

TESIS

**ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU, BIAYA, DAN
MUTU ANTAR SUBKONTRAKTOR PADA
PRODUKTIVITAS PEKERJAAN *DEEP CEMENT
MIXING* DI PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL
RUAS PROBOLINGGO-BANYUWANGI SEKSI
KRAKSAAN-PAITON**

**Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Magister Teknik (MT)**



Oleh :

MUHAMMAD YUSUF SHOLIHIN

NIM : 20202300159

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU, BIAYA DAN MUTU ANTAR SUBKONTRAKTOR PADA PRODUKTIVITAS PEKERJAAN *DEEP CEMENT MIXING* DI PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL RUAS PROBOLINGGO- BANYUWANGI SEKSI KRAKSAAN-PAITON

Disusun oleh :

MUHAMMAD YUSUF SHOLIHIN

NIM : 20202300159

Telah diperiksa disetujui oleh:

Semarang, 22 Mei 2025

Pembimbing I,

Semarang, 22 Mei 2025

Pembimbing II,

Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM.,MT

NIK.210291015

Dr. Rifqi Brilyant Arief, ST, MT

NIK.210200032

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU, BIAYA DAN MUTU ANTAR SUBKONTRAKTOR PADA PRODUKTIVITAS PEKERJAAN *DEEP CEMENT MIXING* DI PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL RUAS PROBOLINGGO- BANYUWANGI SEKSI KRAKSAAN-PAITON

Disusun oleh :

MUHAMMAD YUSUF SHOLIHIN

NIM : 20202300159

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal :
22 Mei 2025

Tim Penguji:

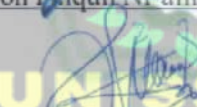
1. Ketua


Dr. Rifqi Brilyant Arief, ST., MT

2. Anggota


Ir. Moh Fiqih Nizam, MT., Ph.D

3. Anggota

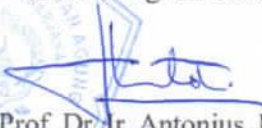

Dr. Ir. Juny Andy Sulisty, ST., MT

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik (MT)

Semarang, 22 Mei 2025

Mengetahui,
Ketua Program Studi




Prof. Dr. Ir. Antonius, MT
NIK. 210202033

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik




Dr. Abdul Rochim, ST., MT
NIK. 210200031

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ
أَمَّنْ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِنْهُمُ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ

“Kamu adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma`ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah.”

(Q.S Al 'Imron: 110)

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ وَإِذَا قِيلَ انشُرُوا
فَانشُرُوا يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ

“Niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”

(QS. Al-Mujadilah: 11)

وَيَرْزُقْهُ مِنْ حَيْثُ لَا يَحْتَسِبُ وَمَنْ يَتَوَكَّلْ عَلَى اللَّهِ فَهُوَ حَسْبُهُ إِنَّ اللَّهَ بَالِغُ أَمْرِهِ قَدْ جَعَلَ اللَّهُ
لِكُلِّ شَيْءٍ قَدْرًا

“Dan menganugerahkan kepadanya rezeki dari arah yang tidak dia duga. Siapa yang bertawakal kepada Allah, niscaya Allah akan mencukupkan (keperluan)-nya. Sesungguhnya Allahlah yang menuntaskan urusan-Nya. Sungguh, Allah telah membuat ketentuan bagi setiap sesuatu”

(QS. At-Thalaq: 3)

HALAMAN PERSEMBAHAN

”Orang tua saya Bapak Panijo dan Ibu Sumitri yang senantiasa mendo’akan saya dimanapun berada, selalu memberikan motivasi dan semangat dalam karir maupun pendidikan. Semoga orang tua saya selalu diberikan kesehatan dan umur yang panjang.”

“Kakak saya Eko Haryanto dan Dwi Handayani sekeluarga yang senantiasa memberikan dorongan dan motivasi untuk selalu maju dalam setiap hal kebaikan”

“Ayu Dwi Pangestika, Bapak Supriyanto, dan Ibu Sukartinah yang selalu mendukung dan mendo’akan yang terbaik dalam setiap kebaikan”

”PT Hutama Karya Infrastruktur yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengembangkan karir”



ABSTRAK

Proyek pembangunan jalan tol trans jawa saat ini di Jawa Timur sudah beroperasi sampai dengan Gending Probolinggo. Upaya pemerintah untuk menyambungkan jalan tol trans jawa dilakukan dengan melanjutkan pembangunan jalan tol ruas Probolinggo-Banyuwangi (Probowangi). Proyek pembangunan jalan tol Probowangi Seksi 2 dari seksi Kraksaan – Paiton dilakukan pekerjaan *deep cement mixing* (DCM) untuk perbaikan daya dukung tanah timbunan karena kondisi tanah lunak dengan tebal 3,5 m – 6,5 m dan tinggi timbunan 3,0 m – 7,5 m. Pekerjaan DCM dikerjakan oleh 4 subkontraktor yang tentunya memiliki metode kerja dan area kerja yang berbeda-beda. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan waktu, biaya, dan mutu dari perbandingan pekerjaan yang dilakukan oleh 4 subkontraktor. Metode penelitian yang menggunakan analisis kuantitatif dengan menghitung analisis perbandingan waktu, biaya, dan mutu antar subkontraktor pada pekerjaan DCM. Dari hasil penelitian yaitu waktu pekerjaan yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan DCM berdasarkan area kerja subkontraktor yaitu PT Keller Ground Indonesia menyelesaikan selama 85 hari, PT Leekang Jaya Konstruksi selama 116 hari, PT Geotekindo selama 31 hari, dan PT Pratama Widya Tbk selama 32 hari. Produktivitas rata-rata harian pekerjaan DCM berdasarkan urutan terbanyak yaitu PT Geotekindo dengan 428,63 m³/hari, PT Keller Ground Indonesia dengan 280,32 m³/hari, PT Leekang Jaya Konstruksi dengan 277,53 m³/hari, dan Pratama Widya Tbk dengan 86,11 m³/hari. Harga pekerjaan DCM berdasarkan urutan terendah yaitu PT Pratama Widya Tbk Rp 622.126 /m³, PT Geotekindo Rp 681.296 /m³, PT Leekang Jaya Konstruksi Rp 706.980 /m³, dan PT Keller Ground Indonesia Rp 788.437 /m³. Mutu pekerjaan dengan pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test/UCS*) setiap sub kontraktor sudah memenuhi standar yaitu ≥ 1 MPa. Hubungan antara waktu, biaya, dan mutu pada pekerjaan DCM ini yaitu sub kontraktor memiliki kapasitas produktivitas yang tinggi sehingga mempercepat waktu pekerjaan dengan harga pekerjaan yang lebih rendah dan dari segi mutu kualitas pekerjaan hasilnya sudah memenuhi standar.

Kata kunci: Jalan tol, *deep cement mixing*, biaya, waktu, *unconfined compression test/UCS*, sub kontraktor

ABSTRAC

The Trans-Java toll road development project in East Java is currently operational up to Gending, Probolinggo. The government's effort to connect the Trans-Java toll road continues with the construction of the Probolinggo-Banyuwangi (Probowangi) toll road section. The Probowangi toll road project Section 2, from the Kraksaan – Paiton section, involves deep cement mixing (DCM) work to improve the bearing capacity of the embankment soil due to soft soil conditions with a thickness of 3.5 m – 6.5 m and an embankment height of 3.0 m – 7.5 m. The DCM work is carried out by 4 subcontractors, each with different work methods and work areas. This research aims to determine the differences in time, cost, and quality of the work carried out by the 4 subcontractors. The research method uses quantitative analysis by calculating the comparative analysis of time, cost, and quality among the subcontractors in the DCM work. The research results show that the time used to complete the DCM work based on the subcontractor's work area is as follows: PT Keller Ground Indonesia completed it in 85 days, PT Leekang Jaya Konstruksi in 116 days, PT Geotekindo in 31 days, and PT Pratama Widya Tbk in 32 days. The average daily productivity of the DCM work, in descending order, is PT Geotekindo with 428.63 m³/day, PT Keller Ground Indonesia with 280.32 m³/day, PT Leekang Jaya Konstruksi with 277.53 m³/day, and Pratama Widya Tbk with 86.11 m³/day. The cost of the DCM work, in ascending order, is PT Pratama Widya Tbk Rp 622,126 /m³, PT Geotekindo Rp 681,296 /m³, PT Leekang Jaya Konstruksi Rp 706,980 /m³, and PT Keller Ground Indonesia Rp 788,437 /m³. The quality of work, tested by Unconfined Compression Test (UCS), for each subcontractor has met the standard of ≥ 1 MPa. The relationship between time, cost, and quality in this DCM work is that subcontractors with high productivity capacity accelerate the work time with lower work costs, and in terms of quality, the work results have met the standards.

Keywords: Toll road, deep cement mixing, cost, time, unconfined compression test/UCS, subcontractor

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD YUSUF SHOLIHIN

NIM : 20202300159

Dengan ini saya nyatakan bahwa Tesis yang berjudul:

**ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU, BIAYA, DAN MUTU ANTAR
SUBKONTRAKTOR PADA PRODUKTIVITAS PEKERJAAN *DEEP
CEMENT MIXING* DI PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL RUAS
PROBOLINGGO-BANYUWANGI SEKSI KRAKSAAN-PAITON**

Adalah benar hasil karya saya dan dengan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 22 Mei 2025



MUHAMMAD YUSUF SHOLIHIN

KATA PENGANTAR

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Segala puji bagi Allah, Tuhan semesta alam atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Analisis Perbandingan Waktu, Biaya, dan Mutu Antar Subkontraktor Pada Produktivitas Pekerjaan *Deep Cement Mixing* di Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Probolinggo-Banyuwangi Seksi Kraksaan-Paiton”. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik (MT) di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

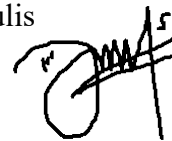
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi praktisi bisnis, akademisi, atau pembuat kebijakan. Dalam penyusunan tesis ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Bapak Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM., MT selaku dosen pembimbing pertama dan Bapak Dr. Rifqi Brilyant Arief, ST., MT selaku dosen pembimbing ke dua yang telah memberikan arahan dan bimbingan yang sangat berharga.
- Semua pihak staff Administrasi Program Studi Magister Teknik Sipil Unissula dalam memberikan bantuan akademik
- Orang tua saya dan kakak-kakak saya yang selalu memberikan dukungan moral
- Teman-teman kerja saya di PT Utama Karya Infrastruktur yang selalu memberikan semangat dalam berkarir dan berpendidikan
- Teman-teman tim proyek KSO Probolinggo Banyuwangi Paket 2 HKI-Acset-NK yang selalu berkolaborasi dan bekerja sama dalam menyelesaikan proyek Pembangunan Jalan Tol Probolinggo Banyuwangi Seksi Kraksaan-Paiton

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Semarang, Mei 2025

Penulis



Muhammad Yusuf Sholihin

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS	ii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS	iii
MOTTO.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRAC	vii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	5
1.3. Batasan Masalah.....	6
1.4. Tujuan Penelitian.....	6
1.5. Manfaat Penelitian	7
1.6. Sistematika Penulisan	7
BAB II.....	8
TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Manajemen Konstruksi	8
2.2. Manajemen Waktu.....	10

2.2.1. Hambatan Pelaksanaan Manajemen Waktu	10
2.3. Biaya Pekerjaan.....	11
2.4. Produktivitas Pekerjaan.....	12
2.5. Perbaikan Tanah	14
2.6. Pekerjaan <i>Deep Cement Mixing</i>	15
2.6.1. Metode Pekerjaan Deep Cement Mixing	21
2.7. Pengujian Kuat Tekan Bebas (<i>Unconfined Compression Test / UCS Test</i>) pada <i>Deep Cement Mixing</i>	23
2.8. Penelitian Terdahulu.....	25
2.9. Perbedaan dan Pesamaan dengan penelitian terdahulu.....	29
BAB III	30
METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Lokasi Penelitian.....	30
3.2 Instrumen Penelitian.....	30
3.3 Data Penelitian	31
3.3.1 Data Primer	31
3.3.2 Data Sekunder.....	32
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	32
3.5 Variabel Penelitian	32
3.5.1 Variabel Bebas.....	32
3.5.2 Variabel Terikat	33
3.5.3 Variabel Kontrol	33
3.6 Tahapan Penelitian	34
3.7 Metode Analisis Data	35
BAB IV	38
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	38

4.1	Analisis Waktu Pekerjaan <i>Deep Cement Mixing</i>	38
4.1.1.	Realisasi pekerjaan <i>deep cement mixing</i> oleh PT. Keller Ground Indonesia	38
4.1.2.	Realisasi pekerjaan <i>deep cement mixing</i> oleh PT Leekang Jaya Konstruksi	40
4.1.3.	Realisasi pekerjaan <i>deep cement mixing</i> oleh PT Geotekindo	42
4.1.4.	Realisasi pekerjaan <i>deep cement mixing</i> oleh PT Pratama Widya Tbk	43
4.2	Analisis Produktivitas Pekerjaan <i>Deep Cement Mixing</i>	43
4.3	Analisis Biaya Pekerjaan <i>Deep Cement Mixing</i>	45
4.3.1.	Analisis Biaya Pekerjaan <i>Deep Cement Mixing</i> oleh PT Keller Ground Indonesia	45
4.3.2.	Analisis Biaya Pekerjaan <i>Deep Cement Mixing</i> oleh PT Leekang Jaya Konstruksi	46
4.3.3.	Analisis Biaya Pekerjaan <i>Deep Cement Mixing</i> oleh PT Geotekindo	47
4.3.4.	Analisis Biaya Pekerjaan <i>Deep Cement Mixing</i> oleh PT Pratama Widya Tbk.....	48
4.4	Analisis Mutu Pekerjaan <i>Deep Cement Mixing</i>	49
4.4.1.	Analisis mutu pekerjaan <i>deep cement mixing</i> oleh PT Keller Ground Indonesia	51
4.4.2.	Analisis mutu pekerjaan <i>deep cement mixing</i> oleh PT Leekang Jaya Konstruksi	55
4.4.3.	Analisis mutu pekerjaan <i>deep cement mixing</i> oleh PT Geotekindo	61
4.4.4.	Analisis mutu pekerjaan <i>deep cement mixing</i> oleh PT Pratama Widya Tbk.....	64

4.5 Hubungan antara waktu, biaya dan mutu pada produktivitas pekerjaan <i>deep cement mixing</i>	66
BAB V.....	69
KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN.....	75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alinement vertikal & stratifikasi tanah Sta. 16+400 s/d Sta. 17+100.	4
Gambar 2.1 Jenis-jenis perbaikan tanah.....	15
Gambar 2.2 Konsep pekerjaan deep cement mixing (DCM).....	16
Gambar 2.3 Metode pelaksanaan pekerjaan deep cement mixing	17
Gambar 2.4 Metode pelaksanaan pencampuran tanah kering.....	18
Gambar 2.5 Pola aplikasi pekerjaan deep cement mixing	18
Gambar 2.6 Perbaikan tanah menggunakan deep cement mixing	19
Gambar 2. 7 Beberapa aplikasi metode deep mixing.....	20
Gambar 2.8 Diagram alir pekerjaan deep cement mixing.....	21
Gambar 2.9 Site plan untuk pekerjaan deep cement mixing.....	21
Gambar 2.10 Proses pengeboran dan injeksi slurry	23
Gambar 3.1 Lokasi proyek jalan tol ruas Probolinggo – Banyuwangi pada seksi Kraksaan – Paiton	30
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	34
Gambar 4.1 <i>Siteplan</i> titik pekerjaan DCM.....	39
Gambar 4.2 Potongan melintang <i>main road</i> dengan DCM.....	39
Gambar 4.3 Alat <i>drilling rig</i> pengeboran DCM PT Keller Ground Indonesia	40
Gambar 4.4 Pekerjaan DCM oleh PT Leekang Jaya Konstruksi	41
Gambar 4.5 Pekerjaan DCM oleh PT Geotekindo	42
Gambar 4.6 Alat bor DCM oleh PT Pratama Widya Tbk	43
Gambar 4.7 Perbandingan produktivitas pekerjaan DCM antar sub kontraktor... ..	44
Gambar 4.8 Skema pengeboran pekerjaan <i>deep cement mixing</i> kedalaman 8 meter	50
Gambar 4.9 Skema pengeboran pekerjaan <i>deep cement mixing</i> kedalaman 6 meter	50
Gambar 4.10 Pekerjaan <i>coring</i> untuk pengambilan sampel benda uji.....	51
Gambar 4.11 Sampel benda uji setelah diambil dari <i>coring</i>	51
Gambar 4.12 Titik <i>coring</i> pengambilan sampel benda uji dari PT Keller Ground Indonesia	52
Gambar 4.13 Proses pengujian UCS	52

Gambar 4.14 Titik <i>coring</i> untuk pengambilan sampel benda uji PT Leekang Jaya Konstruksi	56
Gambar 4.15 Titik <i>coring</i> yang dikerjakan oleh PT Geotekindo	61
Gambar 4.16 Titik <i>coring</i> untuk pengujian UCS oleh PT Pratama Widya Tbk....	64
Gambar 4.17 Pengujian UCS PT Pratama Widya Tbk.....	65
Gambar 4.18 Perbandingan produktivitas dan harga pekerjaan DCM	68



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tabel penanganan tanah dasar dengan pekerjaan Deep Cement Mixing (DCM) didasarkan hasil uji Duth Cone Penetrometer atau sondir	3
Tabel 2.1 Bahan pengikat dan pengisi yang umum digunakan dalam deep mixing	19
Tabel 2.2 Pengujian Unconfined Compression Strength (UCS)	24
Tabel 2.3 Penelitian terdahulu	25
Tabel 3.1 Penggunaan alat bor pada pekerjaan deep cement mixing	35
Tabel 3.2 Lokasi pekerjaan deep cement mixing	35
Tabel 3.3 Harga satuan pekerjaan subkontraktor pada pekerjaan deep cement mixing	36
Tabel 4.1 Realisasi pekerjaan deep cement mixing yang dikerjakan oleh PT. Keller Ground Indonesia	38
Tabel 4.2 Realisasi pekerjaan DCM oleh PT. Leekang Jaya Konstruksi	41
Tabel 4.3 Realisasi pekerjaan DCM oleh PT Geotekindo	42
Tabel 4.4 Realisasi pekerjaan DCM oleh PT Pratama Widya Tbk	43
Tabel 4.5 Paramater pekerjaan <i>deep cement mixing</i> kedalaman 8 m	49
Tabel 4.6 Parameter pekerjaan <i>deep cement mixing</i> kedalaman 6 m	49
Tabel 4.7 Hasil Sampel Pengujian UCS PT Keller Ground Indonesia pada titik B1937	52
Tabel 4.8 Hasil Pengujian UCS PT Keller Ground Indonesia	53
Tabel 4.9 Pengujian UCS sampel benda uji A.07 PT Leekang Jaya Konstruksi ..	56
Tabel 4.10 Hasil pengujian UCS keseluruhan lokasi pekerjaan PT Leekang Jaya Konstruksi	57
Tabel 4.11 Hasil pengujian UCS pada titik B2 PT Geotekindo	61
Tabel 4.12 Hasil pengujian UCS yang dilakukan oleh PT Geotekindo	62
Tabel 4.13 Hasil pengujian UCS titik <i>coring</i> F.50 oleh PT Pratama Widya Tbk..	64
Tabel 4.14 Hasil pengujian UCS yang dilakukan oleh PT Pratama Widya Tbk ...	66
Tabel 4.15 Hubungan waktu, biaya, dan mutu pekerjaan deep cement mixing	67

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Gambar *shopdrawing*
Lampiran 2 : Data progres harian pekerjaan *deep cement mixing*
Lampiran 3 : Data kontrak Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK)
Lampiran 4 : Hasil Pengujian UCS



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia dalam pembangunan infrastruktur kini telah mengalami perkembangan yang signifikan, terutama dalam pembangunan jalan tol. Mobilitas orang, barang, dan layanan terus meningkat setiap tahun. Pemerintah perlu meningkatkan pertumbuhan ekonomi, meratakan pembangunan wilayah, dan meningkatkan daya saing nasional melalui peningkatan kualitas dan kuantitas infrastruktur jalan. Sistem jalan berpengaruh pada perkembangan ekonomi dan mobilitas penduduk di suatu daerah. Sekarang, jalan di Pulau Jawa sudah dihubungkan melalui jaringan jalan nasional. Tetapi, untuk memajukan daerah dan mempercepat pertumbuhan ekonomi di masa depan, dibutuhkan rencana pengembangan jaringan jalan bebas hambatan yang lebih menyeluruh (Sudrajat dkk., 2024)

Jalan tol di Indonesia semakin bertambah panjang dan membentuk jaringan yang lebih luas. Hingga 2023, jalan tol mencapai panjang total 2.839 kilometer. Angka ini adalah prestasi dan juga tanggung jawab. Panjang tol tersebut meliputi Jabodetabek sepanjang 354,39 Km, Tol Trans Jawa sepanjang 1065,50 Km, Tol NonTrans Jawa Sepanjang 362,58 Km, Tol Trans Sumatera 884,45 Km, Tol di Sulawesi sepanjang 64,66 Km, Tol di Bali sepanjang 10,07 Km, dan Tol di Kalimantan sepanjang 97,27 Km (Badan Pengatur Jalan Tol, 2023). Proyek jalan tol Trans Jawa mencakup rute dari Merak ke Banyuwangi sepanjang sekitar 1132 kilometer. Pembangunan jalan tol Trans Jawa adalah upaya pemerintah untuk mempermudah mobilitas masyarakat Indonesia dan meningkatkan perekonomian serta kesejahteraan sosial (Darmawan & Prastyanto, 2019)

Jalan tol Trans Jawa ini di ujung timur Jawa, jalan tol sudah beroperasi sampai dengan Kecamatan Gending Kabupaten Probolinggo dengan ruas jalan tol Pasuruan Probolinggo. Saat ini pemerintah sedang berupaya untuk menyambungkan tol Trans Jawa sampai dengan Banyuwangi dengan mulai pengerjaan jalan tol ruas Probolinggo - Banyuwangi dengan panjang 171,516 km, sehingga nantinya jalan tol ini akan menyambungkan 3 kabupaten/kota yaitu

Probolinggo, Situbondo dan Banyuwangi (Kresnandi & Herijanto, 2021). Pelaksanaan konstruksi jalan tol Probolinggo-Banyuwangi (Probowangi) dibagi menjadi 2 tahap yaitu tahap 1 seksi Gending - Besuki sepanjang 49,7 Km dan tahap 2 seksi Besuki - Banyuwangi sepanjang 126,72 Km. Saat ini jalan tol Probolinggo - Banyuwangi sedang dilakukan pembangunan tahap 1 yang dibagi menjadi 3 seksi yaitu Seksi 1 Gending - Kraksaan (12,88 Km), Seksi 2 Kraksaan - Paiton (11,20 Km), dan Seksi 3 Paiton - Besuki (25,6 Km). Tol dari Probolinggo hingga Banyuwangi Tahap 1 direncanakan akan dilengkapi dengan tiga Gerbang Tol (GT) utama, yakni GT Kraksaan, GT Paiton, dan GT Besuki. Selain itu, jalur tersebut juga akan dilengkapi dengan tiga simpang susun, yaitu Simpang Susun (SS) Kraksaan, SS Paiton, dan SS Besuki.

