhead lapangan variabel dan biaya overhead kantor. Berdasarkan Tabel 5.7, diperoleh:

$$\begin{aligned} C_{\text{monthly talud}} &= (686.900.000 - 315.000.000) / 13 \\ &= 371.900.000 / 13 \\ &= \text{Rp } 28.607.692 \text{ per bulan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{\text{indirect talud}} &= 315.000.000 + (13 \times 28.607.692) \\ &= 315.000.000 + 371.899.996 \\ &= \text{Rp } 686.899.996 \approx \text{Rp } 686.900.000 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan model (Rp 676.685.500) sesuai sempurna dengan data aktual biaya tidak langsung metode Shotcrete pada Tabel 5.8.

5.6 Perbandingan Waktu Pada Kedua Metode Talud dan Metode *Shotcrete*

Dalam pelaksanaan proyek konstruksi, efisiensi waktu merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi keberhasilan proyek. Oleh karena itu, pada bagian ini dilakukan analisis perbandingan waktu antara dua metode penanganan lereng yang digunakan, yaitu metode Talud dan metode *Shotcrete*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui metode mana yang lebih efektif dari segi durasi pelaksanaan serta untuk melihat sejauh mana perbedaan waktu memengaruhi kelancaran proyek secara keseluruhan.

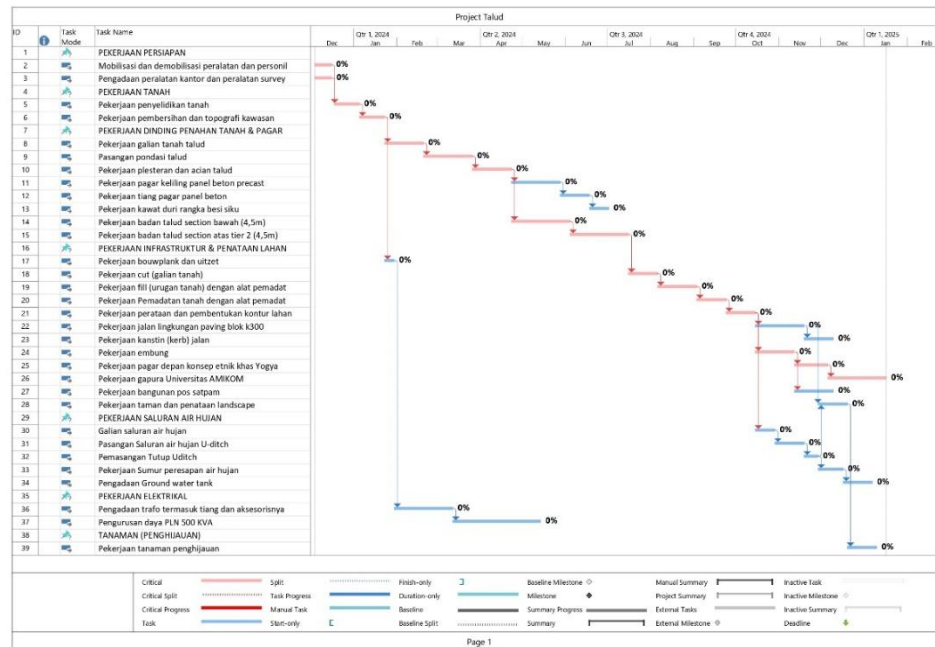
Perbandingan ini didasarkan pada data perencanaan dan penjadwalan proyek yang telah disusun sebelumnya menggunakan perangkat lunak Microsoft Project. Data yang dianalisis meliputi bar chart dan *Precedence Diagramming Method* (PDM) dari masing-masing metode. Masing-masing metode dianalisis dari segi total durasi pekerjaan, lintasan kritis, serta progres kumulatif pekerjaan terhadap waktu. Dengan adanya perbandingan ini, diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas

mengenai keunggulan dan kelemahan masing-masing metode dalam konteks waktu pelaksanaan.

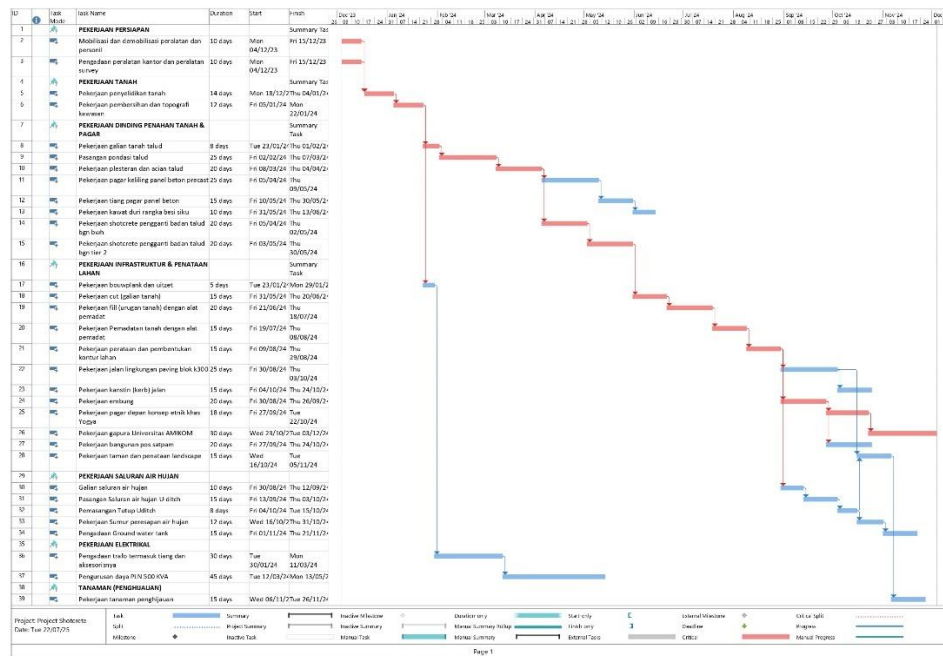
5.6.1 Analisa dan Pembahasan *Bar Chart* pada Metode Talud dan Metode *Shotcrete*

Berdasarkan hasil penjadwalan dengan menggunakan *Microsoft Project* diperoleh gambaran durasi total pelaksanaan proyek untuk masing-masing metode.

Berikut merupakan hasil penjadwalan menggunakan *Microsoft Project*.



Gambar 5.2 Bar Chart Pada Metode Talud



Gambar 5.3 Bar Chart Pada Metode *Shotcrete*

Analisis bar chart dilakukan untuk membandingkan durasi total pelaksanaan proyek menggunakan metode Talud dan metode *Shotcrete*. Bar chart memberikan gambaran visual mengenai urutan dan durasi tiap aktivitas pekerjaan dalam proyek, sehingga memudahkan identifikasi waktu penyelesaian proyek serta aktivitas-aktivitas yang berkontribusi besar terhadap total durasi. Berdasarkan hasil perencanaan menggunakan *Microsoft Project*, diperoleh durasi pelaksanaan sebagai berikut:

Tabel 5.6 Perbandingan Analisa Bar Chart Pada Metode Talud dan Metode *Shotcrete*

Metode	Tanggal Mulai	Tanggal Selesai	Total Durasi
Talud	4 Desember 2023	9 Januari 2025	± 400 hari kerja (57 minggu)
<i>Shotcrete</i>	4 Desember 2023	3 Desember 2024	± 358 hari kerja (51 minggu)

Dari hasil tersebut, dapat dilihat bahwa metode *Shotcrete* memberikan efisiensi

waktu sekitar 6 minggu lebih cepat dibandingkan metode Talud. Hal ini menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan metode konstruksi, terutama dalam proyek dengan batasan waktu pelaksanaan yang ketat.

Pada metode Talud, terdapat beberapa aktivitas utama yang berdurasi panjang dan memberikan kontribusi signifikan terhadap keseluruhan waktu pelaksanaan proyek. Aktivitas tersebut antara lain adalah pekerjaan galian tanah talud yang memerlukan waktu selama 20 hari kerja, kemudian pekerjaan badan talud section bawah yang memerlukan waktu selama 30 hari kerja, diikuti oleh pekerjaan badan talud section atas (tier 2) yang juga memakan waktu 30 hari kerja. Selain itu, pemasangan pagar keliling panel beton precast memiliki durasi 25 hari, sedangkan pembangunan gapura Universitas AMIKOM memerlukan waktu 30 hari. Di sisi lain, pekerjaan saluran air hujan dan penghijauan/landscape jika diakumulasikan memiliki total durasi lebih dari 60 hari kerja, sehingga turut mempengaruhi total durasi proyek secara keseluruhan. Sementara itu, pada metode *Shotcrete*, aktivitas dominan yang berdurasi panjang antara lain adalah pekerjaan galian tanah talud yang hanya berlangsung selama 8 hari kerja (lebih efisien 12 hari dibanding metode talud), pekerjaan *shotcrete* bagian bawah yang berlangsung selama 20 hari kerja, serta pekerjaan *shotcrete* tier 2 selama 20 hari kerja. Aktivitas lainnya seperti pemasangan pagar keliling panel beton precast (25 hari) dan pembangunan gapura (30 hari) juga sama seperti metode Talud. Demikian pula, pekerjaan saluran dan penataan landscape juga memiliki waktu pelaksanaan yang relatif setara. Namun, perbedaan mendasar terdapat pada efisiensi waktu di pekerjaan galian dan badan lereng: metode *Shotcrete* secara signifikan mengurangi durasi yang dibutuhkan dari 80 hari (20+30+30) menjadi hanya 48 hari (8+20+20).