PT Jasa Marga (Persero) Tbk melalui anak usahanya PT Jasamarga Probolinggo Banyuwangi (PT JPB) yang mengelola Jalan Tol Probolinggo-Banyuwangi dikerjakan oleh beberapa kontraktor yang dibentuk dalam Kerja Sama Operasi (KSO). Proyek Pembangunan jalan tol Probolinggo-Banyuwangi tahap 1 yang dibagi menjadi 3 seksi dikerjakan oleh sembilan kontraktor yang terbagi menjadi tiga konsorsium (KSO). Seksi 1 dikerjakan oleh KSO PT Adhi Karya (Persero) Tbk - PT Brantas Abipraya (Persero) - PT. MKN, Seksi 2 dikerjakan oleh KSO PT. Utama Karya Infrastruktur - PT Acset Indonusa Tbk – PT Nindya Karya (Persero), dan Seksi 3 dikerjakan oleh KSO PT PP (Persero) Tbk – PT Waskita Karya (Persero) Tbk – PT Wijaya Karya (Persero) Tbk.

KSO PT. Utama Karya Infrastruktur - PT Acset Indonusa Tbk – PT Nindya Karya (Persero) atau yang disingkat dengan KSO HKi-Acset-NK selaku kontraktor pelaksana proyek pembangunan jalan tol Probolinggo - Banyuwangi Seksi 2 dari STA 09+000 sampai STA 20+200. Pada pekerjaan perbaikan tanah daya dukung sebelum dilakukan pekerjaan penimbunan tanah biasa (*common borrow material*) di Probowangi Seksi 2 yaitu pekerjaan galian biasa untuk dibuang dan pekerjaan *deep cement mixing*. Pekerjaan *deep cement mixing* atau pencampuran tanah menggunakan semen dengan mengasumsikan bahwa tanah yang diperbaiki berperilaku seperti tanah komposit. Kekuatan dan kekakuan tanah komposit dihitung menggunakan rata-rata tertimbang dari kekakuan dan kekuatan kolom pengikat dan tanah di sekitarnya. Kegagalan harus diselidiki dalam hal stabilitas

internal dan eksternal. Stabilitas eksternal adalah kegagalan global tanah yang diperbaiki tanpa kegagalan pada kolom. Kegagalan internal adalah kegagalan yang terjadi pada kolom karena kekuatannya yang rendah (Zaika dkk., 2023).

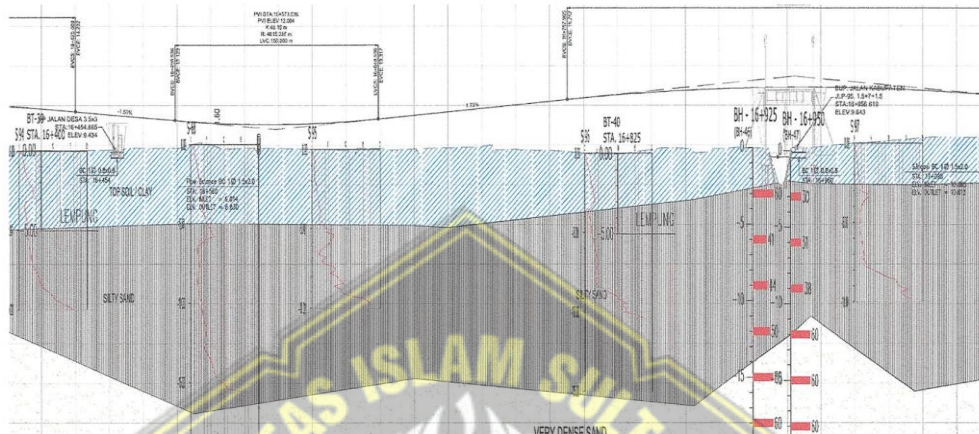
Pembangunan jalan Tol Probolinggo Banyuwangi Paket 2 dari Sta. 9+000 s/d 20+200 terletak disebelah selatan jalan Nasional Probolinggo - Besuki, tata guna lahan berupa lahan pertanian dan secara fisografi merupakan dataran rendah dengan kelandaian kecil dan ketinggian elavasi tanah antara +8.0 sampai +12,50 meter dari permukaan air laut. Berdasarkan peta geologi Paket-2 Tol Probolonggo Banyuwagi dari Sta. 9+000 s/d 20+200 terletak pada dataran batuan Aluvium, yang terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lanau da lempung, sebagai endapan sungai dan Pantai. Berdasarkan hasil evaluasi oleh *Visiting* Geoteknik konsultan Pengawas didasarkan hasil uji *Duth Cone Penetrometer* (DCP) atau sondir yang dilakukan oleh Penyedia Jasa Konstruksi bahwa tebal tanah lunak 4,5 – 6,5 meter dapat dilihat pada Tabel 1.1. Untuk lapisan tanah dasar konsistensi lunak dengan kedalaman antara 5.0 m sampai 10.0 m, dengan melakukan replaement tanah dasar pada umumnya permasalahan daya dukung tanah dasar dan stabilitas timbunan badan jalan mudah terpenuhi, akan tetapi persyaratan batasan penurunan (10 cm/10 tahun) cukup sulit untuk dipenuhi. Pada dasarnya penurunan badan jalan (main road) sangat dipegaruhi oleh kedalaman lapisan tanah lunak dan tinggi timbunan rencana badan jalan. Berdasarkan tabel penanganan tanah dasar Sta. 16+000 - Sta. 20+200 yang direkomendasikan oleh Konsultan Pengawas, perbaikan tanah dasar dengan *Deep Cemnet Mixing* (DCM) yang diusulkan oleh Konsultan Pengawas sama yaitu : diameter ($\varnothing$: 700mm) , kedalaman 6, 8, dan 12 m serta Spasi (S : 1,50 m), padahal tinggi timbunan cukup variasi (H-timb. : 3,0 m – 7,5 m) dan ketebalan tanah antara 5,00 m sampai 6,50 m dapat dilihat pada Gambar 1.1, kondisi ini dapat menyebabkan differensial settlement arah memanjang jalan (Diff. Setl. > 0.3 %).

Tabel 1.1 Tabel penanganan tanah dasar dengan pekerjaan *Deep Cement Mixing* (DCM) didasarkan hasil uji *Duth Cone Penetrometer* atau sondir

No	STA	Tebal Tanah Lunak (m)	Tinggi Timbunan (m)	Panjang Penanganan (m)
1	16+550 – 16+750	6,5	3,5 – 7	200
2	17+250 – 17+350	6,5	4	100
3	17+450 – 17+550	5	7	100

No	STA	Tebal Tanah Lunak (m)	Tinggi Timbunan (m)	Panjang Penanganan (m)
4	18+600 – 18+700	4,5	4,5 – 6,5	100
5	18+700 – 18+950	5,5	3 – 4,5	250
6	19+050 – 19+250	5	3 – 4,5	200
7	19+650 – 19+850	6	5 – 7,5	200

(Sumber: (Muhrozi, 2022))



Gambar 1.1 Alinement vertikal & stratifikasi tanah Sta. 16+400 s/d Sta. 17+100

(Sumber: (Muhrozi, 2022))

Pekerjaan *deep cement mixing* pada konstruksi jalan tol Probolinggo - Banyuwangi Seksi 2 ini menggunakan material yang sama yaitu semen *Ordinary Portland Cement* (OPC) tipe 1 yang disuplai oleh PT. Anugrah Prima Energi dan air yang digunakan dalam pencampuran air menggunakan sumber dari sumur bor yang dibuat tiap titik pekerjaan. Pekerjaan *deep cement mixing* di Probowangi Seksi 2 dikerjakan oleh subkontraktor dengan pengalaman yang spesialis di bidang perbaikan daya dukung tanah yaitu PT Keller Ground Indonesia, PT Leekang Jaya Konstruksi, PT Geotekindo, dan PT Pratama Widya Tbk.

PT Keller Ground Indonesia merupakan Perusahaan yang berasal dari Singapura dan memiliki cabang di Indonesia. PT Keller Ground Indonesia telah memiliki banyak pengalaman dibidang perbaikan daya dukung tanah seperti *deep cement mixing*, pondasi, *grouting*, dan *earth retention* di Indonesia dan di Asia Tenggara. PT Leekang Jaya Konstruksi merupakan Perusahaan dibidang pondasi tiang pancang, perbaikan daya dukung tanah seperti *deep cement mixing*, dan pekerjaan *offshore* yang awalnya berasal dari Korea dan kemudian didirikan cabang di Vietnam, Filipina, serta Indonesia. PT Geotekindo merupakan Perusahaan yang

berasal dari Indonesia dan bagian dari Geoharbour Group, sebuah perusahaan yang berbasis di China. PT Geotekindo merupakan Perusahaan yang memiliki spesialis di bidang perbaikan tanah dan telah memiliki pengalaman pada pekerjaan *deep cement mixing*. PT Pratama Widya Tbk merupakan Perusahaan yang memiliki spesialisasi di bidang Teknik geoteknik perbaikan tanah yang berasal dari Indonesia.

Pekerjaan *deep cement mixing* Probowangi Seksi 2 pada PT Keller Ground Indonesia menggunakan dua alat berat dengan 2 *drilling rig* dan 1 *drilling rig*, PT Leekang Jaya Konstruksi menggunakan satu alat bor dengan 4 *drilling rig*, PT Geotekindo menggunakan dua alat bor dengan masing-masing 2 *drilling rig*, dan PT Pratama Widya Tbk menggunakan satu alat dengan 1 *drilling rig*. Setiap subkontraktor memiliki lokasi pekerjaan dan volume pekerjaan yang sesuai dengan kontrak dengan KSO HKI-Acset-NK. Pemakaian 4 subkontraktor pada pekerjaan *deep cement mixing* ini dilakukan karena untuk mencapai target waktu penyelesaian agar sesuai dengan rencana pekerjaan. Dalam pekerjaan *deep cement mixing*, setiap subkontraktor dengan metode penggunaan alat yang berbeda tentunya akan mendapatkan produktivitas volume rata-rata harian yang berbeda. Sehingga dengan adanya perbedaan penggunaan alat akan mempengaruhi produktivitas pekerjaan.

Pekerjaan *deep cement mixing* untuk mengetahui mutu pekerjaan tersebut yaitu dilakukan dengan cara coring sepanjang kolom dan dilakukan pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test/UCS*). Pengambilan sampel satu titik kolom diambil 5 sampel dengan kedalaman setiap 20%. 1 (satu) pengujian *Unconfined Compression Strength* (UCS) beserta dengan pengujian konsistensi pengerjaan pencampuran, untuk setiap 80 m² dari area yang dikerjakan atau 2 (dua) baris melintang badan jalan. Standar penerimaan mutu pekerjaan *deep cement mixing* PT Jasa Marga Probolinggo Banyuwangi yaitu 1-3 MPa pada umur 28 hari.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan pada pendahuluan maka dapat dirumuskan permasalahan tersebut untuk penelitian ini yaitu:

1. Berapakah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan *deep cement mixing* antar subkontraktor sesuai dengan lokasi kerja?

2. Berapakah produktivitas volume rata-rata harian pekerjaan *deep cement mixing* antar subkontraktor?
3. Bagaimana perbandingan biaya pekerjaan *deep cement mixing* antar subkontraktor?
4. Apakah hasil mutu pekerjaan *deep cement mixing* antar subkontraktor menggunakan pengujian kuat tekan bebas (Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test* /UCS) sudah sesuai dengan standar penerimaan pekerjaan kepada pemilik proyek?
5. Bagaimana pengaruh penggunaan alat berat terhadap waktu, biaya, dan mutu pada pekerjaan *deep cement mixing* antar subkontraktor.
6. Siapakah subkontraktor yang memiliki produktivitas paling tinggi, biaya rendah, dan mutu pekerjaan tercapai pada *deep cement mixing*?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah berdasarkan pendahuluan dan perumusan masalah di atas yaitu

1. Penelitian dilakukan pada proyek jalan tol Probolinggo – Banyuwangi Seksi 2 Kraksaan – Paiton
2. Penelitian ini membandingkan biaya dan waktu berdasarkan realisasi produktivitas pekerjaan *deep cement mixing* dengan metode kerja masing-masing subkontraktor
3. Harga yang digunakan adalah harga negosiasi pekerjaan tiap subkontraktor.
4. Pengendalian mutu pekerjaan dilakukan dengan pengujian kuat tekan bebas (Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test* / UCS)

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berdasarkan perumusan masalah sebagai berikut:

1. Mengetahui waktu subkontraktor yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan *deep cement mixing* sesuai dengan lokasi kerja
2. Mengetahui produktivitas volume rata-rata harian pekerjaan *deep cement mixing* antar subkontraktor
3. Mengetahui perbandingan biaya pekerjaan *deep cement mixing* antar subkontraktor
4. Mengetahui hasil mutu pekerjaan *deep cement mixing* dengan pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*/UCS) antar subkontraktor

5. Mengetahui pengaruh penggunaan alat berat terhadap waktu, biaya, dan mutu pada pekerjaan *deep cement mixing* antar subkontraktor.
6. Mengetahui subkontraktor yang memiliki produktivitas paling tinggi, biaya rendah, dan mutu pekerjaan tercapai pada *deep cement mixing*.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk kontraktor dan pembaca dalam optimalisasi biaya, waktu, dan mutu peningkatan produktivitas pekerjaan, dan pengelolaan risiko pada pekerjaan *deep cement mixing*.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi terkait teori dan studi kepustakaan yang menjadi dasar penelitian untuk membahas dan mengambil kesimpulan.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini berisi metode penelitian, jenis penelitian, sumber data penelitian, tahapan penelitian, dan alir penelitian.

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi deskripsi data, pengolahan data, dan pembahasan hasil penelitian.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dari hasil dan pembahasan penelitian, serta saran untuk penelitian berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Manajemen Konstruksi

Dalam buku Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi menyatakan bahwa proyek konstruksi memiliki karakteristik unik yang tidak berulang. Proses yang terjadi ada suatu proyek tidak akan berulang pada proyek lainnya(Ervianto, 2004). Menurut Soehendradjati (1987), manajemen konstruksi adalah kelompok yang menjalankan fungsi manajemen dalam proses konstruksi (tahap pelaksanaan), suatu fungsi yang akan terjadi dalam setiap proyek konstruksi. Sedangkan menurut Dipohusodo (1996) manajemen konstruksi merupakan proses terpadu dimana individu-individu sebagai bagian dari organisasi dilibatkan untuk memelihara, mengembangkan, mengendalikan, dan menjalankan program-program yang semuanya diarahkan pada sasaran yang telah ditetapkan dan berlangsung menerus seiring dengan berjalannya waktu.

Fungsi manajemen konstruksi menurut Ervianto (2005) dikelompokkan menjadi empat kegiatan sebagai berikut:

a. Perencanaan (*Planning*)

Fungsi Perencanaan/Planning dari manajemen konstruksi adalah suatu proses untuk menentukan tindakan masa depan yang tepat, melalui urutan pilihan, dengan memperhitungkan sumber daya yang tersedia dalam rangka pencapaian tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam perencanaan, ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam istilah singkatan SMART yaitu

1. *Specific* artinya perencanaan harus jelas maksud maupun ruang lingkupnya. Tidak terlalu melebar dan terlalu idealis.
2. *Measurable* artinya program kerja atau rencana harus dapat diukur tingkat keberhasilannya.
3. *Achievable* artinya dapat dicapai. Jadi bukan anggan-angan
4. *Realistic* artinya sesuai dengan kemampuan dan sumber daya yang ada. Tidak terlalu mudah dan tidak terlalu sulit. Tapi tetap ada tantangan.
5. *Time* artinya ada batas waktu yang jelas. Mingguan, bulanan, triwulan, semesteran atau tahunan. Sehingga mudah dinilai dan dievaluasi.

b. Organisasi (*Organizing*)

Fungsi Organisasi dari manajemen konstruksi adalah mengelompokkan kegiatan - kegiatan yang diperlukan, dan bagaimana hubungan antar kegiatan tersebut dalam suatu bentuk struktur organisasi atau institusi. Dalam hal ini organisasi berarti sebagai wadah atau tempat menyatukan pemikiran dari sekelompok orang didalamnya diataranya *owner*, konsultan perencana, pihak kontraktor, dan konsultan pengawas untuk mencapai satu tujuan. *Organizing* adalah proses dalam memastikan kebutuhan manusia dan fisik setiap sumber daya tersedia untuk menjalankan rencana dan mencapai tujuan yang berhubungan dengan organisasi.

c. Pelaksanaan (*Actuating*)

Fungsi *actuating*/pelaksanaan dalam manajemen konstruksi bertujuan untuk mewujudkan bangunan yang dibutuhkan oleh pemilik proyek, dan yang sudah dirancang oleh konsultan perencana dalam batasan biaya dan waktu yang telah disepakati, serta dengan mutu yang disyaratkan. Dalam tahap ini, fungsi *actuating* dibagi menjadi 2, yaitu fungsi *staffing* dan fungsi *directing*. Fungsi *staffing* berkenaan dengan pengerahan (*recruitment*), penempatan, penilaian kinerja, pelatihan, dan pengembangan tenaga kerja dalam organisasi. Sedangkan fungsi *directing* merupakan usaha untuk memobilisasi sumber-sumber daya yang dimiliki oleh organisasi agar dapat bergerak dalam satu kesatuan sesuai dengan rencana yang telah dibuat. Dalam tahapan proses *directing* juga terkandung usaha-usaha bagaimana memotivasi agar dapat bekerja dengan baik dan bagaimana proses kepemimpinan agar tercapai tujuan.

d. Pengawasan (*Controlling*)

Fungsi pengendalian dari manajemen konstruksi terdiri dari fungsi *controlling*, supervisi, dan koordinasi. Agar pekerjaan berjalan sesuai dengan visi, misi, aturan dan program kerja maka dibutuhkan pengontrolan. Baik dalam bentuk supervisi, pengawasan, inspeksi hingga audit. Kata-kata tersebut memang memiliki makna yang berbeda, tapi yang terpenting adalah bagaimana sejak dini dapat diketahui penyimpangan-penyimpangan yang terjadi. Baik dalam tahap perencanaan, pelaksanaan maupun pengorganisasian. Sehingga dengan hal tersebut dapat segera dilakukan koreksi,antisipasi dan penyesuaian-penyesuaian sesuai dengan situasi, kondisi dan perkembangan jaman.