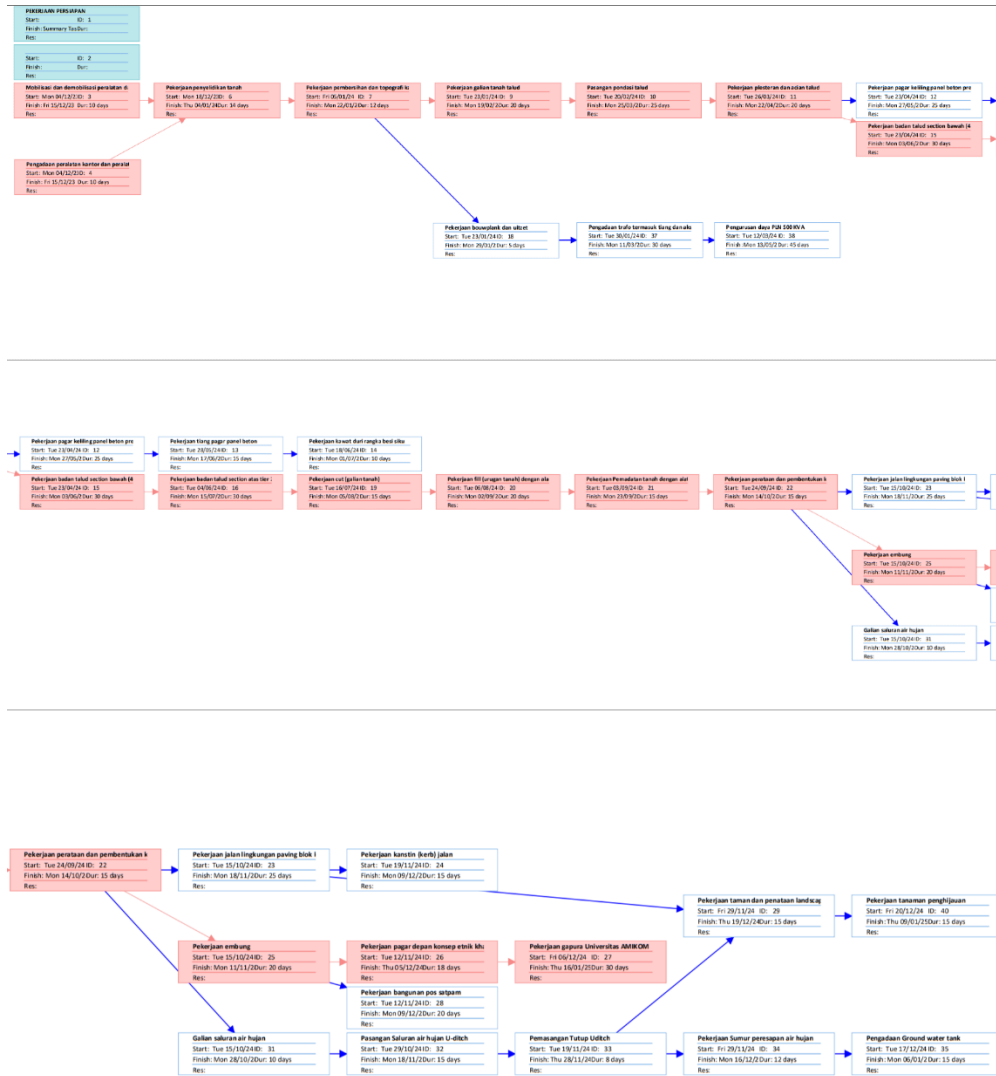
Tabel 5.7 Aktivitas Pekerjaan Yang Dominan Mempengaruhi Pada Metode Talud dan Metode *Shotcrete*

No	Aktivitas Utama	Durasi – Talud	Durasi – <i>Shotcrete</i>
1	Pekerjaan badan talud section bawah	20 hari	Diganti: <i>Shotcrete</i> bawah (20 hari)
2	Pekerjaan badan talud section atas (tier 2)	30 hari	Diganti: <i>Shotcrete</i> tier 2 (20 hari)
3	Pemasangan pagar panel beton precast	25 hari	25 hari
4	Pembangunan gapura Universitas AMIKOM	30 hari	30 hari
5	Saluran air hujan & penghijauan/landscape	±60 hari total	±60 hari total

Bar chart menunjukkan bahwa metode *Shotcrete* memberikan keuntungan waktu yang signifikan dalam pekerjaan galian dan badan lereng. Dengan metode konvensional (Talud), proses pembentukan badan lereng dilakukan secara bertahap dan berurutan (galian 20 hari, section bawah 30 hari, lalu tier 2 30 hari), sedangkan pada metode *Shotcrete*, pekerjaan dapat dilakukan dengan waktu lebih singkat (galian 8 hari, *shotcrete* bawah 20 hari, *shotcrete* tier 2 20 hari) dan lebih fleksibel. Efisiensi ini sangat bermanfaat pada proyek dengan keterbatasan waktu, area kerja terbatas, atau kebutuhan percepatan serah terima bangunan.

5.6.2 Analisa dan Pembahasan *Precedence Diagramming Method* pada Metode Talud dan Metode *Shotcrete*

Precedence Diagramming Method (PDM) adalah teknik visualisasi yang digunakan untuk memetakan jadwal proyek. Dalam metode ini, setiap aktivitas pekerjaan digambarkan sebagai sebuah kotak (node), dan hubungan ketergantungan antar aktivitas diwakilkan oleh garis panah. Diagram PDM memungkinkan perencana proyek untuk melihat alur kerja secara keseluruhan dan mengidentifikasi rangkaian aktivitas yang paling menentukan durasi total proyek, atau yang dikenal sebagai jalur kritis.



Gambar 5.4 PDM Pada Metode Talud

Berdasarkan hasil analisis PDM menggunakan Microsoft Project, lintasan kritis pada metode Talud terdiri dari rangkaian aktivitas berikut:

Tabel 5.8 Aktivitas Utama Metode Talud

No	METODE TALUD		METODE <i>SHOTCRETE</i>	
	Aktivitas Utama	Durasi (Hari)	Aktivitas Utama	Durasi (Hari)
1	Mobilisasi dan pengadaan peralatan	10	Mobilisasi dan pengadaan peralatan	10
2	Pekerjaan penyelidikan tanah	14	Pekerjaan penyelidikan tanah	14
3	Pekerjaan pembersihan & topografi	12	Pembersihan & topografi	12
4	Galian tanah talud	20	Galian tanah talud	8
5	Pasangan pondasi talud	25	Pasangan pondasi talud	25
6	Plesteran & acian talud	20	Plesteran & acian talud	20
7	Badan talud bawah	30	Shotcrete (pengganti talud 1)	20
8	Badan talud tier 2	30	Shotcrete (pengganti talud 2)	20
9	Pekerjaan cut dan fill tanah	35	Cut dan fill tanah	35
10	Perataan kontur lahan	15	Perataan kontur lahan	15
11	Pekerjaan paving blok	25	Pekerjaan paving blok	25
12	Pekerjaan gapura Universitas AMIKOM	30	Pekerjaan gapura Universitas AMIKOM	30
13	Penutup: penghijauan	15	Penghijauan	15

Rangkaian aktivitas ini membentuk durasi total proyek sekitar 400 hari kerja, dan menjadi jalur yang paling sensitif terhadap keterlambatan. Aktivitas seperti badan talud bawah dan atas menjadi kunci, karena memakan durasi panjang dan berurutan.

Pada metode *Shotcrete*, lintasan kritis mengalami perubahan karena beberapa aktivitas konvensional digantikan dengan metode semprot beton (*shotcrete*). Durasi total proyek menjadi 358 hari kerja, dengan efisiensi berasal dari tahapan pekerjaan *shotcrete* yang lebih cepat dan fleksibel dibanding metode Talud.

Tabel 5.8 Tabel Perbandingan Lintasan Kritis

No	Elemen CPM	Talud (Durasi)	<i>Shotcrete</i> (Durasi)
1	Mobilisasi & persiapan	10 hari	10 hari
2	Penyelidikan & pembersihan	26 hari	26 hari
3	Galian tanah & pondasi	45 hari	33 hari
4	Badan lereng utama	60 hari	40 hari (<i>shotcrete</i>)
5	Infrastruktur & pemadatan	±50 hari	±50 hari
6	Penataan lahan (paving, kontur, dll.)	±40 hari	±40 hari
7	Gapura dan finishing	±30 hari	±30 hari
	Total estimasi durasi proyek	±400 hari	±358 hari

Dari hasil analisis lintasan kritis, terlihat bahwa metode *Shotcrete* menghasilkan jalur kritis yang lebih singkat terutama karena efisiensi pada pekerjaan badan lereng. Pada metode Talud, bagian tersebut dikerjakan secara bertahap dan bersifat linier, sedangkan metode *Shotcrete* memungkinkan overlap pekerjaan dan waktu pelaksanaan yang lebih cepat. Selain itu, metode *Shotcrete* meminimalkan kebutuhan pekerjaan bekisting, curing lama, dan volume tenaga kerja manual, sehingga mempercepat penyelesaian pekerjaan pada jalur kritis. Dengan demikian, pemilihan metode *Shotcrete* dapat menjadi strategi optimal untuk percepatan waktu proyek tanpa mengorbankan mutu struktur, khususnya pada proyek dengan tekanan deadline atau musim hujan yang membatasi waktu kerja.