2.2. Manajemen Waktu

Manajemen waktu pelaksanaan proyek setiap kontraktor dari perusahaan bisa berjalan dengan baik apabila telah melaksanakan setiap aspek-aspek dari manajemen waktu. Menurut Clough dan Sears (1991) dalam (Hidayat & Ramadhany, 2021) Adapun aspek-aspek manajemen waktu itu sebagai berikut:

1. Menyusun jadwal (*Planning*)
2. Mengukur dan membuat laporan kemajuan (*Monitoring*)
3. Membandingkan kemajuan di lapangan dengan rencana dan menentukan akibat yang timbul pada saat penyelesaian (*Analysis*)
4. Merencanakan dan Menerapkan Tindakan Pembetulan (*Corrective Action*)
5. Memperbaharui Jadwal (*Update Operational Schedule*)

Manajemen waktu bertujuan untuk mendukung produktifitas walau tampak dan dirasakan seperti membuang-buang waktu, dengan merencanakan terlebih dahulu penggunaan waktu, bukanlah suatu pemborosan melainkan memberikan kerangka serta acuan bahkan pengawasan terhadap waktu

2.2.1. Hambatan Pelaksanaan Manajemen Waktu

Dalam kenyataan di lapangannya, pelaksanaan manajemen waktu proyek konstruksi banyak menemui kendala-kendala yang menyebabkan pelaksanaannya tidak optimal. Adapun masalah-masalah yang dapat menghambat pelaksanaan manajemen waktu berdasarkan (Hidayat & Ramadhany, 2021) adalah sebagai berikut:

1. Alokasi penempatan sumber daya tidak efektif dan efisien karena penyebarannya fluktuatif dan ketersediaan sumber dayanya tidak mengatasi, mencukupi. dilakukan Untuk pemerataan jumlah sumber daya dan penjadwalan ulang serta merelokasi sumber daya agar lebih efektif dan efisien.
2. Terjadi keterlambatan proyek yang disebabkan oleh jumlah tenaga kerja yang terbatas, peralatan tidak mencukupi, kondisi cuaca buruk, metode kerja yang salah. Untuk mengatasinya, dilakukan *duration cost trade* yaitu menambah tenaga kerja dan peralatan, dengan konsekuensi biaya meningkat namun sebagai gantinya akan mempercepat durasi proyek.
3. Kondisi alam yang diluar perkiraan dapat memengaruhi dan menunda jadwal rencana, sehingga antisipasi keadaan tersebut perlu dilakukan.

Menurut Clough dan Sears (1991) dalam (Hidayat & Ramadhany, 2021) *Corrective Action* adalah segala upaya yang dilakukan untuk mengembalikan kinerja masa depan yang diharapkan sesuai jalur yang direncanakan. Adapun tindakan pembetulan dapat berupa:

1. Realokasi sumber daya.
2. Menambah jumlah tenaga kerja.
3. Jadwal alternatif (lembur atau shift).
4. Membagi-bagi pekerjaan ke subkontraktor.
5. Mengubah metode kerja.
6. *Work Splitting* (Pembagian pekerjaan dengan durasi yang lama).

Dalam memperbaharui jadwal (*updating schedule*) menurut Menurut Clough dan Sears (1991) dalam (Hidayat & Ramadhany, 2021), Pada umumnya re-schedule dilakukan bersama sama dengan proses updating. Adapun beberapa tindakan yang perlu dilakukan dalam updating schedule antara lain:

1. Perhitungan *float* dari setiap aktivitas dari jadwal yang baru.
2. Perhitungan target penyelesaian proyek dengan jadwal yang baru.
3. Penyesuaian jadwal yang baru dengan jadwal yang sudah dikoreksi (*correcting schedule*).

2.3. Biaya Pekerja

Analisa harga satuan upah merupakan proses perkalian antara indeks tenaga kerja dengan harga upah sehingga diperoleh harga satuan upah. Sedangkan nilai harga satuan pekerjaan dapat diperoleh melalui penjumlahan dari harga satuan bahan dan harga satuan upah (Wiroso & Hendarti, 2023). Analisa harga satuan bahan suatu pekerjaan adalah menghitung banyaknya bahan yang diperlukan, serta besarnya biaya bahan yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan, rumus untuk menentukan biaya bahan yang dibutuhkan adalah

$$\text{Harga Satuan Bahan} = \text{koefisien bahan} \times \text{harga satuan} \quad (2.1)$$

Koefisien bahan menunjukkan banyaknya bahan yang diperlukan untuk menyelesaikan 1 m³, 1 m² maupun 1 m³ volume pekerjaan.

Harga satuan upah adalah perhitungan analitis jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan. Harga satuan upah tenaga kerja berbeda-beda di setiap daerah, jadi dalam penyusunan anggaran biaya proyek harus mengacu pada

harga upah yang sesuai dengan harga di lokasi proyek. Analisa harga satuan upah mengantung dua unsur yaitu:

1. Harga upah

Harga upah adalah upah yang diberikan kepada setiap tenaga kerja konstruksi persatuan waktu ataupun per satuan volume pekerjaan atas jasa tenaga yang digunakan sesuai dengan bidang keahliannya.

2. Koefisien tenaga

Indeks tenaga adalah suatu angka yang menunjukkan kebutuhan tenaga kerja untuk setiap bidang pekerjaan. Biaya upah tenaga kerja dapat dihitung dengan rumus seperti di bawah ini:

$$\text{Harga satuan upah} = \text{koefisien tenaga kerja} \times \text{harga satuan upah} \quad (2.2)$$

Secara umum proses analisa harga satuan pekerjaan dengan metode Aktual/Kontraktor adalah sebagai berikut:

1. Membuat daftar harga satuan material dan daftar harga satuan upah
2. Menghitung harga satuan bahan dengan cara perkalian antara harga satuan bahan dengan nilai koefisien bahan
3. Menghitung harga satuan upah kerja dengan cara perkalian antara harga satuan upah dengan nilai koefisien upah tenaga kerja.

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahandan upah tenagakerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan dikumpulkan dalam dalam satu daftar yang dinamakan Daftar Harga Satuan Bahan. Setiap bahan atau material mempunyai jenis dan kualitas sendiri. Hal ini menyebabkan harga materialberagam. Untuk sebagai patokan hargabiasanya didasarkan pada lokasi daerah bahan tersebut berasal dan disesuaikan dengan harga patokan di pemerintah. Secara umum dapat disimpulkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Harga Satuan Pekerjaan} = \text{H.S. Bahan} + \text{H.S. Upah} + \text{H.S. Alat} \quad (2.3)$$

2.4. Produktivitas Pekerjaan

Produktivitas adalah hubungan antara hasil nyata yang didapatkan dengan masukan/input yang telah dipergunakan dalam satu satuan waktu. Sedangkan menurut Sinungan (1995) dalam (Wiroso & Hendarti, 2023) menyatakan bahwa produktivitas adalah perbandingan ukuran harga bagi masukan dan hasil dan juga sebagai perbandingan antara jumlah pengeluaran dan masukan yang dinyatakan

dalam satuan-satuan umum. Produktivitas sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain tingkat upah, pengalaman dan ketrampilan, Pendidikan dan keahlian, usia pekerja, pengadaan barang, cuaca, jarak material ke lokasi, hubungan kerjasama serta faktor manajerial.

Dari uraian tersebut diatas dapat diketahui bahwa faktor terbesar yang mempengaruhi produktivitas adalah tenaga kerja. Secara umum dapat dikatakan bahwadapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \frac{O}{I} \quad (2.4)$$

Keterangan

P = Produktivitas (satuan volume pekerjaan/satuan waktu)

O = Output (satuan volume pekerjaan)

I = Input (satuan waktu)

Ukuran Output dapat dinyatakan dalam bentuk:

- a. Jumlah satuan fisik produk maupun jasa
- b. Nilai rupiah produk/jasa

Ukuran Input dapat dinyatakan antara lain dalam bentuk:

- a. Jumlah waktu
- b. Jumlah tenaga kerja
- c. Jumlah material
- d. Jumlah alat

Produktivitas tenaga kerja besar pengaruhnya terhadap pelaksanaan proyek atau dengan kata lain jika produktivitas pekerja tinggi maka proyek juga akan lebih cepat selesai. Secara umum dapatdikatakan bahwa produktivitas tenaga kerja adalah besar volume pekerjaan yang dihasilkan oleh seorang pekerja atau tim pekerja selama jangka waktu tertentu

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{waktu pekerjaan}} \quad (2.5)$$

Menurut Sinungan (2007) dalam (Pramesti & Priyanto, 2023) faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja sebagai berikut:

1. Kuantitas atau jumlah tenaga kerja yang digunakan dalam suatu proyek.
2. Tingkat keahlian tenaga kerja.

3. Latar belakang kebudayaan dan pendidikan termasuk pengaruh faktor lingkungan dan keluarga terhadap pendidikan formal yang diambil tenaga kerja.
4. Kemampuan tenaga kerja untuk menganalisis situasi yang terjadi dalam lingkup pekerjaannya dan sikap moral yang diambil pada keadaan tersebut.
5. Minat tenaga kerja yang tinggi terhadap pekerjaan yang ditekuninya.
6. Struktur pekerjaan, keahlian dan umur (kadang-kadang jenis kelamin).

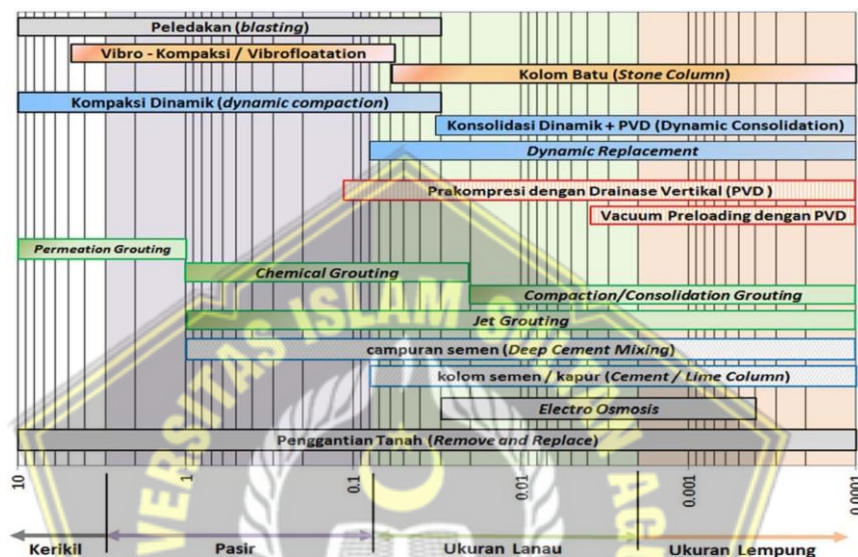
Sumber daya yang digunakan selama proses konstruksi adalah material, *machines, men, method, money*. Penggunaan material dalam proses konstruksi secara efektif sangat bergantung pada desain yang dikehendaki dari suatu bangunan. Penghematan material dapat dilakukan pada tahap penyediaan, handling, dan processing selama waktu konstruksi. Pekerja adalah salah satu sumber daya yang tidak mudah di kelola. Upah yang di berikan sangat bervariasi tergantung pada kecakapan masing-masing pekerja karena tidak ada pekerja yang sama dengan metode konstruksi yang digunakan

2.5. Perbaikan Tanah

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami dibawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tanah lunak dalam konstruksi menjadi permasalahan. Daya dukung yang rendah menyebabkan kerugian, mulai dari kerugian dari sisi biaya konstruksi yang semakin mahal hingga rendahnya angka keamanan sehingga menyebabkan terancamnya keselamatan konstruksi. Struktur yang dibuat tidak mampu berdiri secara stabil bahkan bisa roboh (Putra & Makarim, 2020). Teknik perbaikan tanah memiliki prinsip dasar bahwa kapasitas tanah yang kurang baik dalam berbagai aspek, yang dapat diperbaiki melalui peningkatan sifat-sifat (*properties*) dari pada tanah, sesuai dengan tujuan perbaikan yang diinginkan (Rimbani dkk., 2022). Tujuan umum dari perbaikan tanah adalah sebagai berikut:

- a. Meningkatkan daya dukung tanah
- b. Meningkatkan kuat geser tanah
- c. Memperkecil kompresibilitas dan penurunan tanah
- d. Memperkecil permeabilitas tanah seperti tanggul

- e. Memperbesar permeabilitas tanah seperti dewatering dan sand lense
 - f. Memperkecil potensi kembang-susut pada tanah (swelling potential)
 - g. Menjamin kelestarian dan keberlanjutan sumber daya alam dan lingkungan
- Adapula jenis-jenis perbaikan tanah yang direkomendasikan menurut kedalaman tanahnya menurut SNI 8460:2017 (Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat dan Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI), 2017) pada Gambar 2.1.

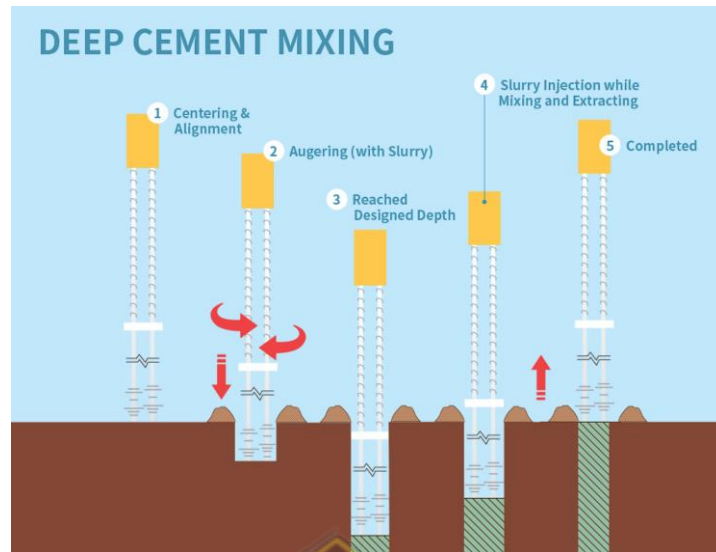


Gambar 2.1 Jenis-jenis perbaikan tanah

(Sumber: SNI 8460:2017)

2.6. Pekerjaan *Deep Cement Mixing*

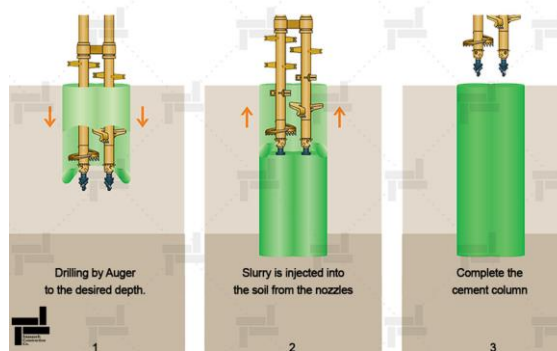
Pencampuran semen dalam atau *deep cement mixing* (DCM) adalah metode perbaikan tanah langsung (teknologi pengolahan lapangan) di mana aditif semen ditambahkan ke tanah. Stabilisasi menggunakan campuran bahan-bahan ini dapat dilakukan metode kering atau cair (*slurry*). Metode ini dapat digunakan untuk mengurangi settlement dan mengoptimalkan stabilitas tanah. Selain itu, DCM dapat bertindak sebagai drainase vertikal, mempercepat proses *settlement*. Prosesnya dimulai dengan menggunakan bor untuk mengebor lubang sampai ke tanah keras. Setelah mesin mencapai kedalaman yang diinginkan, bahan pengikat, biasanya semen, disuntikkan untuk mengisi ruang dan bercampur dengan lumpur lunak. Setelah semen mengeras, membentuk kolom yang tertanam (Suwarno & Wicaksono, 2021). Metode DCM secara singkat disajikan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Konsep pekerjaan *deep cement mixing* (DCM)

(Sumber: Suwarno & Wicaksono, 2021)

Tujuan deep mixing adalah memperbaiki karakteristik tanah, yaitu: meningkatkan kuat geser, menurunkan kompresibilitas, dan/atau membuat penghalang kedap air. Tujuan ini dicapai dengan mencampur tanah dengan bahan pengikat yang dapat berupa: semen, kapur, serta bahan pengisi seperti gips (gypsum) dan abu terbang. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3, pengeboran pertama kali dilakukan oleh Auger hingga kedalaman yang diinginkan. Kemudian pengeboran dihentikan dan Auger perlahan ke atas dan selama gerakan, bubur disuntikkan ke dalam tanah dari nosel yang dipasang di ujung lengan dengan tekanan tinggi. Pergerakan dan injeksi ini dilakukan secara bertahap dan setelah satu meter ke atas, berputar pada level tersebut selama satu menit dan menginjeksi slurry dan pekerjaan ini berlanjut hingga mencapai level tanah alami. Tentunya interval dan waktu yang disebutkan berbeda-beda sesuai dengan jenis perangkat dan jenis tanahnya. Selain itu, metode injeksi top-down dapat dilakukan tergantung pada kondisi proyek dan lokasi nosel injeksi.

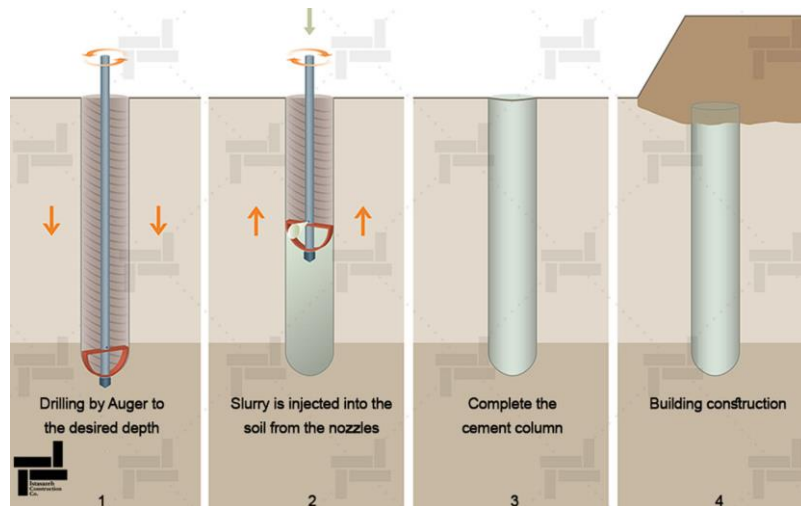


Gambar 2.3 Metode pelaksanaan pekerjaan *deep cement mixing*

(Sumber: Lumanauw dkk. 2024)

Bubur semen atau semen kering adalah aditif yang paling umum dalam metode *deep cement mixing* (DCM). Volume bubur yang digunakan, tergantung pada kasus dan kondisi tanah, adalah sekitar 20 sampai 30% dari volume tanah yang tidak dimodifikasi. Kapur juga merupakan aditif yang cocok yang terkadang dicampur dengan semen dan digunakan secara bersamaan. Dalam hal ini, rasio berat semen terhadap kapur adalah sekitar 1 banding 4 dan totalnya ditambahkan ke jumlah sekitar 100 hingga 200 kg/m³ tanah yang tidak dimodifikasi. Aditif lain seperti abu vulkanik, terak tungku dan bahan kimia lainnya juga dapat digunakan jika memungkinkan. Ada dua jenis pencampuran dalam metode *deep cement mixing* (DCM)

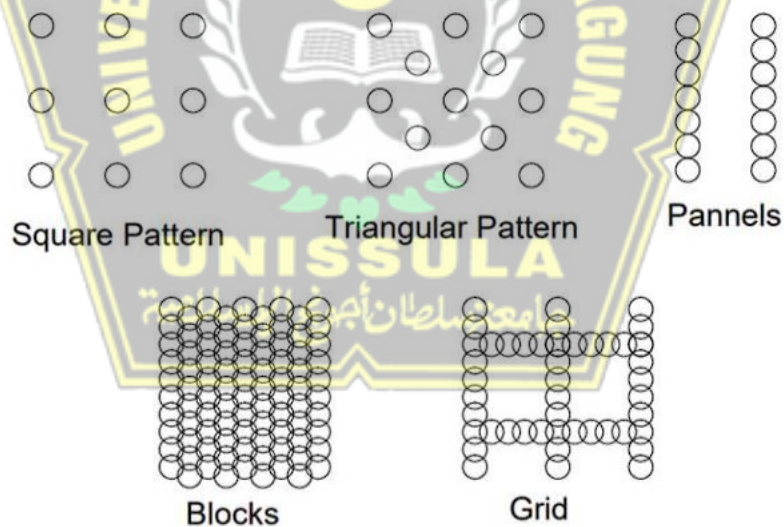
Metode pencampuran tanah basah adalah metode biasa pencampuran tanah dalam (DCM) untuk retensi galian, yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, dan metode pencampuran tanah kering. Jika ada cukup kelembaban untuk melakukan reaksi kimia antara campuran yang disuntikkan dan tanah, metode pencampuran. Tanah Kering dapat digunakan. Dalam metode pencampuran tanah kering, campuran injeksi (semen, kapur atau kombinasinya) disuntikkan sebagai bubuk dan dicampur dengan tanah. Bahan kering dicampur dengan tanah dengan menerapkan udara bertekanan tinggi, yang dibuang melalui nozel di ujung bawah pipa bor. Dengan cara ini, bahan yang disuntikkan bereaksi dengan kelembaban tanah dan dibuat kolom yang mirip dengan metode pencampuran tanah basah. Diameter kolom yang dibuat dengan metode pencampuran tanah kering lebih kecil dari metode pencampuran tanah basah dan antara 60 hingga 80 cm. Kedalaman maksimal perbaikan tanah dengan metode ini mencapai 25 m



Gambar 2.4 Metode pelaksanaan pencampuran tanah kering

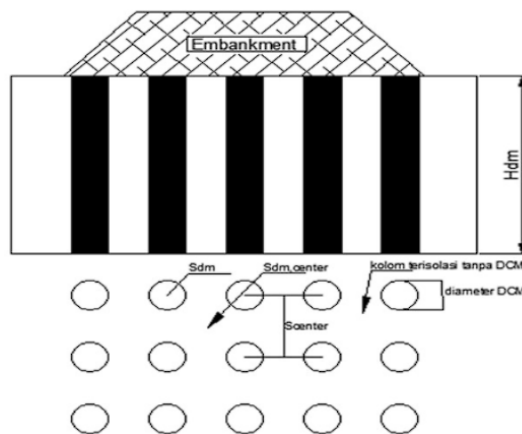
(Sumber: (Lumanauw dkk., 2024)

Pada pekerjaan *deep cement mixing* ada beberapa pola yang diaplikasikan diantaranya seperti square pattern, blocks pattern, panel pattern, triangular pattern, dan grid pattern. Pola tersebut dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.5 Pola aplikasi pekerjaan *deep cement mixing*

(Sumber: Nugraha dkk. 2022)



Gambar 2.6 Perbaikan tanah menggunakan *deep cement mixing*

(Sumber: Nugraha dkk.2022)

Pemilihan bahan pengikat merupakan aspek yang sangat penting untuk kesuksesan pelaksanaan *deep mixing*. Kondisi lapangan, tanah dan lingkungan, serta sifat-sifat tanah yang akan diperbaiki merupakan hal esensial yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan bahan pengikat. Efisiensi bahan pengikat dan bahan tambah yang digunakan harus dikaji melalui pengujian di laboratorium dan/atau lapangan. Tabel 2.1 menunjukkan bahan-bahan pengikat yang umum digunakan dalam proses pekerjaan *deep mixing* dengan proses kering (bahan pengikat pada umumnya dicampurkan ke dalam tanah dalam bentuk serbuk).