5.6.3 Kesimpulan Perbandingan Waktu pada Metode Talud dan Metode *Shotcrete*

Berdasarkan hasil analisis terhadap aspek waktu dari kedua metode penanganan lereng, yaitu metode Talud (konvensional) dan metode *Shotcrete* (modern), dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

1. Durasi Total Pelaksanaan

Metode Talud memiliki durasi pelaksanaan proyek selama ±400 hari kerja (sekitar 57 minggu), sedangkan metode *Shotcrete* menyelesaikan proyek dalam waktu ±358 hari kerja (sekitar 51 minggu). Dengan demikian,

metode *Shotcrete* memberikan efisiensi waktu sekitar 6 minggu lebih cepat dibandingkan metode Talud. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Shotcrete* lebih unggul dari sisi kecepatan penyelesaian proyek.

2. Efisiensi pada Pekerjaan Utama

Efisiensi terbesar terjadi pada pekerjaan badan lereng. Metode Talud membutuhkan waktu sekitar 80 hari kerja untuk pekerjaan galian dan pembangunan badan talud secara bertahap, sedangkan metode *Shotcrete* dapat menyelesaikan pekerjaan serupa dalam waktu 48 hari kerja. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Shotcrete* dapat mempercepat bagian pekerjaan paling kritis dalam proyek.

3. Analisis PDM

Dari analisa metode *Shotcrete* memiliki lintasan kritis yang lebih pendek dibandingkan Talud. Durasi total lintasan kritis metode Talud mencapai ± 400 hari kerja, sedangkan *Shotcrete* hanya ± 358 hari kerja. Efisiensi ini didapat karena metode *Shotcrete* memungkinkan overlap dan pelaksanaan lebih fleksibel, serta meminimalkan pekerjaan manual seperti bekisting dan curing.

Metode *Shotcrete* secara keseluruhan terbukti lebih efisien dari sisi waktu pelaksanaan dibandingkan metode Talud. Efisiensi ini tercermin dari durasi total yang lebih pendek, lintasan kritis yang lebih ringkas, dan progres bulanan yang lebih cepat dan stabil. Oleh karena itu, dalam konteks proyek dengan batasan waktu yang ketat atau kebutuhan percepatan, metode *Shotcrete* dapat menjadi alternatif pelaksanaan yang lebih unggul dibandingkan metode konvensional Talud.

Secara umum, hasil analisis ini mendukung teori manajemen proyek yang menyatakan bahwa percepatan waktu pelaksanaan biasanya diikuti oleh peningkatan biaya langsung. Metode *Shotcrete* terbukti lebih efisien dari sisi waktu karena proses kerja yang ringkas dan penggunaan teknologi, namun biayanya lebih tinggi dibandingkan Talud. Sebaliknya, metode Talud

membutuhkan waktu lebih lama tetapi lebih ekonomis dari segi biaya. Dengan demikian, pemilihan metode konstruksi sebaiknya menyesuaikan prioritas proyek antara efisiensi waktu atau penghematan biaya.

5.7 Pembahasan Biaya dan Waktu Pada Kedua Metode

Analisis yang telah diuraikan pada sub-bab 5.4 dan 5.5 menunjukkan adanya hubungan timbal balik yang jelas antara biaya dan waktu pada penerapan metode Talud dan metode Shotcrete. Bagian ini akan membahas implikasi dari temuan-temuan tersebut secara terintegrasi, melihat bagaimana keunggulan dan kelemahan masing-masing metode saling terkait dan memengaruhi kelayakan proyek secara keseluruhan.

Temuan utama menunjukkan konflik mendasar antara efisiensi biaya langsung dan efisiensi waktu pelaksanaan. Metode Talud terbukti lebih unggul secara signifikan dari sisi biaya langsung (RAB), dengan total biaya Rp 14.500.665.354,25. Sebaliknya, metode Shotcrete unggul dari sisi waktu, dengan durasi total 358 hari kerja dibandingkan 400 hari kerja metode Talud. Keunggulan biaya Talud utamanya disebabkan oleh harga satuan material (pasangan batu kali) yang jauh lebih rendah. Sementara itu, keunggulan waktu Shotcrete berasal dari efisiensi masif pada pekerjaan jalur kritis, khususnya badan lereng, yang menghemat 32 hari kerja (dari 80 hari menjadi 48 hari).

Menariknya, analisis biaya tidak langsung pada 5.4.2 memberikan gambaran yang lebih kompleks. Meskipun memiliki biaya langsung yang lebih tinggi, metode Shotcrete justru mencatatkan biaya tidak langsung yang sedikit lebih rendah (lebih hemat Rp 10.214.500). Hal ini secara fundamental didorong oleh efisiensi waktu pengerjaan. Penghematan satu bulan durasi proyek (12 bulan vs 13 bulan) secara langsung memangkas biaya-biaya variabel bulanan, seperti biaya operasional kantor, keamanan, dan pemeliharaan. Temuan ini membuktikan bahwa percepatan waktu pelaksanaan proyek memiliki nilai ekonomis yang nyata dalam bentuk pengurangan biaya overhead. Meskipun demikian, penghematan biaya tidak langsung pada metode Shotcrete belum cukup untuk mengimbangi tingginya biaya langsung. Ketika kedua

komponen biaya digabungkan (Tabel 5.8), metode Talud tetap lebih ekonomis secara total (Rp 15.187.565.354,25) dibandingkan Shotcrete (Rp 15.528.086.234,25). Terdapat selisih total biaya sebesar Rp 340.520.880, atau 2,24% lebih mahal untuk Shotcrete.

Secara keseluruhan, pembahasan ini mengonfirmasi adanya *trade-off* klasik dalam manajemen proyek, metode Shotcrete menawarkan percepatan waktu 10,5% (menghemat 42 hari) dengan konsekuensi peningkatan total biaya proyek sebesar 2,24%. Pemilihan metode antara keduanya, oleh karena itu, tidak dapat ditentukan mana yang absolut lebih baik, melainkan harus didasarkan pada prioritas utama proyek. Jika kendala utama proyek adalah anggaran yang ketat, metode Talud adalah pilihan yang paling rasional. Namun, jika target penyelesaian waktu yang cepat menjadi prioritas misalnya untuk menghindari musim hujan, mengejar jadwal operasional kampus, atau mengurangi biaya variabel bulanan maka metode Shotcrete adalah pilihan yang lebih tepat, di mana peningkatan biaya 2,24% dapat dipandang sebagai "harga" yang wajar untuk percepatan tersebut.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perbandingan efisiensi waktu dan biaya antara metode *shotcrete* dengan metode talud pada pekerjaan dinding penahan tanah dalam proyek Buka Kawasan Kampus Universitas AMIKOM Yogyakarta, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbandingan Biaya dan Waktu
 - a. Biaya metode talud lebih unggul dari segi biaya. Total Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk metode talud adalah Rp 14.500.665.354,25. Sementara itu, total biaya untuk metode *shotcrete* adalah Rp 14.851.400.734,25. Terdapat selisih biaya sebesar Rp 350.735.380,00, di mana metode *shotcrete* lebih mahal. Perbedaan biaya terbesar bersumber dari pekerjaan dinding penahan tanah (Sub-C), di mana harga satuan pekerjaan *shotcrete* lebih tinggi dibandingkan pasangan batu kali. Biaya tidak langsung pada metode talud sebesar Rp 686.900.000 sedangkan pada metode *shotcrete* Rp 676.685.500 lebih murah 1,49%.
 - b. Jika dilihat dari total biaya, metode Talud menghasilkan Rp Rp15.187.565.354,25 dengan durasi 400 hari kerja, sedangkan *Shotcrete* Rp15.528.086.234,25 dengan durasi 358 hari kerja. Selisih total biaya mencapai Rp340.520.880, yang menunjukkan *Shotcrete* tetap lebih mahal 2,24%.
 - c. Berdasarkan analisis PDM, metode Talud memiliki durasi ± 400 hari dengan pekerjaan dominan pada galian dan badan talud bertahap yang memakan waktu 80 hari. Sementara itu, metode *Shotcrete* memiliki durasi ± 358 hari, dengan efisiensi pada pekerjaan galian dan *shotcrete* yang hanya

memakan 48 hari. Dengan demikian, metode *Shotcrete* lebih efisien 32 hari pada lintasan kritis.

2. Perbandingan Nilai Efisiensi

- a. Dari perspektif trade-off biaya dan waktu, metode *Shotcrete* memberikan penghematan waktu sebesar 10,5% dengan konsekuensi peningkatan biaya sebesar 2,24%. Rasio efisiensi menunjukkan bahwa setiap 1% penghematan waktu membutuhkan tambahan biaya sekitar 0,23%.
- b. Faktor utama perbedaan waktu berasal dari kecepatan metode aplikasi *Shotcrete*, yang memungkinkan pelaksanaan lebih fleksibel dan efisien dibandingkan pekerjaan pasangan batu kali.

3. Pengembangan Model Matematis Biaya Tak Langsung

Penelitian ini berhasil merumuskan model matematis empiris untuk memprediksi total biaya tidak langsung (BTL) berdasarkan durasi, dengan formula: $Y_{\text{indirect}} = C_{\text{fixed}} + (D \times C_{\text{monthly}})$. Hasil perhitungan model ini terbukti akurat dan sesuai dengan data aktual biaya tidak langsung pada kedua metode, yang mengonfirmasi bahwa total biaya tidak langsung memiliki hubungan linear dan dapat diprediksi berdasarkan durasi pelaksanaan proyek.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan, berikut adalah beberapa saran yang dapat diajukan:

1. Saran Praktis (Untuk Proyek)

- a. Bagi manajer proyek dan pemilik proyek, pemilihan antara metode talud dan *shotcrete* harus didasarkan pada prioritas utama proyek. Jika anggaran adalah kendala utama, maka metode talud sangat direkomendasikan. Namun, jika target penyelesaian waktu yang cepat menjadi prioritas (misalnya untuk menghindari musim hujan atau mengejar jadwal operasional), maka metode *shotcrete* adalah pilihan yang lebih tepat meskipun dengan biaya yang lebih tinggi.