Tabel 2.1 Bahan pengikat dan pengisi yang umum digunakan dalam *deep mixing*

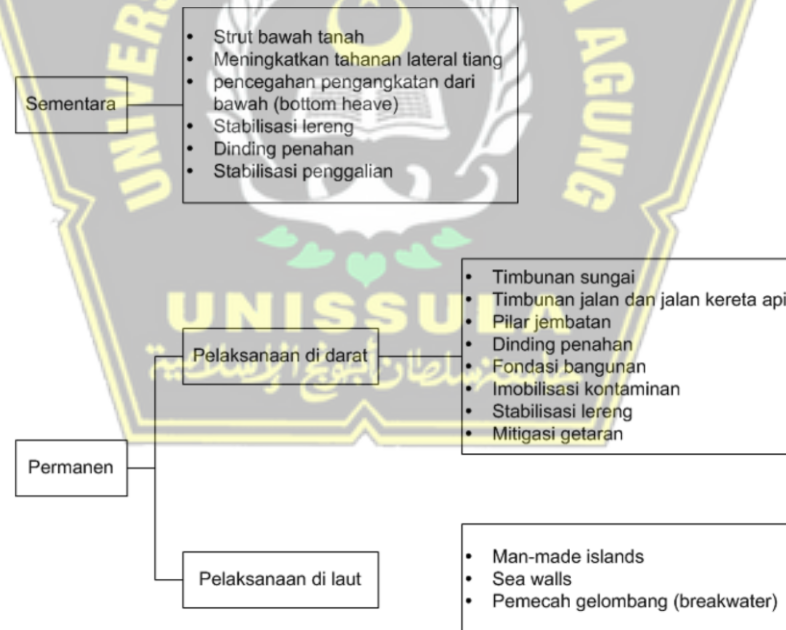
Jenis Tanah	Bahan Pengikat
Lempung	Kapur (<i>quick lime</i>) / campuran kapur dan semen
Lempung sangat sensitif (<i>quick clay</i>)	Kapur / campuran kapur dan semen
Lempung organik	Kapur dan semen / semen dan slag / Kapur dan gypsum
Gambut	Semen / semen dan slag / kapur, gypsum, semen
Tanah yang mengandung sulfat	Semen / semen dan slag
Lanau	Kapur dan semen / semen

Bahan pengikat di atas umumnya digunakan dalam pekerjaan deep mixing dengan proses kering (tanpa menambahkan air/cairan). Untuk proses basah pada umumnya bahan yang digunakan adalah adukan semen (semen + air), terkadang ditambahkan abu terbang, gypsum atau bahan lain sebagai bahan pengisi. Bentonit juga sering digunakan untuk memperbaiki kestabilan campuran.

(Sumber : SNI 8460:2017)

Teknik *deep mixing* ini dapat diaplikasikan untuk memperkuat bangunan sementara atau bangunan permanen seperti disajikan di dalam Gambar 2.7. Aplikasi tersebut umumnya bertujuan untuk:

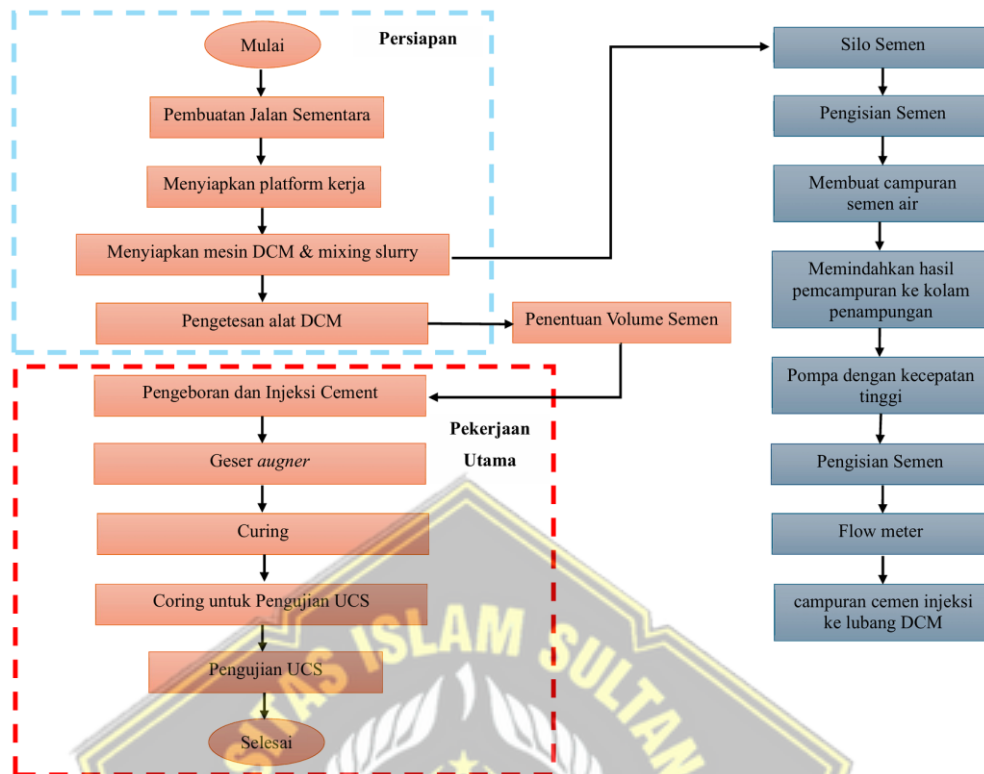
- Meningkatkan kestabilan struktur, galian, dan lereng
- Meningkatkan daya dukung fondasi dan mengurangi penurunan tanah
- Meningkatkan ketahanan tanah terhadap penyebaran ke arah lateral (*lateral spreading*) saat gempa
- Pembatasan (*confinement*) kontaminasi tanah/limbah
- Mengurangi dampak vibrasi



Gambar 2. 7 Beberapa aplikasi metode *deep mixing*

(Sumber: SNI 8460:2017)

2.6.1. Metode Pekerjaan Deep Cement Mixing

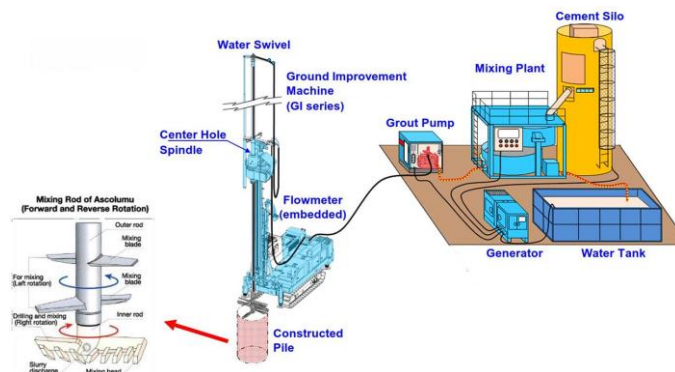


Gambar 2.8 Diagram alir pekerjaan deep cement mixing

(Sumber: (PT Acset Pondasi Indonusa, 2024))

Berdasarkan gambar 2.8 mengenai alir pekerjaan deep cement mixing dapat dijelaskan sebagai berikut:

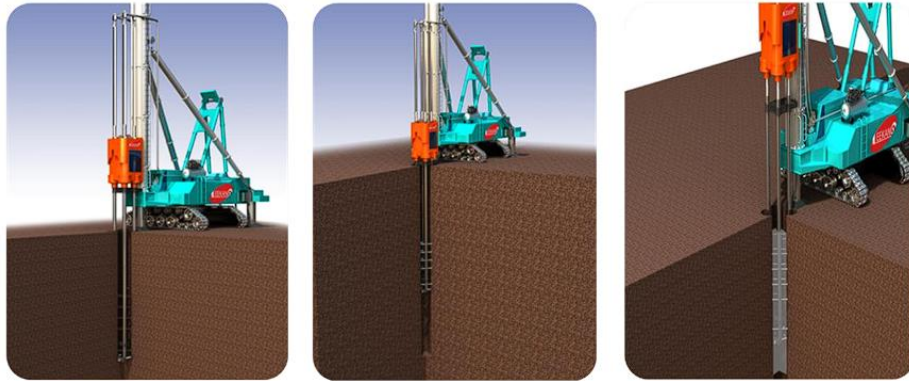
1. Membuat jalan akses sementara dari jalan akses utama menuju area *deep cement mixing* untuk transportasi alat berat seperti alat berat, silo semen, dan lainnya.
2. Menyiapkan *site plan* untuk pekerjaan DCM sesuai dengan gambar 2.8.



Gambar 2.9 Site plan untuk pekerjaan deep cement mixing

(Sumber: (PT Pratama Widya Tbk, 2024))

3. Melakukan pematok titik DCM mengikuti koordinat pada shop drawing yang disetujui oleh pemilik proyek
4. Siapkan mesin DCM sesuai instruksi dengan benar dan pastikan bahwa kecepatan putar auger, inclinometer, pengukur kedalaman, dan perangkat lain telah berfungsi dengan benar setelah diatur.
5. Pengetesan mesin DCM sesuai dengan spek kerja yang ditentukan
6. Pembuatan *cement slurry* dengan Bucket Mixer, cement slurry dibuat berdasarkan rasio air/semen yang disetujui
7. Memposisikan *Rig* DCM pada area kerja dengan memastikan platform kerja pada posisi yang datar serta pelat besi diletakkan di atasnya.
8. Memulai pengeboran setelah *Rig* DCM siap. Pada saat pengeboran disesuaikan kecepatan penetrasi. Air/ cement slurry dipompakan selama penetrasi. Kecepatan aliran dan lama pemompaan harus dikontrol untuk memastikan volume *cement slurry* yang dipompakan cukup untuk setiap kolom DCM.
9. Pengecekan *flowmeter slurry* dan air. Ada 2 pengecekan parameter flowmeter:
 - a. Pengecekan nilai awal *flowmeter slurry* dan air sebelum mulai memompa *slurry*.
 - b. Pengecekan nilai akhir flowmeter slurry dan air Setelah mencapai permukaan tanah.
10. Penarikan mata bor dan injeksi *cement slurry*. Saat penetrasi telah mencapai kedalaman desain dan/atau mencapai lapisan tanah keras ($nSPT > 10$) yang di tunjukan pada indikator dalam kabin operator (180A – 200A), penetrasi dapat dihentikan. Mata bor dapat ditarik dengan kecepatan 1.0m/menit atau kurang dengan tetap menginjeksikan campuran air-semen.
11. Penyelesaian kolom DCM dan pemindahan alat setelah mencapai permukaan, mata bor dibersihkan. *Rig* DCM selanjutnya dipindahkan ke titik DCM berikutnya dan dilakukan berulang sampai selesai semua lokasi pekerjaan *deep cement mixing* sesuai gambar 2.10.



Gambar 2.10 Proses pengeboran dan injeksi *slurry*

(Sumber: (PT Leekang Jaya Konstruksi, 2024)

12. Setelah semuanya kolom DCM terselesaikan. Kemudian dilakukan *coring* pengambilan sampel benda uji sepanjang kolom.
13. Pengendalian mutu dilakukan pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test / UCS Test*) di laboratorium pada umur 28 hari.

2.7. Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test / UCS Test*) pada *Deep Cement Mixing*

Pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) adalah nilai tegangan aksial pada kekuatan maksimum yang dapat ditopang oleh suatu benda sebelum mengalami kerusakan yang disebabkan oleh gaya tekan. Metode uji kuat tekan bebas tanah kohesif dimaksudkan untuk menentukan kuat tekan bebas contoh tanah yang memiliki kohesi, baik tanah terganggu (*disturbed*), dicetak ulang (*remolded*) maupun contoh tanah yang dipadatkan (*compacted*). Dan digunakan untuk menentukan suatu nilai perkiraan kekuatan tanah kohesif yang dinyatakan dalam tegangan total. Ini berlaku untuk material kohesif, seperti lempung dan tanah tersemen (*cemented soil*) yang tetap tegak tanpa tahanan keliling dan tidak mengeluarkan air selama pembebanan (air keluar dari tanah akibat deformasi / perubahan bentuk) (Sudarma dkk., 2019). Rumus untuk menemukan nilai kuat tekan bebas dapat dilihat pada persamaan

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

Q_u = Kuat tekan bebas (N/mm² atau MPa)

P = Beban (N)

A = Luas penampang sampel (mm²)

Penggunaan metode tersebut mengacu pada standar ASTM-D2166.

Untuk benda uji yang diperoleh dengan cara coring, pengujian UCS harus dilakukan 28 (dua puluh delapan) hari setelah pencampuran. Pengambilan sampel coring sebaiknya dilakukan pada jarak sejauh seperempat diameter lingkaran pusat *Deep Cement Mixing* (DCM). Pengambilan sampel coring harus diambil dengan menggunakan alat coring dengan diameter minimal 2,5 inci (64 mm), dan mempunyai perbandingan panjang benda uji 2 (dua) kali terhadap diameternya. Hubungan kuat tekan bebas (q_u) tanah lempung dengan konsistensinya dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Pengujian *Unconfined Compression Strength* (UCS)

Konsistensi	Q_u (MPa)
Tanah liat organik dan sangat plastis, lumpur / <i>organic and very plastic clays, sludges</i>	> 1,2 MPa
Tanah liat lunak / <i>soft clays</i>	0,4 – 1,5 MPa
Tanah liat sedang / <i>medium/hard clays</i>	0,7 – 2,5 MPa
Lanau / <i>silt</i>	1,0 – 3,0 MPa
Pasir halus-sedang / <i>fine-medium sands</i>	1,5 – 5,0 MPa

Sumber: (Direktorat Jenderal Bina Marga Kemenpupr, 2024)

Pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) berdasarkan standar ketetapan dari PT. Jasamarga Probolinggo Banyuwangi pengambilan sampel benda uji dilakukan 1 (satu) titik kolom pengujian beserta dengan pengujian konsistensi pengerjaan pencampuran, untuk setiap 80 m² dari area yang dikerjakan atau 2 (dua) baris melintang badan jalan. Satu kolom pengujian diambil 5 sampel benda uji dengan pengambilan pada 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dari kedalaman pekerjaan *deep cement mixing* dengan target mutu antara 1-3 MPa.

2.8. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mengenai analisis biaya dan waktu pada produktivitas pekerjaan proyek sudah banyak dilakukan, beberapa penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Penelitian terdahulu

No	Judul	Peneliti dan Tahun	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
1	Analisis Perbandingan Bekisting Konvensional Dengan Bekisting Aluminium Ditinjau Dari Aspek Biaya Dan Waktu Pelaksanaan (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan The Lana Apartment – Tangerang)	(Ilham & Herzanita, 2021)	Mengetahui perbandingan bekisting yang paling efektif dan efisien dari segi biaya dan waktu pelaksanaan proyek konstruksi gedung	Metode analisis kuantitatif dengan perhitungan waktu pekerjaan pada volume pekerjaan dan biaya langsung pekerjaan	Berdasarkan biaya persentase selisih dari kedua bekisting yaitu 25,05% lebih mahal bekisting aluminium dibandingkan bekisting konvensional dan sedangkan berdasarkan waktu produktivitas pekerjaan bekisting aluminium lebih cepat 73 hari dibandingkan bekisting konvensional.
2	Komparasi Biaya Dan Waktu Pekerjaan Tiang	(Indra Pratama & Bhaskara, 2020)	Mengetahui perbandingan biaya dan	Menggunakan metode penelitian komparatif	Berdasarkan hasil analisis disimpulkan dari

No	Judul	Peneliti dan Tahun	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
	Pancang Metode <i>Hydraulic Static Pile Driver</i> dengan <i>Drop Hammer</i>		waktu pekerjaan tiang pancang menggunakan Metode <i>Hydraulic Static Pile Driver</i> dengan <i>Drop Hammer</i>	membandingkan keadaan satu variabel atau lebih pada dua atau lebih sampel yang berbeda, atau dua waktu yang berbeda	segi biaya selisih kedua pekerjaan tiang pancang tersebut adalah Rp. 71.379.385,70 dengan metode <i>hydraulic static pile driver</i> lebih mahal dan dari segi waktu
3	Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Metode Pelaksanaan Beton <i>Cast in Situ</i> dengan Precast Pada Pekerjaan Fondasi Tiang Pancang	(Ahen dkk., 2021)	Mengetahui perbandingan biaya dan waktu metode pelaksanaan beton <i>cast in situ</i> dengan precast pada pekerjaan fondasi tiang pancang pada proyek Pembangunan kantor dinas di kabupaten Sintang	Metode analisis kuantitatif dengan perhitungan waktu pekerjaan pada volume pekerjaan dan biaya pekerjaan	Metode pelaksanaan cast in situ pada pekerjaan fondasi di proyek pembangunan kantor dinas pertanian kabupaten Sintang lebih efisien dari segi waktu selisih waktu 2 hari atau 9,1 % dan lebih murah dari segi biaya di

No	Judul	Peneliti dan Tahun	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
					bandingkan dengan metode precast, dengan selisih biaya Rp. 14.462.489,30 atau 4,01 %.
4	Analisis Perbandingan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Antara Plat Lantai Bondek dengan Konvensional (Studi Kasus: Proyek Pembangunan RSUD Garbamed-Kerobokan)	(Joni dkk., 2020)	Mengetahui perbandingan waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan plat lantai antara menggunakan bondek dan konvensional	Metode analisis kuantitatif pada biaya dan waktu pekerjaan plat lantai di Proyek Pembangunan RSUD Garbamed-Kerobokan	Berdasarkan hasil analisis pekerjaan plat bondek lebih cepat dengan selisih 29 hari sedangkan dari segi biaya pekerjaan plat bondek lebih kecil Rp. 72.338,26 / m ² atau 12,77% dari plat lantai konvensional
5	Analisis Perbandingan Biaya Mutu dan Waktu antara Metode <i>Precast</i>	(Refor dkk., 2022)	Menganalisis perbandingan metode precast dan cast in situ	Metode analisis kuantitatif menghitung kemudian	Berdasarkan hasil analisis metode <i>precast</i> lebih mahal Rp.

No	Judul	Peneliti dan Tahun	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
	dan <i>Cast in Situ</i> pada Pekerjaan Saluran (Studi Kasus Proyek Rumah Susun Ujung Menteng, Jakarta Timur)		pada pekerjaan saluran dari segi biaya, waktu dan mutu	membandingkan waktu produktivitas pekerjaan, waktu pekerjaan, dan mutu hasil pekerjaan menggunakan teknik wawancara	101.165.000 dibandingkan dengan metode <i>cast in situ</i> , metode <i>precast</i> pekerjaan saluran dapat dikerjakan 60 hari lebih cepat dibandingkan <i>cast in situ</i> , dan pekerjaan saluran menggunakan metode <i>precast</i> lebih mudah dan efisien dalam hal pengendalian mutu dibandingkan metode <i>cast in situ</i> .

2.9. Perbedaan dan Pesamaan dengan penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan memiliki keterkaitan kesamaan dan perbedaan. Persamaan berdasarkan penelitian terdahulu pada Tabel 2.3 yaitu

- a. Penelitian dilakukan dengan menggunakan analisis kuantitatif
- b. Penelitian membandingkan biaya, mutu, dan waktu pekerjaan
- c. Tujuan penelitian untuk mengetahui pekerjaan yang paling efektif dan efisien dari segi biaya dan waktu

Perbedaan dari penelitian terdahulu yang menjadi hal baru dalam penelitian ini yaitu

- a. Pekerjaan yang akan diteliti yaitu pekerjaan *deep cement mixing* pada proyek pembangunan jalan tol. Pekerjaan ini merupakan hal yang pertama kali di Indonesia dilakukan untuk jalan tol pada perbaikan daya dukung tanah.
- b. Mutu yang diteliti pada penelitian terdahulu hanya berfokus pada kemudahan untuk dilakukan pengendalian mutu saat proses konstruksi, sedangkan pada penelitian ini pada pengendalian mutu adalah dilakukannya kontrol hasil pekerjaan terkait ketercapaian mutu standar penerimaan pekerjaan.
- c. Penelitian terdahulu dilakukan pada pekerjaan swakelola dengan menggunakan perbandingan pekerja. Pada penelitian ini dilakukan pada pekerjaan yang dilaksanakan oleh subkontraktor dengan membandingkan berdasarkan metode alat yang digunakan.
- d. Harga satuan yang dipakai pada penelitian terdahulu merupakan harga satuan pekerjaan pada rencana anggaran biaya. Sedangkan harga satuan yang digunakan pada penelitian ini merupakan harga satuan hasil dari berita acara klarifikasi dan negosiasi yang tertuang dalam kontrak pekerjaan dari subkontraktor kepada kontraktor KSO HKI-Acset-NK.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini dilakukan di proyek pembangunan jalan tol ruas Probolinggo - Banyuwangi pada seksi Kraksaan – Paiton. Penelitian ini mengkhususkan pada pekerjaan *deep cement mixing*.



Gambar 3.1 Lokasi proyek jalan tol ruas Probolinggo – Banyuwangi pada seksi Kraksaan – Paiton

3.2 Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif dengan instrumen penelitian studi dokumentasi dan observasi. Instrumen penelitian dalam studi dokumentasi dan observasi terstruktur digunakan baik dalam penelitian kuantitatif sebagai alat untuk mencatat dan mengukur variabel variabel yang diamati (Ardiansyah dkk., 2023).

1. Studi Dokumentasi:

- a. **Rencana Anggaran Biaya (RAB):** Dokumen yang merinci estimasi biaya proyek.

- b. **Jadwal Pelaksanaan:** Dokumen yang menunjukkan durasi dan tahapan pekerjaan.
- c. **Dokumen Kontrak:** Informasi mengenai dokumen kontrak pekerjaan sub kontraktor.
- d. **Laporan Progres:** Data mingguan atau bulanan mengenai kemajuan pekerjaan.
- e. **Dokumen Proyek Lainnya:** Termasuk laporan hasil uji, dan catatan harian proyek.

2. Observasi:

- a. **Observasi Lapangan:** Mengamati langsung proses pelaksanaan pekerjaan di lokasi proyek.
- b. **Observasi Kualitas:** Memeriksa kualitas pekerjaan sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan.
- c. **Observasi Waktu:** Mengamati ketepatan waktu pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

3.3 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data yang dibagi menjadi 2 jenis data yaitu:

3.3.1 Data Primer

Data primer yang diperoleh dari sumber pertama pada penelitian ini dilakukan dengan meminta langsung ke kontraktor. Data primer penelitian ini meliputi:

1. Produktivitas volume pekerjaan
Data ini berupa monitoring volume pekerjaan dari awal hingga selesai pekerjaan *deep cement mixing* pada setiap subkontraktor
2. Waktu/durasi pekerjaan
Data ini berupa monitoring waktu realisasi progress pekerjaan *deep cement mixing* pada setiap subkontraktor
3. Harga pekerjaan subkontraktor
Setiap subkontraktor memiliki harga pekerjaan yang sudah dinegosiasikan pada Berita Acara Klarifikasi dan Negosiasi (BAKN) yang sudah tertuang dalam kontrak. Data ini berupa harga pekerjaan *deep cement mixing* dalam satuan m³, harga pekerjaan persiapan dalam satuan *lumpsum* yang berupa

mobilisasi dan *preliminaries*, dan harga pekerjaan pengujian hasil pekerjaan *deep cement mixing*.

4. Mutu pekerjaan

Pengujian mutu pada pekerjaan *Deep Cement Mixing* (DCM) dapat dilakukan dengan metode pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test* / UCS) dengan cara *coring* saat pengambilan sampel uji.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Metode pekerjaan

Setiap subkontraktor memiliki metode pekerjaan yang berbeda dalam menunjang progress pekerjaan *deep cement mixing*. Metode pekerjaan setiap subkontraktor ini berbeda misalnya dikarenakan penggunaan alat berat, jam *shifting* bekerja, dan sumber daya lainnya.

2. Shopdrawing

Data *shopdrawing* diperoleh dari kontraktor yang kemudian dapat digunakan sebagai acuan perhitungan volume pekerjaan dan sebagai acuan dalam bekerja oleh subkontraktor.

3. Dokumentasi pekerjaan

Data dokumentasi pekerjaan diperoleh dari kontraktor dan pengambilan pribadi di lapangan.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Dengan menggunakan kombinasi metode pengumpulan data primer dan sekunder, penelitian ini mengumpulkan data dengan cara meminta data-data ke kontraktor dan melakukan observasi langsung di lapangan.

3.5 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada 3 jenis yaitu:

3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi:

- a. **Subkontraktor:** Nama atau identitas subkontraktor yang terlibat dalam proyek.

- b. **Metode Kerja:** Teknik atau prosedur kerja yang digunakan oleh masing-masing subkontraktor.
- c. **Jumlah Alat/Tenaga Kerja:** Jumlah pekerja yang digunakan oleh setiap subkontraktor.
- d. **Kondisi Cuaca:** Faktor cuaca yang dapat mempengaruhi proses pekerjaan.
- e. **Pengalaman Subkontraktor:** Lama pengalaman dan proyek-proyek sebelumnya yang telah ditangani oleh subkontraktor.

3.5.2 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini terdiri dari 3 diantaranya:

1. Biaya:

Pada penelitian ini biaya sebagai variabel terikat yang digunakan adalah harga subkontraktor meliputi harga kontrak pekerjaan.

2. Waktu:

- a. Durasi Pekerjaan: Total waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan *deep cement mixing*.
- b. Perbandingan Waktu: Waktu yang diperlukan oleh setiap subkontraktor untuk menyelesaikan pekerjaan yang sama.

3. Produktivitas:

- a. Volume Pekerjaan: Jumlah total pekerjaan yang diselesaikan dalam satuan waktu tertentu (misalnya, meter kubik per hari).
- b. Efisiensi Kerja: Rasio antara output (hasil pekerjaan) dan input (sumber daya yang digunakan).

4. Mutu Pekerjaan

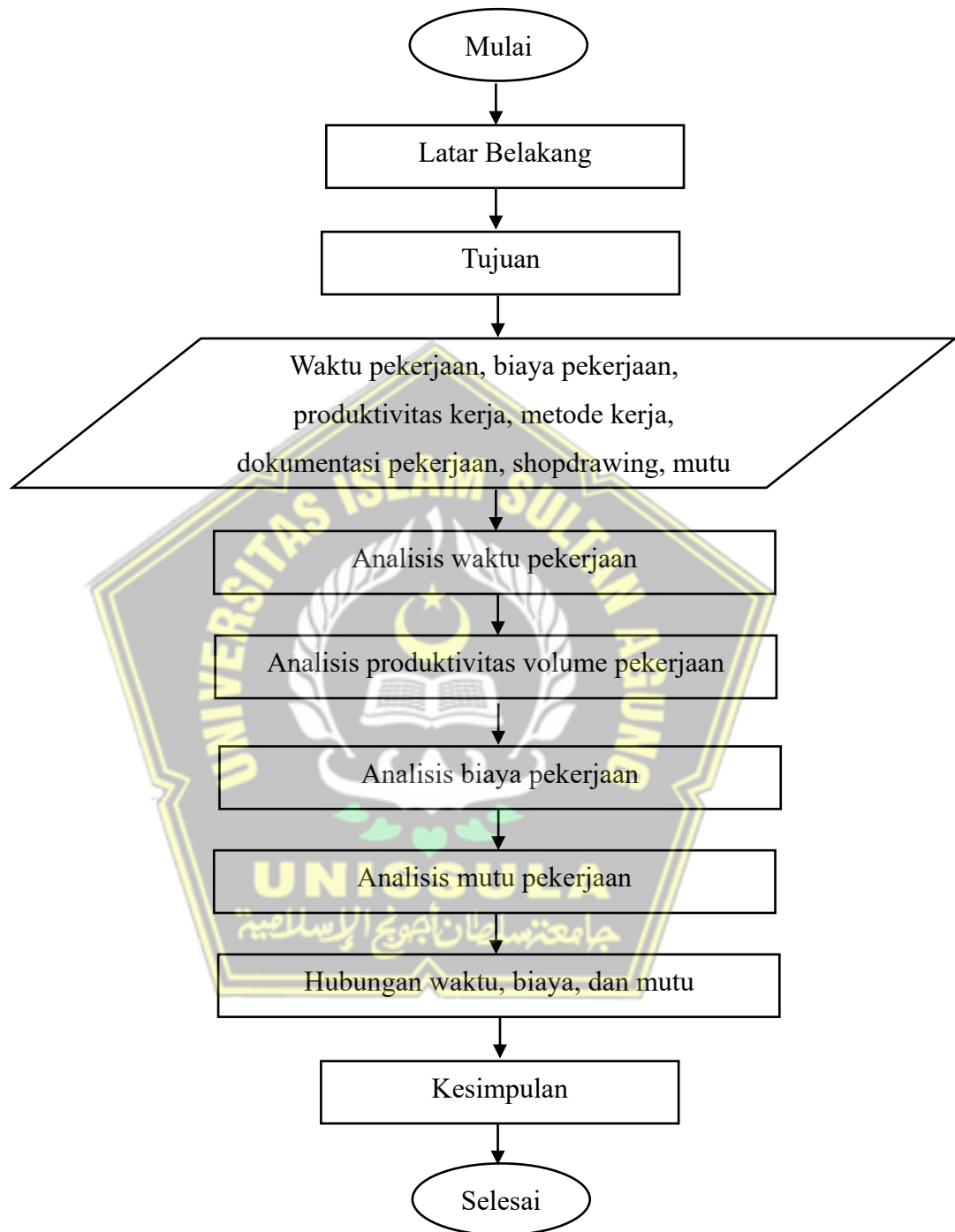
Pada penelitian ini nantinya akan dilakukan pengujian uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) yang berfungsi untuk menghitung tegangan aksial maksimum yang dapat ditahan oleh sampel tanah sebelum mengalami keruntuhan.

3.5.3 Variabel Kontrol

- a. Lokasi penelitian pada proyek pembangunan jalan tol ruas Probolinggo – Banyuwangi seksi Kraksaan – Paiton
- b. Seluruh lokasi pekerjaan *deep cement mixing*

3.6 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

3.7 Metode Analisis Data

Analisis data yang dilaksanakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan menghitung produktivitas pekerjaan, waktu pekerjaan, dan biaya pekerjaan. Metode analisis ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Menyampaikan total durasi pekerjaan *deep cement mixing* sesuai dengan area kerja yang telah dikontrak oleh kontraktor. Setiap subkontraktor memiliki area kerja dan volume pekerjaan masing-masing sesuai dengan kontrak kerja. Sehingga dengan membuat monitoring harian pekerjaan dapat diketahui total durasi pekerjaan dari awal hingga akhir. Setiap subkontraktor nantinya akan memiliki perbedaan hasil pekerjaan karena perbedaan metode alat bor yang digunakan pada Tabel 3.1 dan lokasi pekerjaan yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Penggunaan alat bor pada pekerjaan *deep cement mixing*

No	Nama Subkontraktor	Jumlah Alat Deep Mixing Rig	Jumlah Bor setiap alat (Axis)
1	PT Keller Ground Indonesia	2	1 dan 2
2	PT Leekang Jaya Konstruksi	1	4
3	PT Geotekindo	2	2
4	PT Pratama Widya Tbk.	1	1

Tabel 3.2 Lokasi pekerjaan *deep cement mixing*

No	Nama Subkontraktor	Lokasi Pekerjaan (STA)
1	PT Keller Ground Indonesia	17+250 – 17+350
		17+450 – 17+550
		19+150 – 19+250
		19+650 – 19+670
		Ramp 4+250 – 4+300
2	PT Leekang Jaya Konstruksi	16+550 – 16+750
		18+600 – 18+950
		19+050 – 19+150
3	PT Geotekindo	19+670 – 19+850
4	PT Pratama Widya Tbk.	19+075 – 19+125

- Membandingkan tiap subkontraktor pada pekerjaan *deep cement mixing* dengan metode kerja masing-masing. Menghitung produktivitas rata-rata pekerjaan *deep cement mixing* dengan memantau pekerjaannya tiap harinya.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Waktu Pekerjaan}} \quad (\text{m}^3 / \text{hari}) \quad (3.1)$$

- Menghitung biaya realisasi pekerjaan *deep cement mixing* sesuai dengan area pekerjaan subkontraktor meliputi biaya pekerjaan, mobilisasi dan demobilisasi, dan pengujian-pengujian. Rumus menghitung biaya pekerjaan yaitu

$$\text{Biaya} = \text{Volume Pekerjaan} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan} \quad (3.2)$$

$$\text{Total biaya Pekerjaan} = \Sigma \text{biaya}_1 + \text{biaya}_2 + \text{biaya}_3 + \text{biaya}_n \quad (3.3)$$

$$\text{Biaya per m}^3 = \frac{\text{Total biaya Pekerjaan}}{\text{Volume Pekerjaan}} \quad (\text{Rp} / \text{m}^3) \quad (3.4)$$

Untuk menghitung total biaya pekerjaan, harga satuan pekerjaan pada setiap subkontraktor yang telah tertuang dalam kontrak pekerjaan dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Harga satuan pekerjaan subkontraktor pada pekerjaan *deep cement mixing*

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan (Rp)			
			PT Keller Ground Indonesia	PT Leekang Jaya Konstruksi	PT Geotekindo	PT Pratama Widya Tbk
1	Mob demob	Set	1.580.000.000	2.400.000.000	760.000.000	275.000.000
2	Site management	Ls	2.800.000.000	2.000.000.000	350.000.000	-
3	Mobilisasi Lokal	Trip	380.000.000	-	-	18.000.000
4	Pekerjaan DCM	m ³	470.000	510.000	510.000	470.000
5	Biaya Coring	m'	950.000	925.000	750.000	750.000
6	Biaya UCS	Nos	350.000	320.000	320.000	320.000

- Menghitung rata-rata hasil mutu pekerjaan *deep cement mixing* dan menyimpulkan mengenai ketercapaian penerimaan hasil dengan standar penerimaan pemilik proyek 1-3 MPa pada pengujian uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) dari setiap subkontraktor. Rumus untuk menemukan nilai kuat tekan bebas dapat dilihat pada persamaan

$$Q_u = \frac{P}{A} \quad (3.5)$$

Q_u = Kuat tekan bebas (N/mm² atau MPa)

P = Beban (N)

A = Luas penampang sampel (mm²)

5. Menyimpulkan hubungan antara waktu, biaya, dan mutu mengenai efisiensi pada pekerjaan deep cement mixing antar subkontraktor.



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Waktu Pekerjaan *Deep Cement Mixing*

Pekerjaan *deep cement mixing* untuk analisis waktu pekerjaan menggunakan data realisasi harian pekerjaan dari awal hingga selesai pekerjaan. Setiap subkontraktor memiliki area kerja yang berbeda-beda.

4.1.1. Realisasi pekerjaan *deep cement mixing* oleh PT. Keller Ground

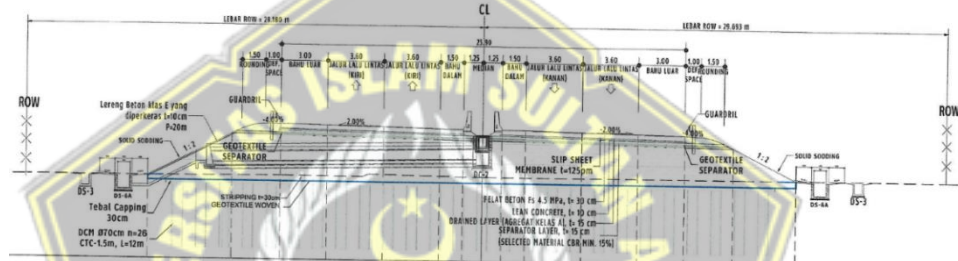
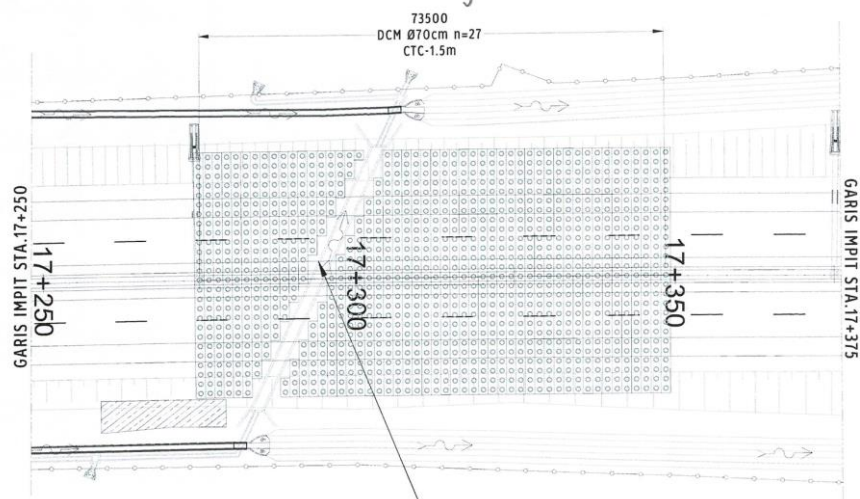
Indonesia

Pekerjaan *deep cement mixing* oleh PT. Keller Ground Indonesia telah dilaksanakan pada 5 lokasi dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Lampiran 2 yang kemudian dapat dijelaskan sebagai berikut

1. STA 17+450 – 17+550 dilaksanakan dari tanggal 18 Oktober 2024 sampai dengan 28 November 2024
2. STA 17+250 – 17+350 dilaksanakan dari tanggal 18 November 2024 sampai dengan 12 Desember 2024
3. STA 19+150 – 19+250 dilaksanakan dari tanggal 21 Desember 2024 sampai dengan 2 Januari 2025
4. STA 19+650 – 19+670 dilaksanakan dari tanggal 4 Januari 2025 sampai dengan 9 Januari 2025
5. Ramp 4+250 – Ramp 4+300 dilaksanakan dari tanggal 6 Januari 2025 sampai dengan 11 Januari 2025

Tabel 4.1 Realisasi pekerjaan *deep cement mixing* yang dikerjakan oleh PT. Keller Ground Indonesia

Lokasi Pekerjaan	Progres Realisasi Pekerjaan Deep Cement Mixing (m3)						
	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7
	18-24 Okt	25-31 Okt	1-7 Nov	8-14 Nov	15-21 Nov	22-28 Nov	29 Nov - 5 Des
Sta. 17+450 - Sta. 17+550	86,205	794,759	1.324,798	1.245,636	1.396,988	1.868,084	-
Sta. 17+250 - Sta. 17+350	-	-	-	-	609,575	1.097,821	4.502,688
Sta. 19+150 - Sta. 19+250	-	-	-	-	-	-	-
Sta. 19+650 - Sta. 19+670	-	-	-	-	-	-	-
Ramp 4+250 - Ramp 4+300	-	-	-	-	-	-	-
Lokasi Pekerjaan	Minggu 8	Minggu 9	Minggu 10	Minggu 11	Minggu 12	Minggu 13	Jumlah Vol (m3)
	6-12 Des	13-19 Des	20-26 Des	27 Des - 2 Jan	3-9 Jan	10-11 Jan	
Sta. 17+450 - Sta. 17+550	-	-	-	-	-	-	6.716,471
Sta. 17+250 - Sta. 17+350	1.338,083	-	-	-	-	-	7.548,167
Sta. 19+150 - Sta. 19+250	-	-	2.537,138	3.405,109	-	-	5.942,247
Sta. 19+650 - Sta. 19+670	-	-	-	-	1.199,986	-	1.199,986
Ramp 4+250 - Ramp 4+300	-	-	-	-	1.416,445	1.003,676	2.420,122
Total Volume Pekerjaan							23.826,992