- b. Direkomendasikan untuk melakukan analisis risiko terhadap kedua metode. Misalnya, risiko kelangkaan material batu kali pada metode talud atau risiko ketergantungan pada alat dan tenaga ahli khusus pada metode *shotcrete*.
2. Saran Akademis (Untuk Penelitian Selanjutnya)
- a. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan membandingkan aspek lain di luar biaya dan waktu, seperti analisis kekuatan struktural jangka panjang, biaya perawatan (maintenance cost), dan dampak lingkungan dari kedua metode.
 - b. Penelitian serupa dapat dilakukan dengan objek perbandingan yang berbeda, misalnya antara *shotcrete* dengan dinding penahan tanah jenis lain seperti geogrid atau secant pile untuk memberikan referensi yang lebih komprehensif dalam teknologi konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agha, Z. Al. (2020). *KEKUATAN ANTARA DINDING PENAHAN TANAH DUA TINGKAT DAN BANGUNAN EKSISTING (SATU TINGKAT) (Studi Kasus : Embung Sokoagung , Pati , Jawa Tengah)*. 11–29.
- Andreas Sjölander. (2020). Structural behaviour of *shotcrete* on irregular hard rock surfaces. *Shotcrete: Elements of a System*, 11–19.
<https://doi.org/10.1201/b10545-5>
- Chin, L. S., & Hamid, A. R. A. (2015). The practice of time management on construction project. *Procedia Engineering*, 125, 32–39.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.006>
- de Silva, K. S. U., & Perera, B. A. K. S. (2023). Spatial factors contributing to worker time management at construction sites. *A/Z ITU Journal of the Faculty of Architecture*, 20(2), 365–380. <https://doi.org/10.58278/0.2023.17>
- Dhamdhare, D. R., Rathi, V. R., & Kolase, P. K. (2022). Design and Analysis of Retaining Wall. *International Journal of Management, Technology And Engineering*, February.
- Duarte, G., Gomes, R. C., de Brito, J., Bravo, M., & Nobre, J. (2020). Economic and technical viability of using *shotcrete* with coarse recycled concrete aggregates in deep tunnels. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(8).
<https://doi.org/10.3390/APP10082697>
- Ervianto, W.I. (2004). *Teori-Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi.
- Hardiyatmo, H. C. (2018). *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Edisi ke-2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hariandja, Marihot Tua Efendi, 2002, *Manajemen Sumber daya Manusia*, Grasindo Jakarta
- Guo, H. L., Li, H., & Skitmore, M. (2010). Life-Cycle Management of Construction Projects Based on Virtual Prototyping Technology. *Journal of Management in Engineering*, 26(1), 41–47. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2010\)26:1\(41\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2010)26:1(41))

- Kong, S. M., Oh, D. W., Lee, S. Y., Jung, H. S., & Lee, Y. J. (2021). Analysis of reinforced retaining wall failure based on reinforcement length. *International Journal of Geo-Engineering*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40703-021-00143-6>
- Liu, G., Zhao, J., Zhang, Z., Wang, C., & Xu, Q. (2021). Mechanical Properties and Microstructure of *Shotcrete* under High Temperature. *Applied Sciences*, 11(19), 9043. <https://doi.org/10.3390/app11199043>
- Mahyuddin, Ritnawati, Fatmawaty Rachim, E., Mursalim, Pandarangga, A. P., Ulfiyati, Yuni, Sidiq, Rustam, & Rosytha, A. (2023). Manajemen Proyek Konstruksi 2023. In *Yayasan Kita Menulis* (Issue August).
- Nafan, A. K., Zubaidi, T., & Astuti, R. W. (2019). Analisis Risiko Keterlambatan Proyek Konstruksi Akibat Perubahan Desain dan Kondisi Lapangan. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 4(2), 99-108.
- Nugroho, A. J. (2021). *Tinjauan Produktivitas Dari Sudut Pandang Ergonomi*. [http://eprints.uty.ac.id/8829/%0Ahttp://eprints.uty.ac.id/8829/1/BUKU-Tinjauan Produktivitas-Pak Andung - edit.pdf](http://eprints.uty.ac.id/8829/%0Ahttp://eprints.uty.ac.id/8829/1/BUKU-Tinjauan%20Produktivitas-Pak%20Andung%20-%20edit.pdf)
- Plamenco, D. A. D., Germar, F. J., & Caparros, P. M. (2021). Application of Discrete Event Simulation in Estimating Productivity of *Shotcrete* Method in Divider Wall Construction. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 12(3 Special Issue), 35–42. <https://doi.org/10.30880/ijscet.2021.12.03.004>
- Putra, A., Septanto, D., & Praja, S. (2018). *PENANGANAN DAERAH RAWAN LONGSOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE SHOTCRETE*. II(November), 34–39.
- Rakasyiwi, G. R., Witjaksana, B., & Tjendani, H. T. (2022). the Literature Review of Construction Project Scheduling Methods and Effectiveness for the Last 5 Years in Indonesia. *International Journal on Advanced Technology, Engineering, and Information System (Ijateis)*, 1(3), 43–50. <https://doi.org/10.55047/ijateis.v1i3.446>
- Rijanto, B. (2020). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Jakarta: Penerbit EGC. (Buku Teks/Referensi Ilmiah).
- Rinaldi. (2021). PEKERJAAN PEMASANGAN BATU KALI PADA DINDING PENAHAN TANAH ANTARA STANDAR PUPR28-2016 DENGAN LAPANGAN (ANALYSIS COMPARISON OF WORK OF RIVER STONES INSTALATION ON WALL BETWEEN Fauzan Rinaldi (ANALYSYS COMPARISON OF WOR OF RIVER STONES INSTALATION ON WAAL.

2021.

- Santosa, B. 2008. *Manajemen Proyek Konsep dan Implementasi*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sari, U. C., Sholeh, M. N., & Hermanto, I. (2020). The stability analysis study of conventional retaining walls variation design in vertical slope. *Journal of Physics: Conference Series*, 1444(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1444/1/012053>
- Semiawan, C. R. (2010). METODE PENELITIAN KUALITATIF: JENIS, KARAKTERISTIK, DAN KEUNGULANNYA. *PT Grasindo*, 171.
- Shehu, S. (2021). a Review of Time Management Factors in Construction Project Delivery. *Journal of Project Management Practice*, 1(2), 34–45. <https://doi.org/10.22452/jpmp.vol1no2.3>
- Soewinarti, A., Soehardi, F., & Setyawan, A. D. (2020). Analisis Hubungan Antara Faktor-Faktor Keterlambatan dan Kualitas Proyek Konstruksi di Yogyakarta. *Jurnal Intekna*, 20(2), 115-124.
- Subakti, H., Chamidah, D., Siregar, R., Saputro, A., & Kuswadi, S. (2021). *Metodologi Penelitian Pendidikan* (Issue September).
- Suharno, A. (2020). Aplikasi Shotcrete untuk Perkuatan Lereng dan Struktur Bawah Tanah: Keuntungan dan Tantangannya. *Jurnal Teknik Sipil X, Y(Z)*, Halaman.
- Wignjosuebrotto Sritomo., 1992, "Teknik Tata Cara dan Pengukuran Kerja" Penerbit PT.Guna Widya, Jakarta
- Wijaya, F., Pratama, I., & Wibowo, S. (2021). Perbandingan Efektivitas Biaya antara Dinding Penahan Tanah Pasangan Batu dan Shotcrete pada Proyek Pembangunan Jalan. *Jurnal Infrastruktur*, 11(1), 45-56.

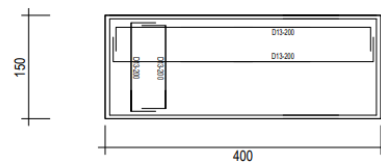
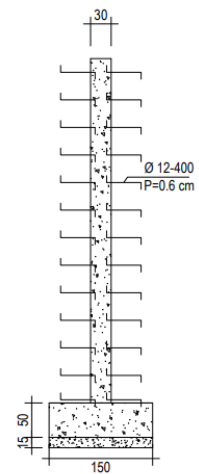
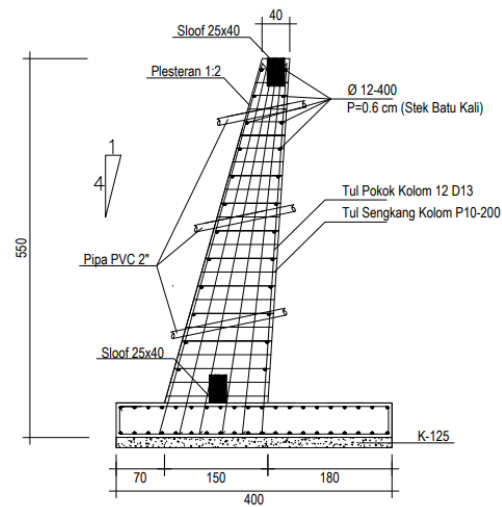
LAMPIRAN

Lampiran 1 Foto Proyek









DETAIL TALUD BETON TINGGI 5 METER
SKALA 1:50

TIPE	B3 (250x400)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN SLOOF		
TULANGAN ATAS	6 D13	4 D13
TULANGAN BAWAH	4 D13	6 D13
SENGKANG	D10-100	D10-150
TUL. PINGGANG	2 D10	2 D10

LOKASI :

Jenengan, Maguwoharjo, Depok, Sleman,
Yogyakarta

LUAS :

KETERANGAN :

NAMA GAMBAR

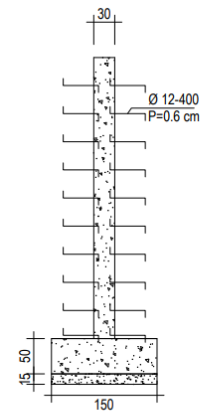
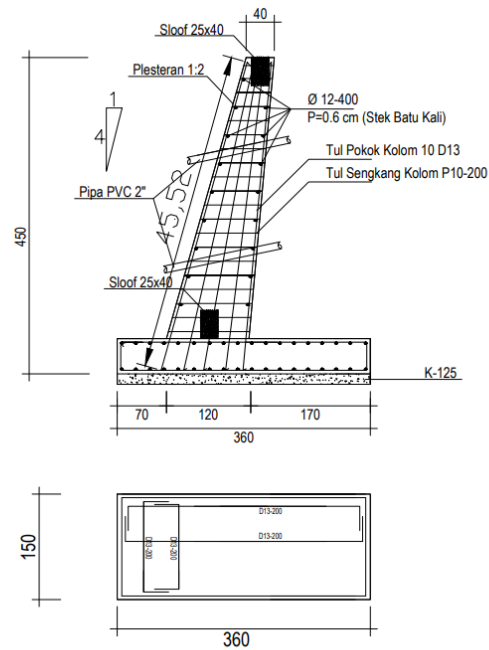
DETAIL TALUD BETON TINGGI 5 METER

TANGGAL

2 Oktober 2023

SKALA

1 : 50

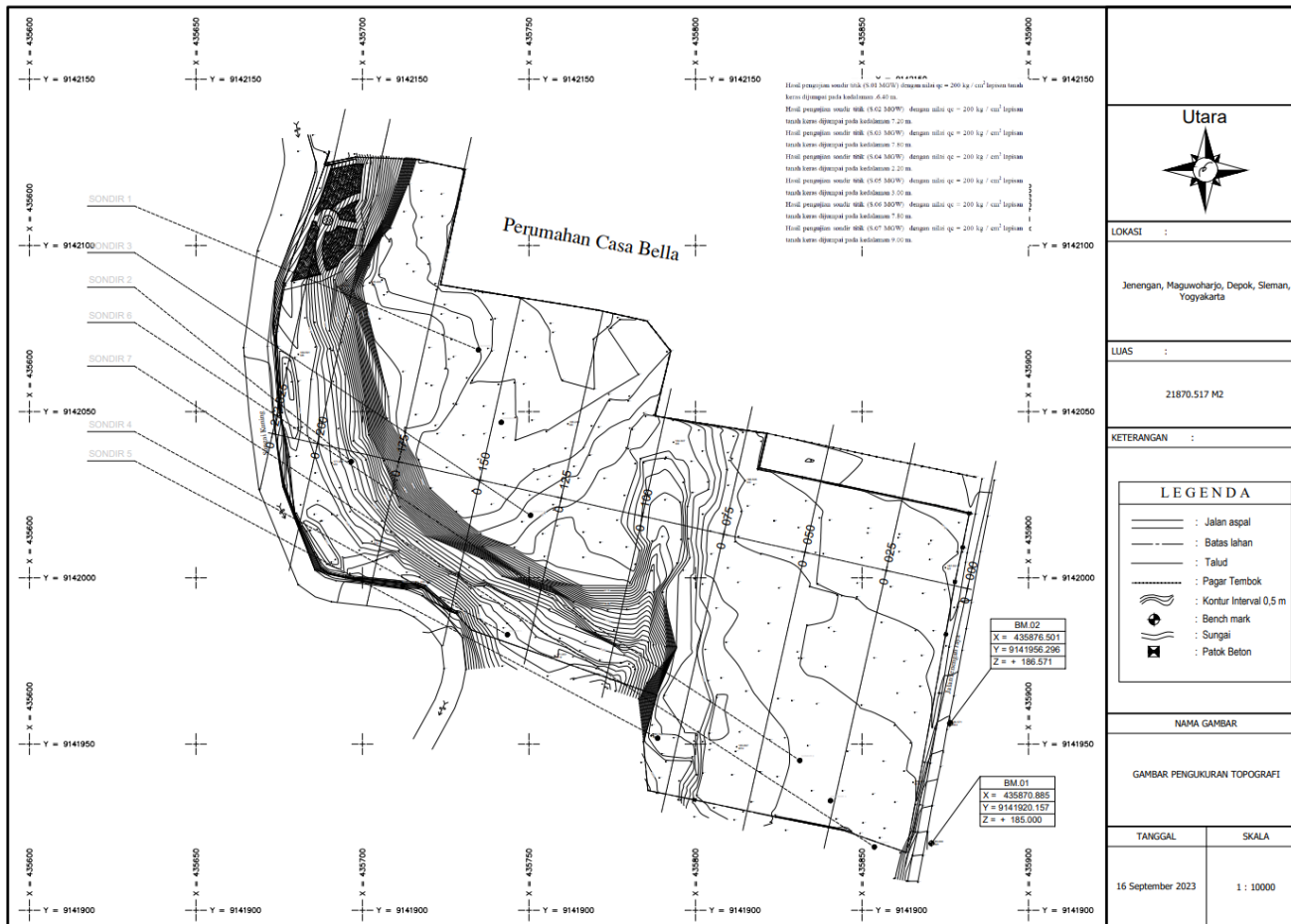


TIPE	B3 (250x400)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN SLOOF		
TULANGAN ATAS	6 D13	4 D13
TULANGAN BAWAH	4 D13	6 D13
SENGKANG	D10-100	D10-150
TUL. PINGGANG	2 D10	2 D10

DETAIL TALUD BETON TINGGI 4 METER
SKALA 1:50

LOKASI :	
	Jenengan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta
LUAS :	
KETERANGAN :	
NAMA GAMBAR	
DETAIL TALUD BETON TINGGI 4 METER	
TANGGAL	SKALA
2 Oktober 2023	1 : 50

Lampiran 3 Data Uji Tanah



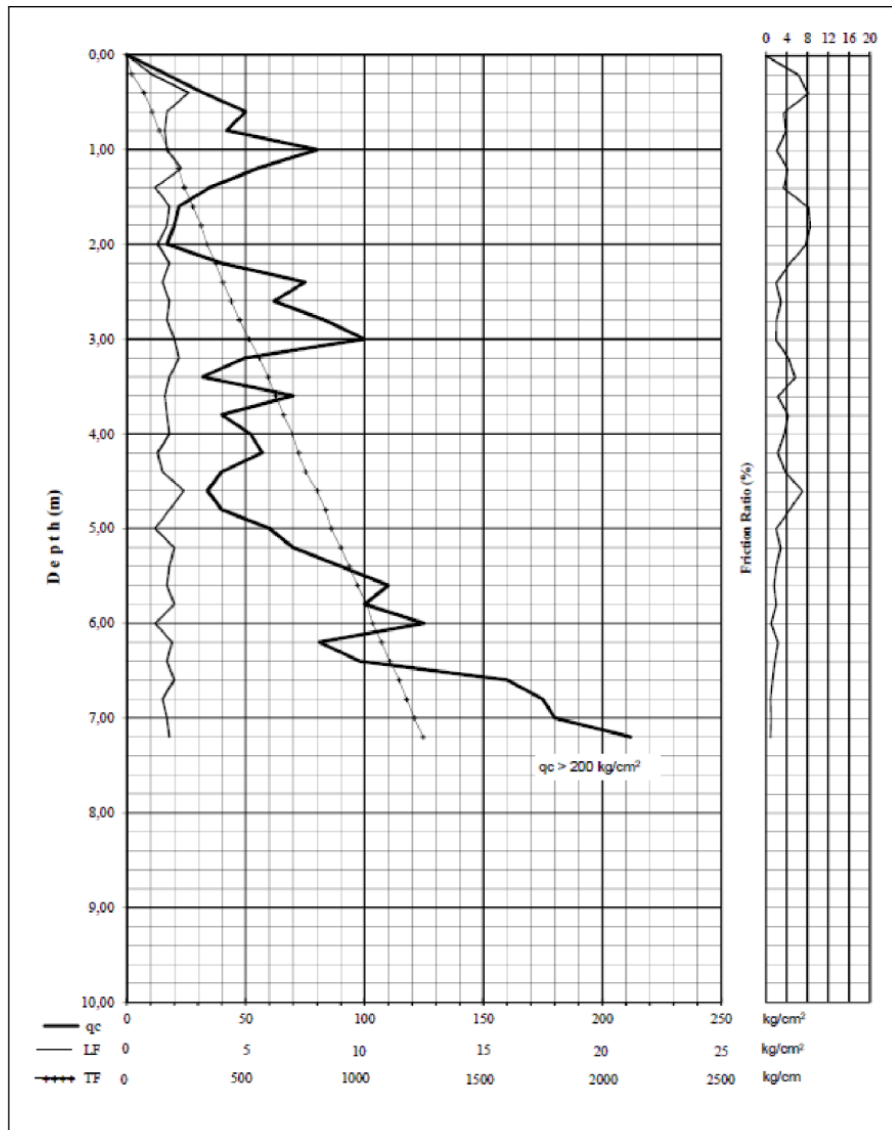


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JANABADRA
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55- 57 Telp (0274) 543676 Yogyakarta 55231

GRAPH OF CONE PENETRATION TEST

PROJECT : Perencanaan Pembangunan Kampus Amikom
CLIENT : -
LOCATION : Maguwoharjo, Depok, Sleman
G. W. L. : -