Berdasarkan realisasi pekerjaan DCM yang dikerjakan oleh PT. Keller Ground Indonesia pada 5 lokasi yang dimulai pada tanggal 18 Oktober 2024 sampai dengan 11 Januari 2025 dengan jumlah hari kerja 85. PT Keller Ground Indonesia dapat menyelesaikan volume pekerjaan 23.826,992 m³ yang dilaksanakan dengan 2 alat bor yaitu dengan alat pertama dengan 1 axis dan alat ke dua dengan 2 axis seperti gambar 4.3. Penunjang pekerjaan pengeboran juga dilakukan pekerjaan penunjang diantaranya mobilisasi dan demobilisasi alat, *site management* mobilisasi lokal pemindahan alat antar STA, coring untuk pengambilan sampel benda uji, dan pengujian UCS. Gambar 4.1 dan 4.2 merupakan gambar pola titik pekerjaan DCM yang selanjutnya keseluruhan gambar *sitemplan*



**Gambar 4.3 Alat *drilling rig* pengeboran DCM PT Keller Ground
Indonesia**

4.1.2. Realisasi pekerjaan *deep cement mixing* oleh PT Leekang Jaya Konstruksi

Pekerjaan deep cemen mixing yang dilakukan oleh PT. Leekang Jaya Konstruksi terdiri dari 6 lokasi pekerjaan yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Lampiran 2 dengan rincian lokasi yaitu

1. STA 16+550 - STA 16+650 dilaksanakan dari tanggal 9 September 2024 sampai dengan 26 Oktober 2024
2. STA 16+650 - STA 16+750 dilaksanakan dari tanggal 30 September 2024 sampai dengan 9 Oktober 2024
3. STA 16+650 - STA 16+750 dilaksanakan dari tanggal 5 November 2024 sampai dengan 16 November 2024
4. STA 18+700 - STA 18+800 dilaksanakan dari tanggal 17 November 2024 sampai dengan 28 November 2024
5. STA 18+825 - STA 18+950 dilaksanakan dari tanggal 28 November 2024 sampai dengan 15 Desember 2024
6. STA 19+050 - STA 19+150 dilaksanakan dari tanggal 18 Desember 2024 sampai dengan 3 Januari 2024

Tabel 4.2 Realisasi pekerjaan DCM oleh PT. Leekang Jaya Konstruksi

Lokasi Pekerjaan	Progres Realisasi Pekerjaan Deep Cement Mixing (m3)						
	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7
	9-15 Sep	16-22 Sep	23-29 Sep	30 Sep - 6 Okt	7-13 Okt	14-20 Okt	21-27 Okt
STA 16+550 - STA 16+650	10,006	81,264	473,806	-	1.240,433	2.113,846	1.950,249
STA 16+650 - STA 16+750	-	-	-	3.067,154	1.570,926	-	-
STA 18+600 - STA 18+700	-	-	-	-	-	-	-
STA 18+700 - STA 18+800	-	-	-	-	-	-	-
STA 18+825 - STA 18+950	-	-	-	-	-	-	-
STA 19+050 - STA 19+150	-	-	-	-	-	-	-
Lokasi Pekerjaan	Minggu 8	Minggu 9	Minggu 10	Minggu 11	Minggu 12	Minggu 13	Minggu 14
	28 Okt - 3 Nov	4-10 Nov	11-17 Nov	18-24 Okt	25 Okt - 1 Des	2-8 Des	9-15 Des
STA 16+550 - STA 16+650	-	-	-	-	-	-	-
STA 16+650 - STA 16+750	-	-	-	-	-	-	-
STA 18+600 - STA 18+700	-	2.085,537	3.313,409	-	-	-	-
STA 18+700 - STA 18+800	-	-	397,329	3.708,098	1.067,245	-	-
STA 18+825 - STA 18+950	-	-	-	-	2.107,897	2.638,521	2.798,732
STA 19+050 - STA 19+150	-	-	-	-	-	-	-
Lokasi Pekerjaan	Minggu 15	Minggu 16	Minggu 17	Jumlah Vol			
	16-22 Des	23-29 Des	30 Des -3 Jan	(m3)			
STA 16+550 - STA 16+650	-	-	-	5.869,604			
STA 16+650 - STA 16+750	-	-	-	4.638,080			
STA 18+600 - STA 18+700	-	-	-	5.398,946			
STA 18+700 - STA 18+800	-	-	-	5.172,672			
STA 18+825 - STA 18+950	-	-	-	7.545,150			
STA 19+050 - STA 19+150	1.116,590	1.396,049	1.056,346	3.568,984			
Total Volume Pekerjaan (m3)				32.193,436			

PT Leekang Jaya Konstruksi melakukan pekerjaan DCM dengan menggunakan satu alat dengan 4 axis (4 *rig drilling*) seperti yang terlihat pada Gambar 4.4. Semua pekerjaan DCM yang dilakukan oleh PT Leekang Jaya Konstruksi dikerjakan dalam waktu 24 jam dengan sistem *shifting* pekerja. Pekerjaan DCM untuk menunjang progres tentunya ada pekerjaan yang menunjang lainnya diantaranya mobdemob alat, pekerjaan *preliminaries*, *coring*, dan pengujian UCS. PT Leekang Jaya Konstruksi melakukan pekerjaan DCM pada 6 lokasi kerja dilaksanakan dari tanggal 9 September 2024 sampai dengan 3 Januari 2025 dengan total durasi kerja 116 hari dan volume pekerjaan 32.193,436 m³.



Gambar 4.4 Pekerjaan DCM oleh PT Leekang Jaya Konstruksi

4.1.3. Realisasi pekerjaan *deep cement mixing* oleh PT Geotekindo

Pekerjaan *deep cemen mixing* yang dilakukan oleh PT Geotekindo terdiri dari 4 lokasi pekerjaan yang dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Lampiran 2 dengan rincian lokasi yaitu

1. STA 19+800 – STA 19+850 dilaksanakan mulai tanggal 7 Desember 2024 sampai dengan 22 Desember 2024
2. STA 19+750 – STA 19+800 dilaksanakan mulai tanggal 22 Desember 2024 sampai dengan 25 Desember 2024
3. STA 19+700 – STA 19+750 dilaksanakan mulai tanggal 25 Desember 2024 sampai dengan 3 Januari 2025
4. STA 19+670 – STA 19+700 dilaksanakan mulai tanggal 4 Januari 2025 sampai dengan 7 Januari 2025

Tabel 4.3 Realisasi pekerjaan DCM oleh PT Geotekindo

Lokasi Pekerjaan	Progres Realisasi Pekerjaan Deep Cement Mixing (m3)					Jumlah Vol (m3)
	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	
	7-13 Des	14-20 Des	21-27 Des	28 Des-3 Jan	4-7 Jan	
STA 19+800 - STA 19+850	428,333	3.448,212	979,046	-	-	4.855,591
STA 19+750 - STA 19+800	-	-	2.210,550	-	-	2.210,550
STA 19+700 - STA 19+750	-	-	1.249,977	3.389,716	-	4.639,693
STA 19+670 - STA 19+700	-	-	-	-	1.581,713	1.581,713
Total Volume Pekerjaan (m3)						13.287,547

Pekerjaan DCM yang dilakukan oleh PT Geotekindo menggunakan 2 alat *deep mixing rig* dengan masing-masing 2 axis (2 *rig drilling*) seperti gambar 4.5. Pekerjaan ini diselesaikan dalam waktu 31 hari kerja dengan menghasilkan volume pekerjaan sebesar 13.287,547 m³.



Gambar 4 5 Pekejaan DCM oleh PT Geotekindo

4.1.4. Realisasi pekerjaan *deep cement mixing* oleh PT Pratama Widya Tbk

Pekerjaan *deep cemen mixing* yang dilakukan oleh PT Pratama Widya Tbk di STA 19+075 – STA 19+125 pekerjaan yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Lampiran 2 dengan rincian lokasi dilaksanakan mulai tanggal 3 Desember 2024 sampai dengan 4 Januari 2025. Pekerjaan DCM yang dilakukan oleh PT Pratama Widya Tbk ini dikerjakan dalam waktu 32 hari kerja menghasilkan volume pekerjaan sebesar 2.755,603 m³. Pekerjaan DCM ini dikerjakan dengan menggunakan 1 alat *deep mixing rig* dengan masing-masing 1 *axis* (1 *rig drilling*) seperti gambar 4.6.

Tabel 4.4 Realisasi pekerjaan DCM oleh PT Pratama Widya Tbk

Lokasi Pekerjaan	Progres Realisasi Pekerjaan Deep Cement Mixing (m3)					Jumlah Vol (m3)
	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	
	3-9 Des	10-16 Des	17-23 Des	24-30 Des	31 Des-4 Jan	
STA 19+075 - STA 19+125	337,141	559,902	446,080	879,937	532,544	2.755,603
Total Volume Pekerjaan (m3)						2.755,603



Gambar 4.6 Alat bor DCM oleh PT Pratama Widya Tbk

4.2 Analisis Produktivitas Pekerjaan *Deep Cement Mixing*

Pada pekerjaan *deep cement mixing* ini untuk analisis produktivitas pekerjaan menggunakan rumus 3.1 dengan rincian sebagai berikut:

1. Produktivitas pekerjaan *deep cement mixing* yang dikerjakan oleh PT Keller Ground Indonesia

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Waktu Pekerjaan}} \\ &= \frac{23.826,992}{85} \\ &= 280,32 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

2. Produktivitas pekerjaan *deep cement mixing* yang dikerjakan oleh PT Leekang Jaya Konstruksi

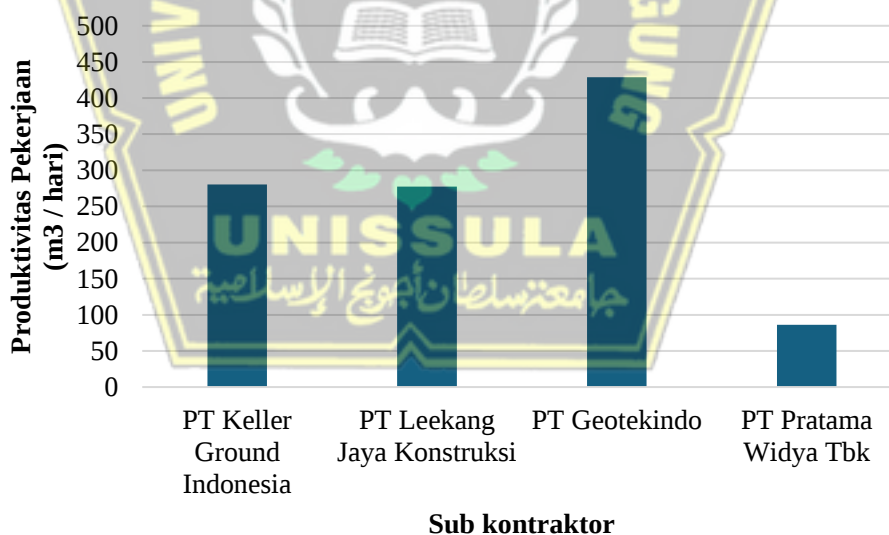
$$\begin{aligned}\text{Produktivitas} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Waktu Pekerjaan}} \\ &= \frac{32.193,436}{116} \\ &= 277,53 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

3. Produktivitas pekerjaan *deep cement mixing* yang dikerjakan oleh PT Geotekindo

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Waktu Pekerjaan}} \\ &= \frac{13.287,547}{31} \\ &= 428,63 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

4. Produktivitas pekerjaan *deep cement mixing* yang dikerjakan oleh PT Pratama Widya Tbk

$$\begin{aligned}\text{Produktivitas} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Waktu Pekerjaan}} \\ &= \frac{2.755,603}{32} \\ &= 86,11 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$



Gambar 4.7 Perbandingan produktivitas pekerjaan DCM antar sub kontraktor

Berdasarkan Gambar 4.7 mengenai perbandingan produktivitas pekerjaan *deep cement mixing* subkontraktor PT Geotekindo memiliki produktivitas pekerjaan yang paling tinggi yaitu 428,63 m³ / hari dengan menggunakan 2 alat *deep mixing*

rig dengan masing-masing 2 *axis*. Sedangkan produktivitas paling rendah ditunjukkan pekerjaan yang dikerjakan oleh PT Pratama Widya Tbk dengan 86,11 m³ / hari yang menggunakan 1 alat *deep mixing rig* dengan 1 *axis*.

4.3 Analisis Biaya Pekerjaan *Deep Cement Mixing*

4.3.1. Analisis Biaya Pekerjaan *Deep Cement Mixing* oleh PT Keller Ground Indonesia

Pekerjaan *deep cement mixing* yang dilakukan oleh PT Keller Ground Indonesia meliputi pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi alat pengeboran dari Malaysia, *Site management*, mobilisasi lokal alat serta silo sement, pekerjaan DCM, pekerjaan *coring*, dan pekerjaan pengujian UCS.

- a. Pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi alat (Mob demob alat)

$$\begin{aligned} \text{Biaya mob demob alat} &= 2 \times \text{Rp } 1.580.000.000 \\ &= \text{Rp } 3.160.000.000 \end{aligned}$$
- b. Biaya *site management* yang terhitung dalam bentuk *lumpsum*

$$\begin{aligned} \text{Biaya site management} &= 2 \times \text{Rp } 2.800.000.000 \\ &= \text{Rp } 2.800.000.000 \end{aligned}$$
- c. Biaya mobilisasi lokal perpindahan alat dan silo sement antar STA

$$\begin{aligned} \text{Biaya mobilisasi lokal} &= 1 \times \text{Rp } 380.000.000 \\ &= \text{Rp } 380.000.000 \end{aligned}$$
- d. Biaya pekerjaan DCM dalam m³ berdasarkan realisasi pekerjaan

$$\begin{aligned} \text{Biaya pekerjaan DCM} &= 23.826,992 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 470.000 / \text{m}^3 \\ &= \text{Rp } 11.198.686.075 \end{aligned}$$
- e. Biaya pekerjaan *coring* dalam satuan m'

$$\begin{aligned} \text{Biaya pekerjaan coring} &= 1.092 \text{ m}' \times \text{Rp } 950.000 / \text{m}' \\ &= \text{Rp } 1.037.400.000 \end{aligned}$$
- f. Biaya pengujian UCS per sampel benda uji dengan 120 titik *coring* dan 5 sampel benda uji untuk setiap titik *coring*

$$\begin{aligned} \text{Biaya pengujian UCS} &= 600 \times \text{Rp } 350.000 \\ &= \text{Rp } 210.000.000 \end{aligned}$$

Sehingga total biaya pekerjaan DCM oleh PT Keller Ground Indonesia yaitu

$$\text{Total biaya pekerjaan} = \sum_a^f \text{biaya}$$

$$\begin{aligned}
&= 3.160.000.000 + 2.800.000.000 + 380.000.000 + \\
&\quad 11.198.686.075 + 1.037.400.000 + 210.000.000 \\
&= \text{Rp } 18.786.086.075 \\
\text{Biaya per m}^3 &= \frac{\text{Total biaya Pekerjaan}}{\text{Volume Pekerjaan}} (\text{Rp} / \text{m}^3) \\
&= \frac{18.786.086.075}{23.826,992} \\
&= \text{Rp } 788.437
\end{aligned}$$

4.3.2. Analisis Biaya Pekerjaan *Deep Cement Mixing* oleh PT Leekang Jaya Konstruksi

Pekerjaan *deep cement mixing* yang dilakukan oleh PT Leekang Jaya Konstruksi meliputi pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi alat pengeboran dari Malaysia dan Korea, *Preliminaries Work*, pekerjaan DCM, pekerjaan *coring*, dan pekerjaan pengujian UCS.

- Pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi alat (Mob demob alat)
 Biaya mob demob alat = $1 \times \text{Rp } 2.400.000.000$
 = $\text{Rp } 2.400.000.000$
- Biaya *preliminaries work* yang terhitung dalam bentuk *lumpsum*
 Biaya *preliminaries work* = $1 \times \text{Rp } 2.000.000.000$
 = $\text{Rp } 2.000.000.000$
- Biaya pekerjaan DCM dalam m^3 berdasarkan realisasi pekerjaan
 Biaya pekerjaan DCM = $32.193,436 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 510.000 / \text{m}^3$
 = $\text{Rp } 16.418.652.360$
- Biaya pekerjaan *coring* dalam satuan m^3
 Biaya pekerjaan *coring* = $1.746 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 925.000 / \text{m}^3$
 = $\text{Rp } 1.615.050.000$
- Biaya pengujian UCS per sampel benda uji dengan 204 titik *coring* dan 5 sampel benda uji untuk setiap titik *coring*
 Biaya pengujian UCS = $1.020 \times \text{Rp } 320.000$
 = $\text{Rp } 326.400.000$

Sehingga total biaya pekerjaan DCM oleh PT Leekang Jaya Konstruksi yaitu

$$\text{Total biaya pekerjaan} = \sum_a^e \text{biaya}$$

$$\begin{aligned}
&= 2.400.000.000 + 2.000.000.000 + 16.418.652.360 \\
+ \\
&1.615.050.000 + 326.400.000 \\
&= \text{Rp } 22.760.102.360 \\
\text{Biaya per m}^3 &= \frac{\text{Total biaya Pekerjaan}}{\text{Volume Pekerjaan}} (\text{Rp} / \text{m}^3) \\
&= \frac{22.760.102.360}{32.193,436} \\
&= \text{Rp } 706.980
\end{aligned}$$

4.3.3. Analisis Biaya Pekerjaan *Deep Cement Mixing* oleh PT Geotekindo

Pekerjaan *deep cement mixing* yang dilakukan oleh PT Geotekindo meliputi pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi alat pengeboran, *site management*, pekerjaan DCM, pekerjaan *coring*, dan pekerjaan pengujian UCS.

- Pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi alat (Mob demob alat)
 Biaya mob demob alat = 2 x Rp 760.000.000
 = Rp 1.520.000.000
- Biaya *site management* yang terhitung dalam bentuk *lumpsum*
 Biaya *site management* = 1 x Rp 350.000.000
 = Rp 350.000.000
- Biaya pekerjaan DCM dalam m³ berdasarkan realisasi pekerjaan
 Biaya pekerjaan DCM = 13.287,547 m³ x Rp 510.000 / m³
 = Rp 6.776.648.970
- Biaya pekerjaan *coring* dalam satuan m'
 Biaya pekerjaan *coring* = 422 m' x Rp 750.000 / m'
 = Rp 316.500.000
- Biaya pengujian UCS per sampel benda uji dengan 56 titik *coring* dan 5 sampel benda uji untuk setiap titik *coring*
 Biaya pengujian UCS = 280 x Rp 320.000
 = Rp 89.600.000

Sehingga total biaya pekerjaan DCM oleh PT Geotekindo yaitu

$$\begin{aligned}
\text{Total biaya pekerjaan} &= \sum_a \text{biaya} \\
&= 1.520.000.000 + 350.000.000 + 6.776.648.970 + \\
&316.500.000 + 89.600.000
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \text{Rp } 9.052.748.970 \\
\text{Biaya per m}^3 &= \frac{\text{Total biaya Pekerjaan}}{\text{Volume Pekerjaan}} (\text{Rp} / \text{m}^3) \\
&= \frac{9.052.748.970}{13.287,547} \\
&= \text{Rp } 681.296
\end{aligned}$$

4.3.4. Analisis Biaya Pekerjaan *Deep Cement Mixing* oleh PT Pratama Widya Tbk

Pekerjaan *deep cement mixing* yang dilakukan oleh PT PT Pratama Widya Tbk meliputi pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi alat pengeboran, *site management*, pekerjaan DCM, pekerjaan *coring*, dan pekerjaan pengujian UCS.

- Pekerjaan mobilisasi dan demobilisasi alat (Mob demob alat)
 Biaya mob demob alat = 1 x Rp 275.000.000
 = Rp 275.000.000
- Biaya mobilisasi lokal perpindahan alat dan silo sement ke lokasi kerja
 Biaya mobilisasi lokal = 1 x Rp 18.000.000
 = Rp 18.000.000
- Biaya pekerjaan DCM dalam m³ berdasarkan realisasi pekerjaan
 Biaya pekerjaan DCM = 2.755,603 m³ x Rp 470.000 / m³
 = Rp 1.295.133.410
- Biaya pekerjaan *coring* dalam satuan m'
 Biaya pekerjaan coring = 132 m' x Rp 750.000 / m'
 = Rp 99.000.000
- Biaya pengujian UCS per sampel benda uji dengan 17 titik *coring* dan 5 sampel benda uji untuk setiap titik *coring*
 Biaya pengujian UCS = 85 x Rp 320.000
 = Rp 27.200.000

Sehingga total biaya pekerjaan DCM oleh PT Pratama Widya Tbk yaitu

$$\begin{aligned}
\text{Total biaya pekerjaan} &= \sum_a \text{biaya} \\
&= 275.000.000 + 18.000.000 + 1.295.133.410 + \\
&\quad 99.000.000 + 27.200.000 \\
&= \text{Rp } 1.714.333.410 \\
\text{Biaya per m}^3 &= \frac{\text{Total biaya Pekerjaan}}{\text{Volume Pekerjaan}} (\text{Rp} / \text{m}^3)
\end{aligned}$$

$$= \frac{1.714.333.410}{2.755,603}$$

$$= \text{Rp } 622.126$$

4.4 Analisis Mutu Pekerjaan *Deep Cement Mixing*

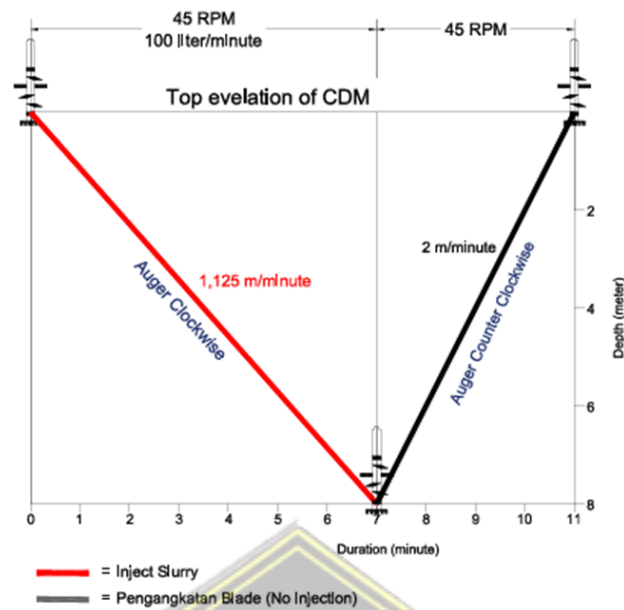
Setiap sub kontraktor untuk penggunaan material semen semua sama yaitu 175 kg/m³ seperti pada tabel 4.5 dan tabel 4.6. Penggunaan air yaitu dengan membuat sumur bor di area kerja *site mix* silo semen. Sehingga hal ini tidak ada yang membedakan dari penggunaan material untuk ketercapaian mutu pekerjaan yang baik. Setiap subkontraktor menggunakan acuan *penetration speed* 1 m/menit dan *lifting speed* 2 m/menit.

Tabel 4.5 Paramater pekerjaan *deep cement mixing* kedalaman 8 m

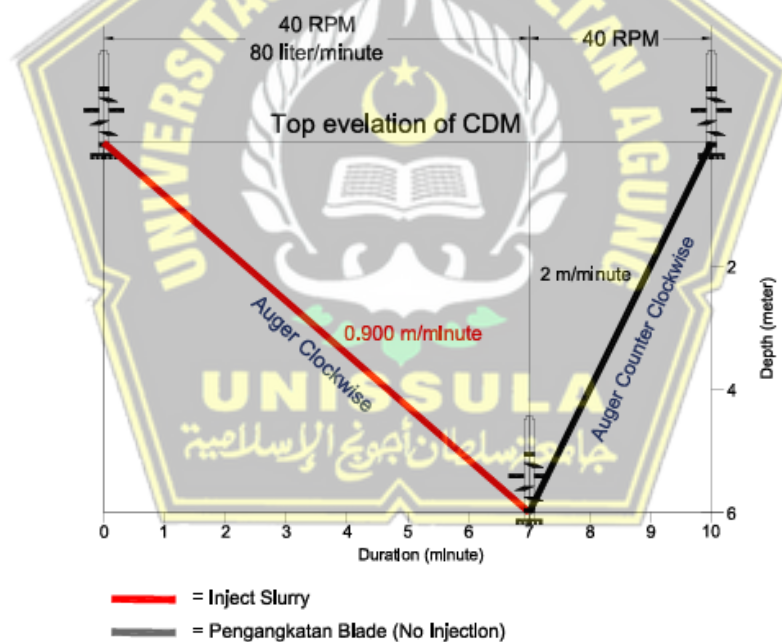
No	Mixing Parameter	Parameter
1	Target Diameter (m)	0,7
2	Depth (m)	8
3	Volume Ratio, VR (%)	23%
4	Cement Dosage (kg/m ³)	175
5	Q Slurry (Liter)	711
6	Blade Number	6
7	Water cement ratio	1,0
8	Flow Cement Slurry (liter/minute)	100
9	Penetration Blade Rotation RPM	45
10	Penetration speed (meter/minute)	1,125
11	Penetration Duration (minute)	7
12	Lifting blade rotation RPM	45
13	Lifting speed (meter/minute)	2
14	Lifting Duration (minute)	4
15	Total Duration (minute)	11

Tabel 4.6 Parameter pekerjaan *deep cement mixing* kedalaman 6 m

No	Mixing Parameter	Parameter
1	Target Diameter (m)	0,7
2	Depth (m)	6
3	Volume Ratio, VR (%)	23%
4	Cement Dosage (kg/m ³)	175
5	Q Slurry (Liter)	534
6	Blade Number	4
7	Water cement ratio	1,0
8	Flow Cement Slurry (liter/minute)	80
9	Penetration Blade Rotation RPM	40
10	Penetration speed (meter/minute)	0,900
11	Penetration Duration (minute)	7
12	Lifting blade rotation RPM	40
13	Lifting speed (meter/minute)	2
14	Lifting Duration (minute)	3
15	Total Duration (minute)	10



Gambar 4.8 Skema pengeboran pekerjaan *deep cement mixing* kedalaman 8 meter



Gambar 4.9 Skema pengeboran pekerjaan *deep cement mixing* kedalaman 6 meter

Setiap proses pengambilan benda uji untuk kuat tekan bebas dilakukan coring sedalam kolom *deep cement mixing* sesuai pada gambar 4.10. Hasil pengambilan sampel *coring* diambil masing-masing 5 benda uji pada kedalaman 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dapat dilihat pada gambar 4.11. Hasil benda uji tersebut nantinya akan dilakukan uji kuat tekan bebas pada umur ke 28 hari



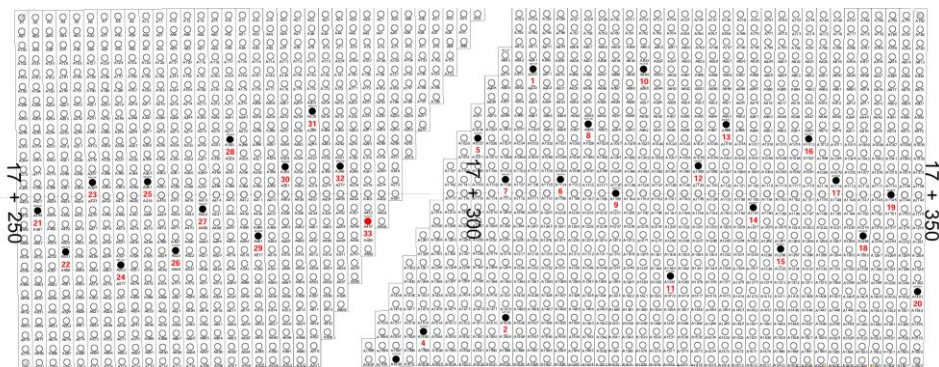
Gambar 4.10 Pekerjaan *coring* untuk pengambilan sampel benda uji



Gambar 4.11 Sampel benda uji setelah diambil dari *coring*

4.4.1. Analisis mutu pekerjaan *deep cement mixing* oleh PT Keller Ground Indonesia

Dalam melakukan analisis mutu pekerjaan *deep cement mixing*, pengujian ini dilakukan dengan melakukan *coring* pada titik kolom semen yang dengan mengambil 5 benda uji masing-masing pada kedalaman 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%. Pengujian ini dilakukan pada umur ke 28 hari dengan melakukan pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test/UCS*). Titik pengambilan *coring* dapat dilihat pada gambar 4.12 dan proses pengujian UCS sesuai dengan gambar 4.13.



Gambar 4.12 Titik *coring* pengambilan sampel benda uji dari PT Keller Ground Indonesia



Gambar 4.13 Proses pengujian UCS

Tabel 4.7 Hasil Sampel Pengujian UCS PT Keller Ground Indonesia pada titik B1937

Kode Sampel Benda Uji	Tanggal DCM	Tanggal Coring	Tanggal Pengujian	Umur (days)	Berat (gram)	Luas (cm ²)	P (kg)	Sample Stress (kg/cm ²)	Sample Stress (MPa)
B1937 (T6); 20% 1,6m	25/10/2024	20/11/2024	22/11/2024	28	532,54	27,48	640,8	23,32	2,287
B1937 (T6); 40% 3,2m	25/10/2024	20/11/2024	22/11/2024	28	479,56	26,33	877,4	33,32	3,268
B1937 (T6); 60% 4,8m	25/10/2024	20/11/2024	22/11/2024	28	490,22	26,97	788,6	29,24	2,868
B1937 (T6); 80% 6,4m	25/10/2024	20/11/2024	22/11/2024	28	540,10	27,86	852,7	30,61	3,001
B1937 (T6); 100% 8,0m	25/10/2024	20/11/2024	22/11/2024	28	504,47	27,98	783,7	28,01	2,747
Rata-Rata								2,834	

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat diuraikan bahwa hasil pengujian UCS pada Titik B1937 dengan kedalaman *coring* 8 meter dapat dijelaskan bahwa hasilnya sebagai berikut:

Hasil UCS pada kedalaman 20% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{640,8}{27,48}$$

$$= 23,32 \text{ kg/cm}^2 \approx 2,287 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 40% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{877,4}{26,33}$$

$$= 33,32 \text{ kg/cm}^2 \approx 3,268 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 60% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{788,6}{26,97}$$

$$= 29,24 \text{ kg/cm}^2 \approx 2,868 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 80% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{852,7}{27,86}$$

$$= 30,61 \text{ kg/cm}^2 \approx 3,001 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 100% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{783,7}{28,01}$$

$$= 28,01 \text{ kg/cm}^2 \approx 2,747 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Sehingga rata-rata Q_u pengujian UCS di titik B1937 yaitu

$$Q_{u \text{ rata-rata}} = \frac{2,287 + 3,268 + 2,868 + 3,001 + 2,747}{5}$$

$$= 2,834 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Selanjutnya untuk keseluruhan hasil pengujian UCS oleh PT Keller Ground Indonesia dapat dijelaskan pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Hasil Pengujian UCS PT Keller Ground Indonesia

No	Lokasi STA	Titik Coring	Kedalaman (m)	Hasil Pengujian UCS pada Kedalaman Coring (MPa)					Rata-Rata Hasil UCS (MPa)	Keterangan Standar $\geq 1 \text{ Mpa}$
				20%	40%	60%	80%	100%		
1	17+450 - 17+550	B1977	8,0	1,649	1,907	2,624	2,609	3,543	2,467	Hasil diterima
2	17+450 - 17+550	B1937	8,0	2,287	3,268	2,868	3,001	2,747	2,834	Hasil diterima
3	17+450 - 17+550	B2157	8,0	5,276	1,017	2,625	3,994	2,862	3,155	Hasil diterima
4	17+450 - 17+550	B2232	8,0	1,873	2,769	2,629	4,849	4,270	3,278	Hasil diterima
5	17+450 - 17+550	B1825	8,0	1,497	3,471	1,341	6,289	3,053	3,130	Hasil diterima
6	17+450 - 17+550	B1754	8,0	2,577	5,092	3,397	3,070	2,733	3,374	Hasil diterima
7	17+450 - 17+550	B1813	8,0	3,302	2,857	2,185	2,832	6,158	3,467	Hasil diterima
8	17+450 - 17+550	B2300	8,0	2,160	2,027	2,865	2,051	1,759	2,172	Hasil diterima
9	17+450 - 17+550	B2220	8,0	3,046	2,896	2,779	4,024	2,524	3,054	Hasil diterima
10	17+450 - 17+550	B2111	8,0	3,046	2,290	1,286	1,871	1,945	2,088	Hasil diterima
11	17+450 - 17+550	B2147	8,0	2,728	1,615	3,216	3,179	2,897	2,727	Hasil diterima
12	17+450 - 17+550	B2364	8,0	2,369	3,395	2,164	2,029	4,264	2,844	Hasil diterima
13	17+450 - 17+550	B2649	8,0	1,866	2,759	2,119	4,904	1,454	2,621	Hasil diterima

No	Lokasi STA	Titik Coring	Kedalaman (m)	Hasil Pengujian UCS pada Kedalaman Coring (MPa)					Rata-Rata Hasil UCS (MPa)	Keterangan Standar ≥1 Mpa
				20%	40%	60%	80%	100%		
14	17+450 - 17+550	B2818	8,0	3,546	3,142	2,268	3,200	3,077	3,047	Hasil diterima
15	17+450 - 17+550	B1868	8,0	3,111	1,737	1,569	1,691	1,867	1,995	Hasil diterima
16	17+450 - 17+550	B2064	8,0	1,367	1,581	2,155	1,325	2,091	1,704	Hasil diterima
17	17+450 - 17+550	B2214	8,0	2,374	1,439	1,135	1,584	1,521	1,611	Hasil diterima
18	17+450 - 17+550	B2135	8,0	2,877	2,597	2,292	2,947	2,934	2,729	Hasil diterima
19	17+450 - 17+550	B2328	8,0	1,865	2,315	1,922	2,439	1,684	2,045	Hasil diterima
20	17+450 - 17+550	B2655	8,0	1,010	1,042	2,910	3,951	1,573	2,097	Hasil diterima
21	17+450 - 17+550	B2824	8,0	3,359	2,242	1,742	1,093	1,426	1,972	Hasil diterima
22	17+450 - 17+550	B2914	8,0	2,320	2,097	1,600	2,465	2,683	2,233	Hasil diterima
23	17+450 - 17+550	B3262	8,0	2,601	3,008	2,622	3,841	1,221	2,659	Hasil diterima
24	17+450 - 17+550	B3411	8,0	1,747	2,092	2,488	3,324	1,304	2,191	Hasil diterima
25	17+450 - 17+550	B3282	8,0	2,000	1,232	2,790	1,034	2,481	1,907	Hasil diterima
26	17+450 - 17+550	B3200	8,0	3,319	3,558	4,404	2,889	2,924	3,419	Hasil diterima
27	17+450 - 17+550	B3522	8,0	2,508	2,837	1,928	2,415	1,554	2,249	Hasil diterima
28	17+450 - 17+550	B3669	8,0	3,698	1,815	2,016	1,767	1,720	2,203	Hasil diterima
29	17+450 - 17+550	B3449	8,0	1,283	2,039	4,158	3,922	3,117	2,904	Hasil diterima
30	17+450 - 17+550	B3582	8,0	2,225	1,614	1,342	2,915	1,237	1,867	Hasil diterima
31	17+450 - 17+550	B3741	8,0	2,720	3,027	3,796	4,326	3,850	3,544	Hasil diterima
32	17+450 - 17+550	B3370	8,0	3,858	3,528	4,466	3,287	3,304	3,688	Hasil diterima
33	17+250 - 17+350	A872	12,0	1,837	3,307	3,224	2,195	1,672	2,447	Hasil diterima
34	17+250 - 17+350	A1037	12,0	3,109	2,829	4,039	4,039	1,924	3,188	Hasil diterima
35	17+250 - 17+350	A1138	12,0	3,582	4,099	2,151	3,976	1,604	3,082	Hasil diterima
36	17+250 - 17+350	A1509	12,0	3,414	2,449	1,641	2,072	2,829	2,481	Hasil diterima
37	17+250 - 17+350	A1638	12,0	3,514	2,195	2,219	1,752	1,259	2,188	Hasil diterima
38	17+250 - 17+350	A1555	12,0	1,309	1,768	1,404	1,339	1,797	1,523	Hasil diterima
39	17+250 - 17+350	A1134	12,0	1,819	2,705	4,103	4,608	3,283	3,303	Hasil diterima
40	17+250 - 17+350	A996	12,0	1,285	1,944	1,737	2,150	2,797	1,983	Hasil diterima
41	17+250 - 17+350	A1165	12,0	1,342	4,028	1,666	2,955	2,093	2,417	Hasil diterima
42	17+250 - 17+350	A454	12,0	3,536	1,400	1,366	1,560	2,558	2,084	Hasil diterima
43	17+250 - 17+350	B3486	8,0	1,552	2,755	2,243	2,126	2,437	2,222	Hasil diterima
44	17+250 - 17+350	A531	12,0	1,551	1,081	3,109	1,620	1,282	1,729	Hasil diterima
45	17+250 - 17+350	A395	12,0	3,898	1,420	2,638	3,709	2,441	2,821	Hasil diterima
46	17+250 - 17+350	A552	12,0	4,009	2,300	4,062	2,785	4,902	3,612	Hasil diterima
47	17+250 - 17+350	A391	12,0	2,970	1,596	3,486	1,360	3,869	2,656	Hasil diterima
48	17+250 - 17+350	A864	12,0	2,155	4,225	2,933	4,974	2,060	3,269	Hasil diterima
49	17+250 - 17+350	A523	12,0	3,805	1,679	4,115	2,440	3,306	3,069	Hasil diterima
50	17+250 - 17+350	A1401	12,0	2,768	1,651	4,676	2,184	2,146	2,685	Hasil diterima
51	17+250 - 17+350	A442	12,0	3,500	2,820	3,737	1,376	1,348	2,556	Hasil diterima
52	17+250 - 17+350	A300	12,0	2,371	2,110	4,756	2,741	3,731	3,142	Hasil diterima
53	17+250 - 17+350	A1255	12,0	4,023	2,566	4,552	3,004	1,363	3,102	Hasil diterima
54	17+250 - 17+350	A1145	12,0	2,547	1,612	1,991	2,637	1,391	2,035	Hasil diterima
55	17+250 - 17+350	A491	12,0	2,661	4,428	4,463	3,374	1,560	3,297	Hasil diterima
56	17+250 - 17+350	A1013	12,0	3,660	5,964	2,414	3,568	3,029	3,727	Hasil diterima
57	17+250 - 17+350	A1114	12,0	2,729	2,198	1,446	1,777	2,632	2,156	Hasil diterima
58	17+250 - 17+350	A1191	12,0	2,249	2,069	2,742	2,835	1,829	2,345	Hasil diterima
59	17+250 - 17+350	A1298	12,0	1,836	1,465	2,291	1,367	1,928	1,778	Hasil diterima
60	17+250 - 17+350	A986	12,0	1,922	1,201	1,946	3,173	1,855	2,019	Hasil diterima
61	17+250 - 17+350	A353	12,0	1,592	1,282	1,285	1,211	1,486	1,371	Hasil diterima
62	17+250 - 17+350	A235	12,0	3,409	2,748	2,555	1,667	3,287	2,733	Hasil diterima
63	17+250 - 17+350	A349	12,0	3,418	2,461	3,929	1,602	2,793	2,841	Hasil diterima
64	17+250 - 17+350	A1089	12,0	3,049	2,819	1,687	2,068	2,364	2,398	Hasil diterima
65	17+250 - 17+350	A457	12,0	3,227	1,541	1,952	3,985	2,288	2,598	Hasil diterima
66	17+250 - 17+350	A1381	12,0	3,048	1,576	1,448	2,644	2,242	2,192	Hasil diterima
67	19+150 - 19+250	E11935	8,0	1,257	1,359	1,785	1,334	2,393	1,626	Hasil diterima
68	19+150 - 19+250	E11542	8,0	1,213	2,235	3,010	1,350	1,437	1,849	Hasil diterima
69	19+150 - 19+250	E13138	8,0	5,454	1,747	3,575	4,552	2,923	3,650	Hasil diterima
70	19+150 - 19+250	E14460	8,0	1,598	1,880	1,237	1,129	1,300	1,429	Hasil diterima
71	19+150 - 19+250	E14725	8,0	3,093	1,502	1,541	3,465	3,406	2,601	Hasil diterima
72	19+150 - 19+250	E12614	8,0	1,605	1,843	1,049	1,206	1,813	1,503	Hasil diterima
73	19+150 - 19+250	E13280	8,0	1,775	4,437	2,876	3,440	1,160	2,738	Hasil diterima
74	19+150 - 19+250	E14074	8,0	1,551	1,152	1,448	1,150	1,485	1,357	Hasil diterima
75	19+150 - 19+250	E14689	8,0	3,805	1,787	1,494	1,908	1,680	2,135	Hasil diterima
76	19+150 - 19+250	E13418	8,0	1,418	1,406	2,602	2,877	1,120	1,885	Hasil diterima
77	19+150 - 19+250	E12496	8,0	1,877	2,452	2,547	1,280	1,447	1,921	Hasil diterima