Point : S. 02 MGW
Tested by : Wardoyo
Date : September 2023
Depth : 7,20 m

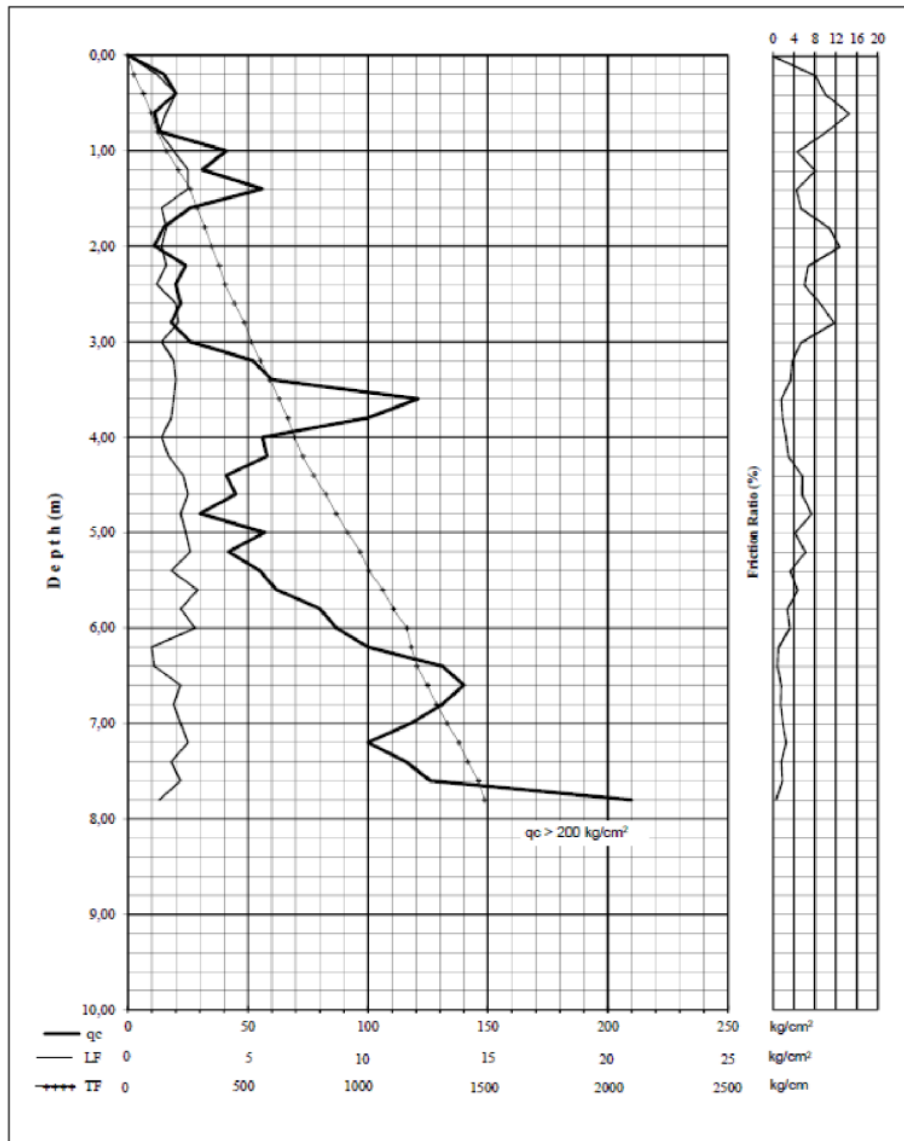




LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JANABADRA
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55- 57 Telp (0274) 543676 Yogyakarta 55231

GRAPH OF CONE PENETRATION TEST

PROJECT	: Perencanaan Pembangunan Kampus Amikom	Point	: S. 03 MGW
CLIENT	: -	Tested by	: Wardoyo
LOCATION	: Maguwoharjo, Depok, Sleman	Date	: September 2023
G. W. L.	: -	Depth	: 7,80 m



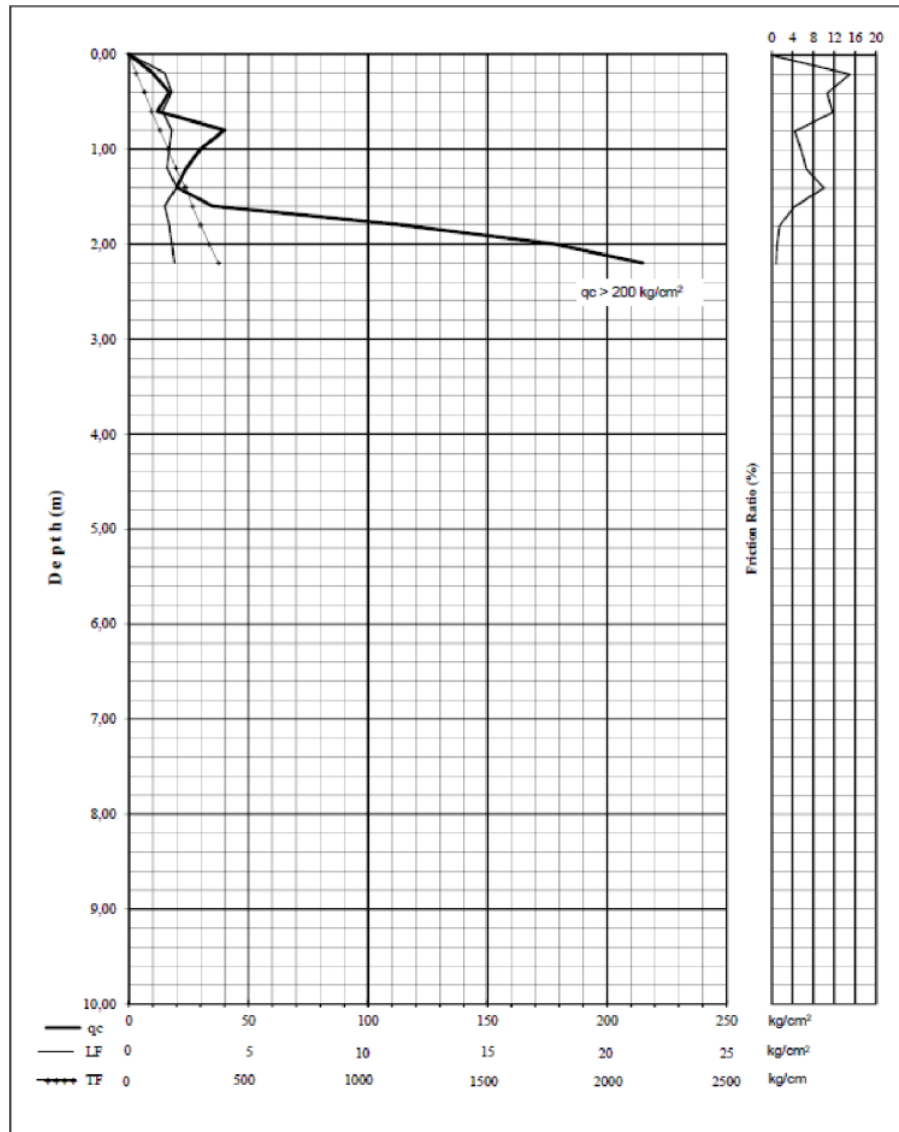


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JANABADRA
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55- 57 Telp (0274) 543676 Yogyakarta 55231

GRAPH OF CONE PENETRATION TEST

PROJECT : Perencanaan Pembangunan Kampus Amikom
CLIENT : -
LOCATION : Maguwoharjo, Depok, Sleman
G. W. L. : -

Point : S. 04 MGW
Tested by : Wardoyo
Date : September 2023
Depth : 2,20 m



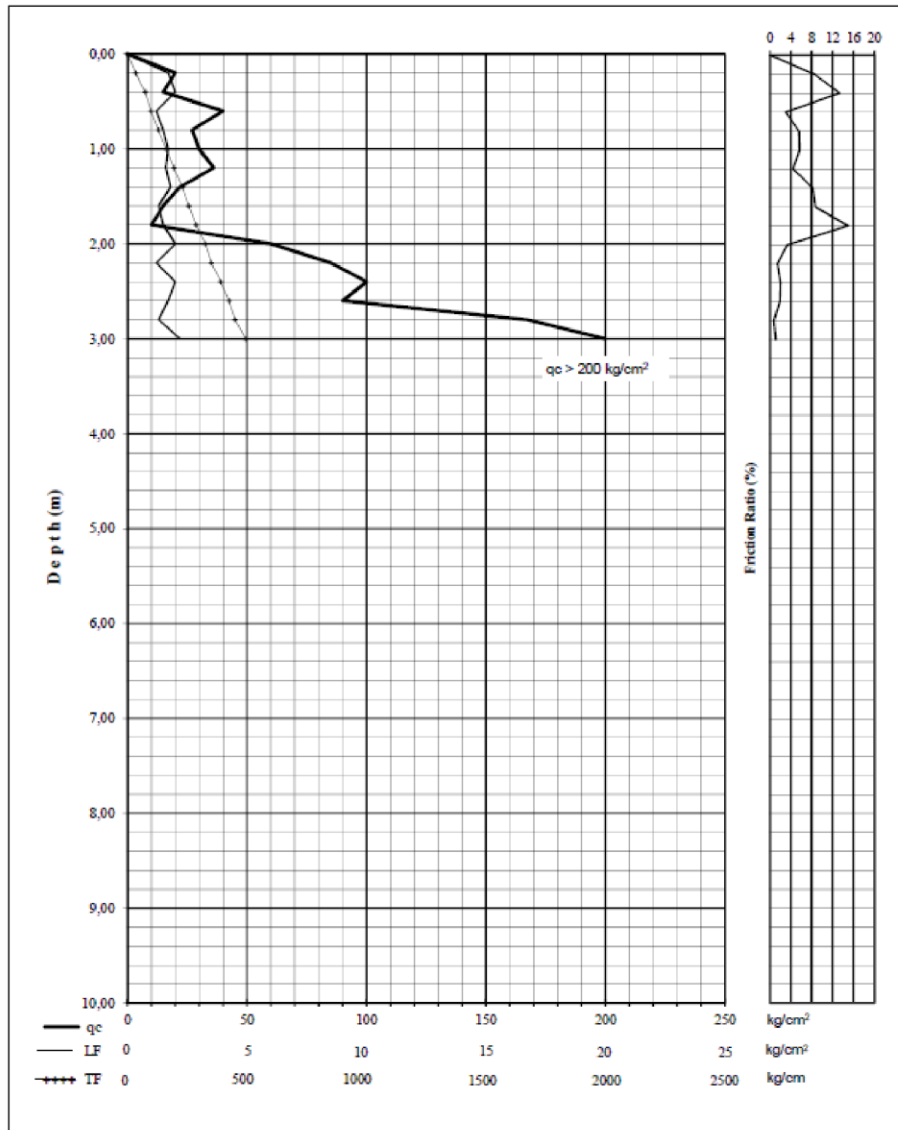


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JANABADRA
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55- 57 Telp (0274) 543676 Yogyakarta 55231

GRAPH OF CONE PENETRATION TEST

PROJECT : Perencanaan Pembangunan Kampus Amikom
CLIENT : -
LOCATION : Maguwoharjo, Depok, Sleman
G. W. L. : -

Point : S. 05 MGW
Tested by : Wardoyo
Date : September 2023
Depth : 3,00 m



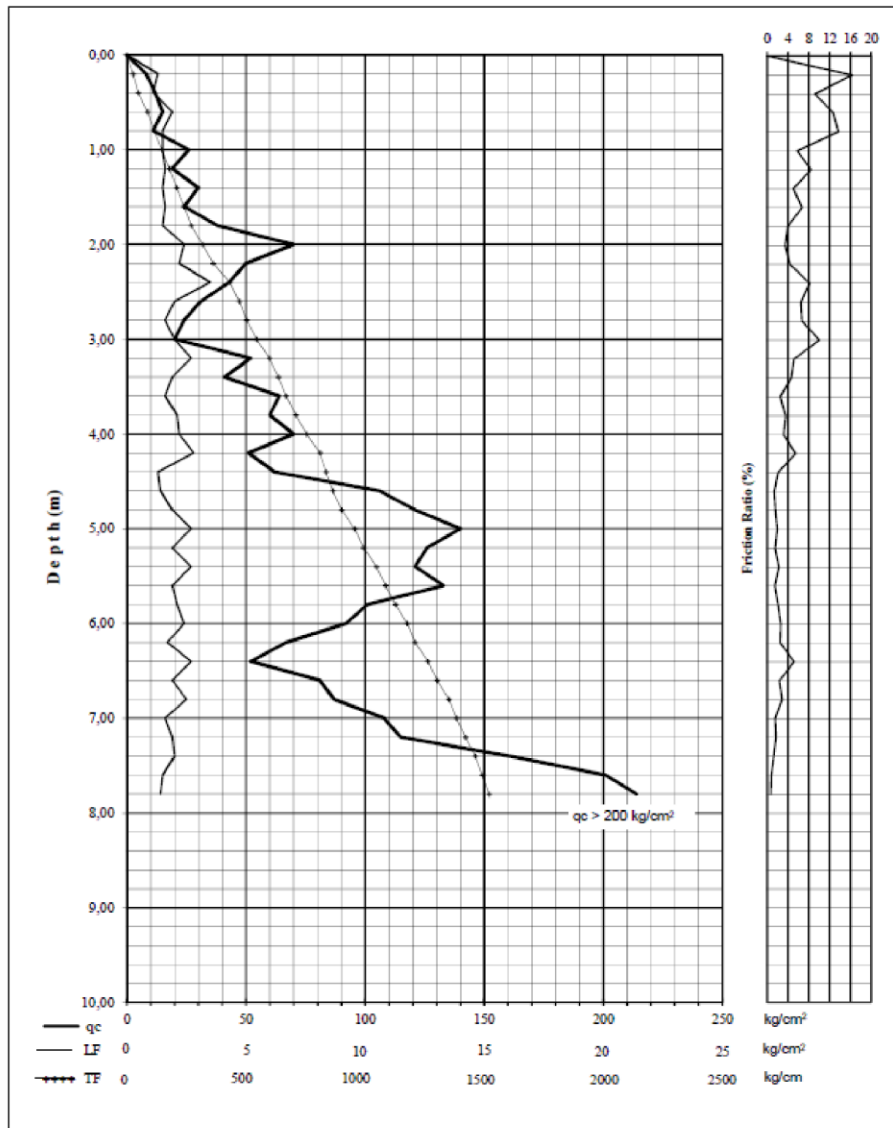


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JANABADRA
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55- 57 Telp (0274) 543676 Yogyakarta 55231

GRAPH OF CONE PENETRATION TEST

PROJECT : Perencanaan Pembangunan Kampus Amikom
CLIENT : -
LOCATION : Maguwoharjo, Depok, Sleman
G. W. L. : -

Point : S. 06 MGW
Tested by : Wardoyo
Date : September 2023
Depth : 7,80 m



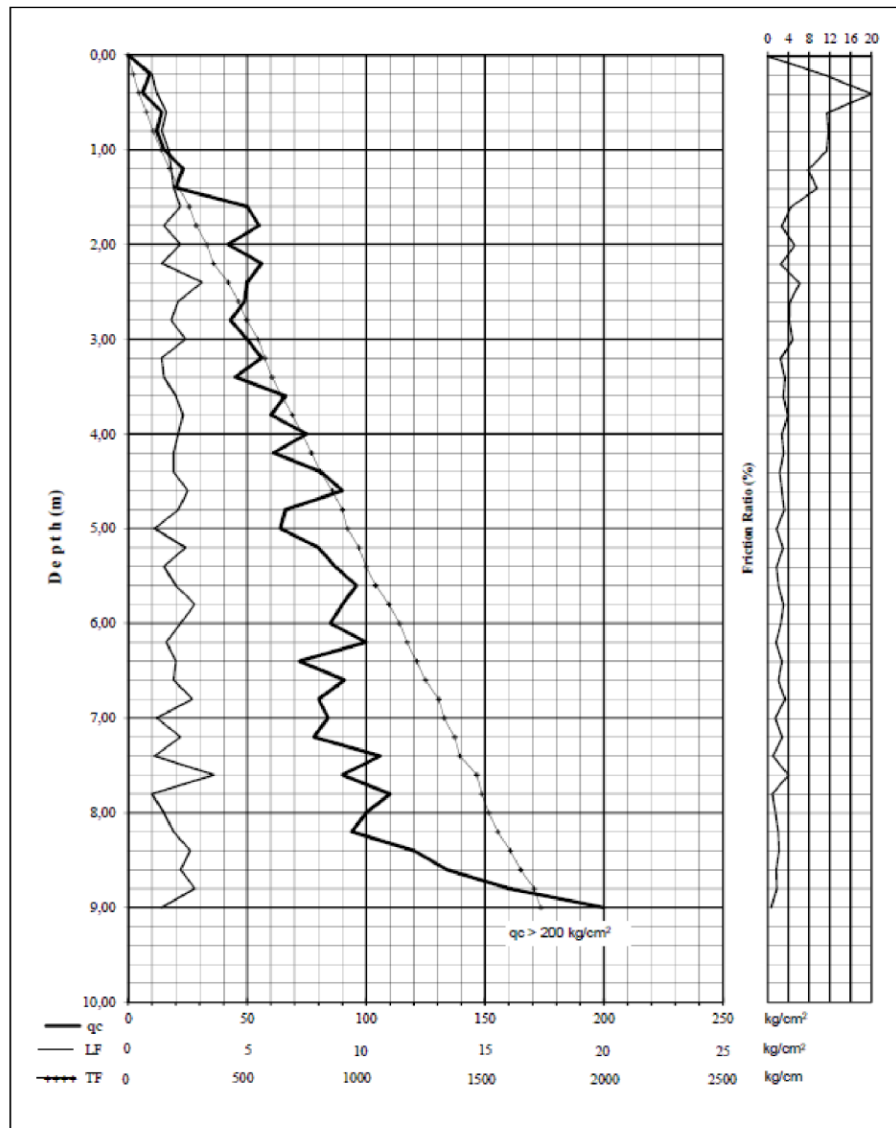


LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JANABADRA
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55- 57 Telp (0274) 543676 Yogyakarta 55231

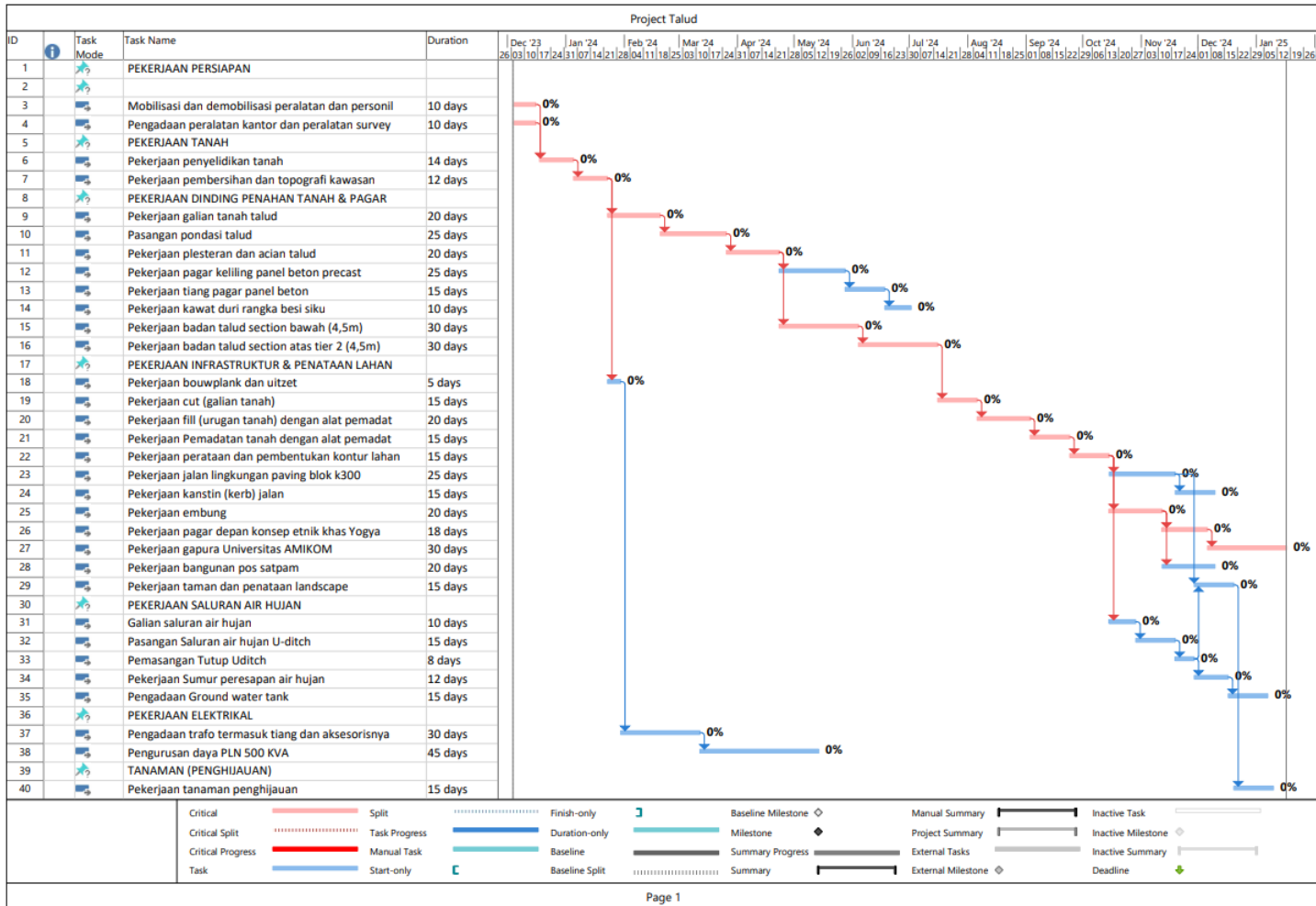
GRAPH OF CONE PENETRATION TEST

PROJECT : Perencanaan Pembangunan Kampus Amikom
CLIENT : -
LOCATION : Maguwoharjo, Depok, Sleman
G. W. L. : -

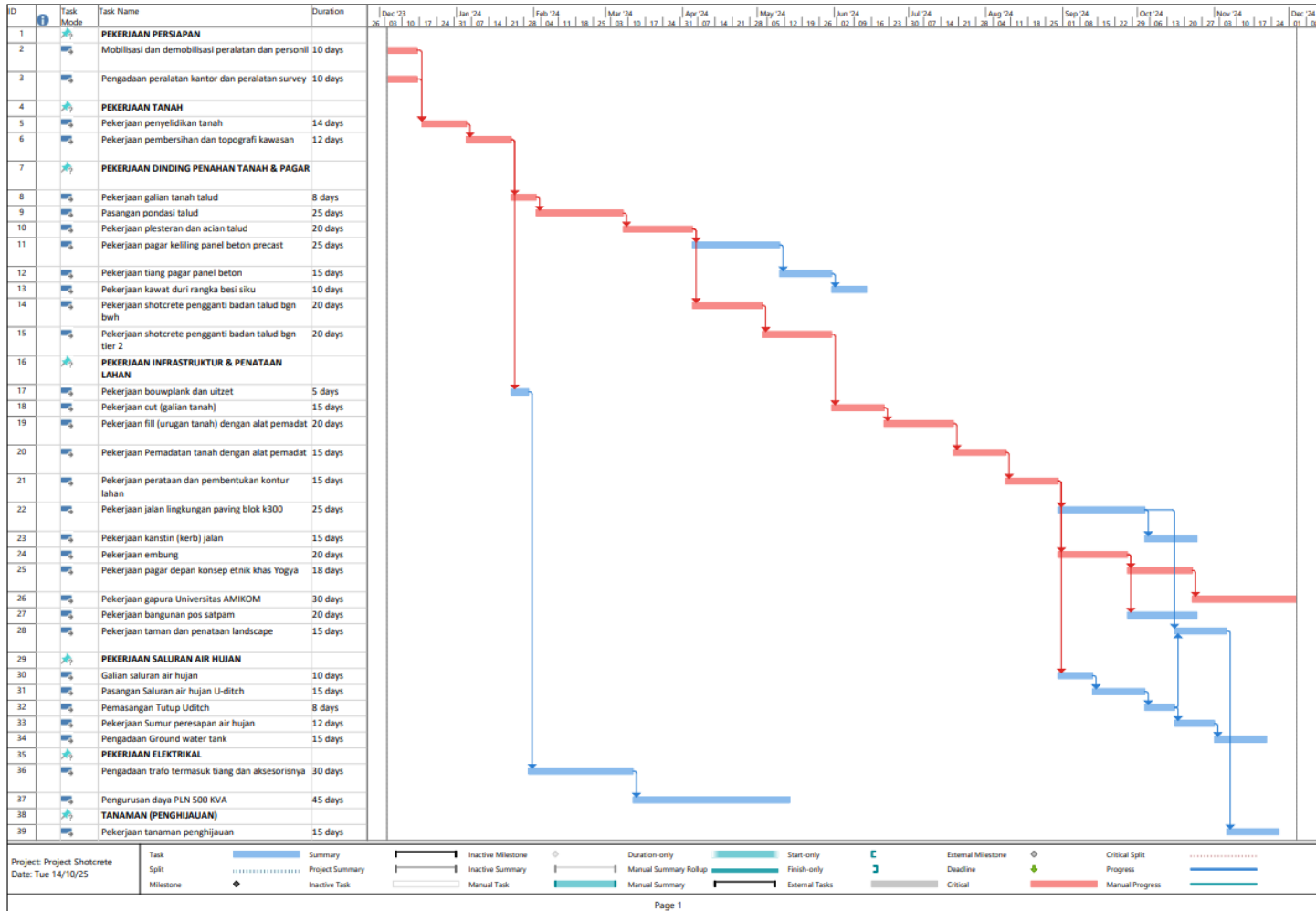
Point : S. 07 MGW
Tested by : Wardoyo
Date : September 2023
Depth : 9,00 m



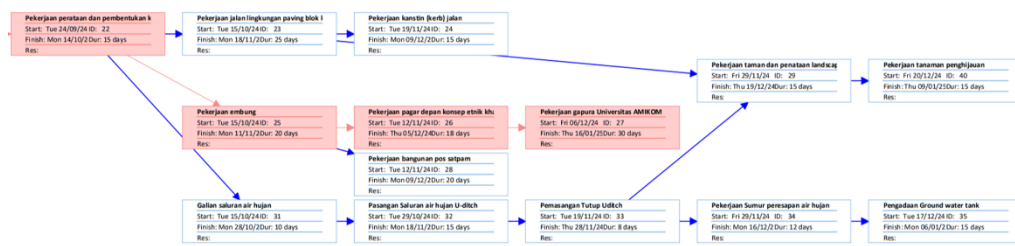
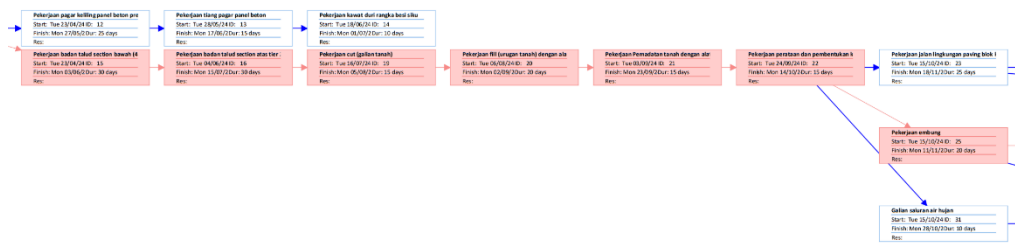
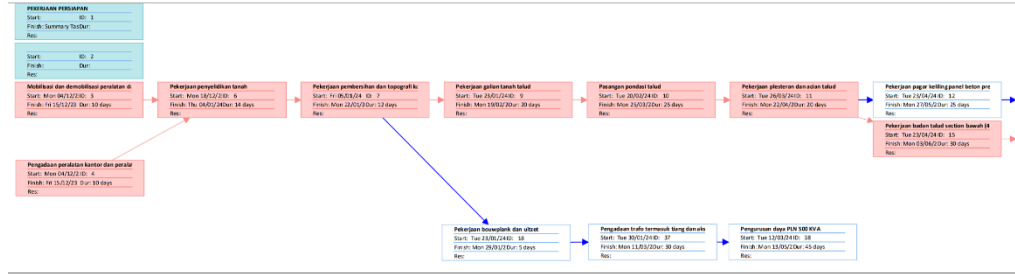
Bar Chart Talud



Bar Chart Shotcrete



PDM Talud



PDM SHOTCRETE