No	Lokasi STA	Titik Coring	Kedalaman (m)	Hasil Pengujian UCS pada Kedalaman Coring (MPa)					Rata-Rata Hasil UCS (MPa)	Keterangan Standar ≥ 1 Mpa
				20%	40%	60%	80%	100%		
78	19+150 - 19+250	E14082	8,0	1,743	1,861	1,272	1,524	1,573	1,595	Hasil diterima
79	19+150 - 19+250	E12262	8,0	1,685	1,362	1,358	1,153	1,917	1,495	Hasil diterima
80	19+150 - 19+250	E13556	8,0	4,679	2,988	2,078	1,727	1,856	2,666	Hasil diterima
82	19+150 - 19+250	E13296	8,0	1,954	1,646	1,899	1,885	2,158	1,908	Hasil diterima
83	19+150 - 19+250	E12506	8,0	1,912	2,198	1,492	1,727	1,260	1,718	Hasil diterima
84	19+150 - 19+250	E13844	8,0	1,487	2,155	2,315	1,412	1,773	1,828	Hasil diterima
85	19+150 - 19+250	E11164	8,0	1,210	1,937	2,505	1,687	1,722	1,812	Hasil diterima
86	19+150 - 19+250	E10902	8,0	1,554	2,250	1,748	2,002	1,182	1,747	Hasil diterima
87	19+150 - 19+250	E12248	8,0	1,574	1,942	1,805	2,399	1,516	1,847	Hasil diterima
88	19+150 - 19+250	E13834	8,0	1,470	2,679	1,418	1,765	2,344	1,935	Hasil diterima
89	19+150 - 19+250	E14713	8,0	1,340	2,352	1,724	1,109	1,140	1,533	Hasil diterima
90	19+150 - 19+250	E13046	8,0	1,430	1,341	1,340	3,012	2,170	1,859	Hasil diterima
91	19+150 - 19+250	E10804	8,0	4,686	1,865	1,042	1,556	1,257	2,081	Hasil diterima
92	19+150 - 19+250	E11202	8,0	3,049	2,415	1,174	1,095	2,148	1,976	Hasil diterima
93	19+150 - 19+250	E10792	8,0	2,362	1,261	2,422	2,658	1,110	1,963	Hasil diterima
94	19+150 - 19+250	E11190	8,0	2,385	1,106	1,276	2,076	2,059	1,780	Hasil diterima
95	19+650 - 19+670	F16240	8,0	2,714	3,434	3,133	2,058	1,203	2,508	Hasil diterima
96	19+650 - 19+670	F16068	8,0	3,750	2,542	3,051	1,494	1,387	2,445	Hasil diterima
97	19+650 - 19+670	F15987	8,0	1,064	2,723	1,835	1,383	3,482	2,097	Hasil diterima
98	19+650 - 19+670	F15755	8,0	3,404	2,473	2,434	2,148	1,633	2,418	Hasil diterima
99	19+650 - 19+670	F15496	8,0	1,764	2,156	1,800	1,529	3,672	2,184	Hasil diterima
100	19+650 - 19+670	F15930	8,0	2,596	2,956	3,262	1,832	4,613	3,052	Hasil diterima
101	19+650 - 19+670	F15281	8,0	3,092	3,302	2,693	1,879	1,265	2,446	Hasil diterima
102	4+200 - 4+300	H21072	8,0	4,348	1,908	1,851	3,774	1,189	2,614	Hasil diterima
103	4+200 - 4+300	H20962	8,0	2,492	3,341	2,026	1,581	2,867	2,462	Hasil diterima
104	4+200 - 4+300	H20859	8,0	1,544	1,931	1,034	1,669	1,179	1,471	Hasil diterima
105	4+200 - 4+300	H20717	8,0	4,279	2,931	3,411	1,815	1,477	2,782	Hasil diterima
106	4+200 - 4+300	H20827	8,0	3,640	2,392	2,284	3,691	2,531	2,907	Hasil diterima
107	4+200 - 4+300	H20901	8,0	1,173	1,800	1,560	1,609	2,238	1,676	Hasil diterima
108	4+200 - 4+300	H20760	8,0	4,009	2,727	2,035	1,969	3,047	2,757	Hasil diterima
109	4+200 - 4+300	H20654	8,0	3,080	1,762	1,889	2,007	1,863	2,120	Hasil diterima
110	4+200 - 4+300	H20764	8,0	4,146	3,196	2,786	2,273	1,970	2,874	Hasil diterima
111	4+200 - 4+300	H20978	8,0	3,234	3,328	3,370	2,089	3,421	3,088	Hasil diterima
112	4+200 - 4+300	H20875	8,0	2,075	2,131	1,363	3,263	3,621	2,491	Hasil diterima
113	4+200 - 4+300	H20697	8,0	1,704	2,898	2,192	1,111	3,117	2,204	Hasil diterima
114	4+200 - 4+300	H20843	8,0	3,221	2,430	1,751	3,030	1,632	2,413	Hasil diterima
115	4+200 - 4+300	H20773	8,0	1,935	2,600	2,290	1,712	2,104	2,128	Hasil diterima
116	4+200 - 4+300	H20667	8,0	2,699	1,642	2,405	1,957	1,377	2,016	Hasil diterima
117	4+200 - 4+300	H20741	8,0	2,064	2,905	2,516	3,655	3,824	2,993	Hasil diterima
118	4+200 - 4+300	H20851	8,0	2,408	2,148	2,602	1,711	1,145	2,003	Hasil diterima
119	4+200 - 4+300	H20745	8,0	1,343	2,953	1,471	1,964	3,225	2,191	Hasil diterima
120	4+200 - 4+300	H20891	8,0	3,662	4,207	2,695	2,932	2,068	3,113	Hasil diterima
Jumlah			1,092,0						288,336	

Berdasarkan Tabel 4.8 menunjukkan bahwa pengujian mutu pekerjaan dengan pengujian UCS telah memenuhi syarat keterima pekerjaan yaitu minimal ≥ 1 MPa. Rata-rata keseluruhan hasil pengujian UCS yaitu

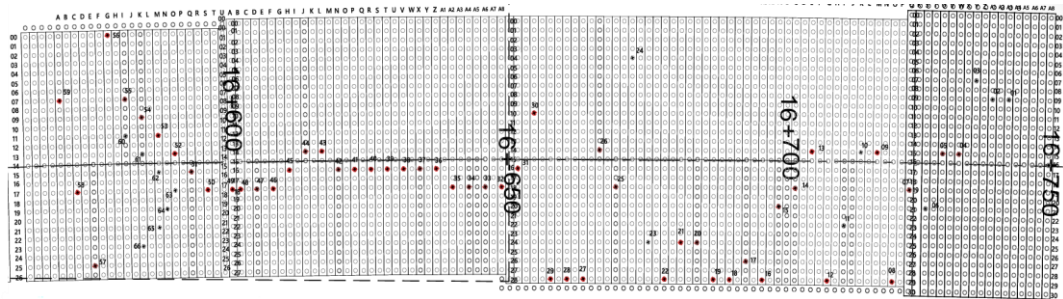
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{rata-rata}} &= \frac{288,336}{120} \\
 &= 2,403 \text{ MPa} \geq 1 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

4.4.2. Analisis mutu pekerjaan *deep cement mixing* oleh PT Leekang Jaya

Konstruksi

Pengujian UCS yang dilakukan oleh PT Leekang Jaya Konstruksi mengambil titik *coring* sejumlah 204 dengan sampel benda uji sebanyak 1.020. Pengujian benda uji

dilakukan pada umur 28 hari sejak selesai dikerjakan *deep cement mixing*. Dapat dilihat pada tabel 4.9. mengenai hasil pengujian UCS pada titik coring A.07 dan untuk titik *coring* sesuai dengan gambar 4.14.



Gambar 4.14 Titik *coring* untuk pengambilan sampel benda uji PT Leekang Jaya Konstruksi

Tabel 4.9 Pengujian UCS sampel benda uji A.07 PT Leekang Jaya Konstruksi

Kode Sampel Benda Uji	Tanggal DCM	Tanggal Coring	Tanggal Pengujian	Umur (days)	Berat (gram)	Luas (cm ²)	P (kg)	Sample Stress (kg/cm ²)	Sample Stress (MPa)
59.A.07 1.6m / 20%	26/09/2024	22/10/2024	24/10/2024	28	301,70	19,63	247,9	12,63	1,238
59.A.07 3.2m / 40%	26/09/2024	22/10/2024	24/10/2024	28	319,81	19,63	333,7	17,00	1,667
59.A.07 4.8m / 60%	26/09/2024	22/10/2024	24/10/2024	28	319,94	19,63	257,4	13,12	1,286
59.A.07 6.4m / 80%	26/09/2024	22/10/2024	24/10/2024	28	312,13	19,63	581,6	29,63	2,905
59.A.07 8m / 100%	26/09/2024	22/10/2024	24/10/2024	28	337,40	19,63	301,9	15,38	1,508
Rata-Rata								1,721	

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat diuraikan bahwa hasil pengujian UCS pada Titik A07 dengan kedalaman *coring* 8 meter dapat dijelaskan bahwa hasilnya sebagai berikut:

Hasil UCS pada kedalaman 20% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{247,9 \text{ kg}}{19,63 \text{ cm}^2}$$

$$= 12,63 \text{ kg/cm}^2 \approx 1,238 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 40% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{333,7 \text{ kg}}{19,63 \text{ cm}^2}$$

$$= 17,00 \text{ kg/cm}^2 \approx 1,667 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 60% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{257,4 \text{ kg}}{19,63 \text{ cm}^2}$$

$$= 13,12 \text{ kg/cm}^2 \approx 1,286 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 80% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{581,6 \text{ kg}}{19,63 \text{ cm}^2}$$

$$= 29,63 \text{ kg/cm}^2 \approx 2,905 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 100% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{301,9 \text{ kg}}{19,63 \text{ cm}^2}$$

$$= 15,38 \text{ kg/cm}^2 \approx 1,508 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Sehingga rata-rata Q_u pengujian UCS di titik A07 yaitu

$$Q_{u \text{ rata-rata}} = \frac{1,238+1,667+1,286+2,905+1,508}{5}$$

$$= 1,721 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Selanjutnya untuk keseluruhan hasil pengujian UCS yang dilakukan oleh PT Leekang Jaya Konstruksi dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil pengujian UCS keseluruhan lokasi pekerjaan PT Leekang Jaya Konstruksi

No	Lokasi STA	Titik Coring	Kedalaman (m)	Hasil Pengujian UCS pada Kedalaman Coring (MPa)					Rata-Rata Hasil UCS (MPa)	Keterangan Standar $\geq 1 \text{ Mpa}$
				20%	40%	60%	80%	100%		
1	16+550 - 16+750	A.07	8,0	1,238	1,667	1,286	2,905	1,508	1,721	Hasil diterima
2	16+550 - 16+750	E.25	8,0	4,255	1,286	1,508	2,191	2,302	2,308	Hasil diterima
3	16+550 - 16+750	C.17	8,0	4,620	4,477	1,588	1,651	2,731	3,013	Hasil diterima
4	16+550 - 16+750	G.0	8,0	4,620	4,779	4,810	4,620	4,636	4,693	Hasil diterima
5	16+550 - 16+750	A3.09	8,0	1,683	2,858	4,922	3,969	3,382	3,363	Hasil diterima
6	16+550 - 16+750	A1.09	8,0	2,297	1,873	3,022	1,748	1,498	2,088	Hasil diterima
7	16+550 - 16+750	Y.07	8,0	1,998	1,124	2,123	2,123	2,397	1,953	Hasil diterima
8	16+550 - 16+750	W.15	8,0	4,017	2,508	2,588	3,175	1,588	2,775	Hasil diterima
9	16+550 - 16+750	U.15	8,0	2,080	1,921	1,921	4,048	1,985	2,391	Hasil diterima
10	16+550 - 16+750	S.25	8,0	2,604	2,302	3,239	2,286	1,270	2,340	Hasil diterima
11	16+550 - 16+750	Q.19	8,0	2,778	3,890	2,905	2,207	3,667	3,089	Hasil diterima
12	16+550 - 16+750	O.28	8,0	2,143	1,000	1,524	1,111	1,873	1,530	Hasil diterima
13	16+550 - 16+750	M.14	8,0	5,557	2,112	3,810	4,287	3,874	3,928	Hasil diterima
14	16+550 - 16+750	K.14	8,0	1,524	4,207	2,397	2,127	3,937	2,839	Hasil diterima
15	16+550 - 16+750	I.22	8,0	2,699	1,270	2,302	1,175	4,318	2,353	Hasil diterima
16	16+550 - 16+750	G.28	8,0	1,159	2,556	2,159	2,143	3,286	2,261	Hasil diterima
17	16+550 - 16+750	E.14	8,0	2,572	5,477	3,286	4,953	4,731	4,204	Hasil diterima
18	16+550 - 16+750	C.18	8,0	2,572	2,302	1,889	1,191	2,223	2,035	Hasil diterima
19	16+550 - 16+750	A.20	8,0	3,207	3,302	4,255	5,747	4,525	4,207	Hasil diterima
20	16+550 - 16+750	A6.28	12,0	2,699	0,984	1,588	1,826	2,493	1,918	Hasil diterima
21	16+550 - 16+750	A4.26	12,0	4,810	3,524	3,143	2,810	2,858	3,429	Hasil diterima

No	Lokasi STA	Titik Coring	Kedalaman (m)	Hasil Pengujian UCS pada Kedalaman Coring (MPa)					Rata-Rata Hasil UCS (MPa)	Keterangan Standar ≥ 1 Mpa
				20%	40%	60%	80%	100%		
22	16+550 - 16+750	A2.28	12,0	3,302	2,397	4,001	5,588	4,953	4,048	Hasil diterima
23	16+550 - 16+750	Z.28	12,0	1,715	4,969	5,461	4,731	1,270	3,629	Hasil diterima
24	16+550 - 16+750	X.24	12,0	4,001	2,270	2,127	4,652	1,016	2,813	Hasil diterima
25	16+550 - 16+750	V.24	12,0	2,508	3,953	1,000	3,826	1,778	2,613	Hasil diterima
26	16+550 - 16+750	T.28	12,0	1,032	1,254	1,286	1,318	1,334	1,245	Hasil diterima
27	16+550 - 16+750	R.24	12,0	3,747	3,524	4,128	3,667	3,556	3,725	Hasil diterima
28	16+550 - 16+750	P.04	12,0	2,731	2,937	1,286	1,699	2,810	2,293	Hasil diterima
29	16+550 - 16+750	N.18	12,0	1,429	1,619	1,603	1,635	5,303	2,318	Hasil diterima
30	16+550 - 16+750	L.14	12,0	3,620	2,016	2,334	3,524	2,048	2,708	Hasil diterima
31	16+550 - 16+750	J.28	12,0	1,302	4,128	2,096	2,635	3,112	2,654	Hasil diterima
32	16+550 - 16+750	H.28	12,0	4,017	2,524	3,461	3,953	2,270	3,245	Hasil diterima
33	16+550 - 16+750	F.28	12,0	1,143	1,318	1,111	2,191	2,937	1,740	Hasil diterima
34	16+550 - 16+750	D.10	12,0	2,699	3,524	2,381	2,651	5,001	3,251	Hasil diterima
35	16+550 - 16+750	B.16	12,0	1,476	2,381	3,890	3,509	3,731	2,997	Hasil diterima
36	16+550 - 16+750	A8.18	12,0	4,922	4,191	2,508	2,350	1,619	3,118	Hasil diterima
37	16+550 - 16+750	A6.18	12,0	2,000	1,588	2,064	2,429	1,413	1,899	Hasil diterima
38	16+550 - 16+750	A4.18	12,0	3,540	4,048	3,636	3,652	1,746	3,324	Hasil diterima
39	16+550 - 16+750	A2.18	12,0	3,842	2,127	4,477	4,810	4,017	3,855	Hasil diterima
40	16+550 - 16+750	Z.16	12,0	3,937	4,160	4,795	4,128	3,255	4,055	Hasil diterima
41	16+550 - 16+750	X.16	12,0	4,128	3,159	3,334	3,747	3,509	3,575	Hasil diterima
42	16+550 - 16+750	V.16	12,0	3,667	4,842	4,795	4,842	4,937	4,617	Hasil diterima
43	16+550 - 16+750	T.16	12,0	4,953	3,953	2,762	1,921	2,413	3,201	Hasil diterima
44	16+550 - 16+750	R.16	12,0	3,509	3,953	4,080	3,413	3,906	3,772	Hasil diterima
45	16+550 - 16+750	P.16	12,0	3,937	1,302	2,143	1,222	1,746	2,070	Hasil diterima
46	16+550 - 16+750	N.16	12,0	4,239	2,302	4,112	3,302	2,874	3,366	Hasil diterima
47	16+550 - 16+750	L.14	12,0	4,795	4,731	4,858	4,779	1,699	4,172	Hasil diterima
48	16+550 - 16+750	J.14	12,0	2,731	4,382	4,096	4,302	4,271	3,956	Hasil diterima
49	16+550 - 16+750	H.16	12,0	2,413	2,651	3,667	4,826	4,239	3,559	Hasil diterima
50	16+550 - 16+750	F.18	12,0	2,461	4,937	4,477	2,239	4,652	3,753	Hasil diterima
51	16+550 - 16+750	D.18	12,0	1,635	1,873	1,905	1,619	0,984	1,603	Hasil diterima
52	16+550 - 16+750	B.18	12,0	2,302	2,477	4,922	2,191	1,286	2,635	Hasil diterima
53	16+550 - 16+750	A.18	12,0	3,397	2,810	2,620	3,572	4,064	3,293	Hasil diterima
54	16+550 - 16+750	S.17	8,0	3,874	4,842	4,858	3,239	3,223	4,007	Hasil diterima
55	16+550 - 16+750	Q.15	8,0	1,715	1,699	1,207	1,556	3,429	1,921	Hasil diterima
56	16+550 - 16+750	O.13	8,0	2,874	4,763	4,779	3,604	4,398	4,083	Hasil diterima
57	16+550 - 16+750	M.11	8,0	2,286	1,016	4,096	2,127	4,223	2,750	Hasil diterima
58	16+550 - 16+750	K.09	8,0	1,461	1,254	4,398	4,795	1,619	2,705	Hasil diterima
59	16+550 - 16+750	I.07	8,0	4,429	1,318	1,588	2,731	1,000	2,213	Hasil diterima
60	16+550 - 16+750	I.08	8,0	4,779	4,287	4,779	3,937	4,445	4,445	Hasil diterima
61	16+550 - 16+750	G.11	8,0	4,128	4,001	2,445	4,128	2,064	3,353	Hasil diterima
62	16+550 - 16+750	E.14	8,0	4,271	1,540	4,112	4,223	3,985	3,626	Hasil diterima
63	16+550 - 16+750	C.16	8,0	4,302	4,239	2,540	3,810	3,048	3,588	Hasil diterima
64	16+550 - 16+750	A.19	8,0	2,874	3,048	2,461	4,477	4,223	3,417	Hasil diterima
65	16+550 - 16+750	A5.09	8,0	3,620	4,144	3,953	3,223	3,461	3,680	Hasil diterima
66	16+550 - 16+750	A7.09	8,0	4,096	3,842	4,096	3,413	4,001	3,890	Hasil diterima
67	18+600 - 18+950	G.25	8,0	4,906	4,795	5,382	3,302	4,795	4,636	Hasil diterima
68	18+600 - 18+950	I.27	8,0	3,477	4,302	4,937	3,016	4,239	3,994	Hasil diterima
69	18+600 - 18+950	K.29	8,0	2,778	4,906	3,255	4,731	4,128	3,960	Hasil diterima
70	18+600 - 18+950	G.15	8,0	3,572	2,651	1,334	4,128	2,112	2,759	Hasil diterima
71	18+600 - 18+950	I.13	8,0	4,160	2,413	2,794	4,207	3,906	3,496	Hasil diterima
72	18+600 - 18+950	M.25	8,0	4,350	4,747	4,255	4,080	4,445	4,375	Hasil diterima
73	18+600 - 18+950	K.15	8,0	3,699	3,239	2,921	3,921	4,033	3,563	Hasil diterima
74	18+600 - 18+950	O.23	8,0	4,223	3,223	4,255	4,080	4,398	4,036	Hasil diterima
75	18+600 - 18+950	Q.21	8,0	3,286	2,953	2,588	1,730	3,112	2,734	Hasil diterima
76	18+600 - 18+950	S.19	8,0	4,175	4,318	3,921	4,175	4,001	4,118	Hasil diterima
77	18+600 - 18+950	U.17	8,0	3,826	4,112	3,207	3,858	3,667	3,734	Hasil diterima
78	18+600 - 18+950	W.15	8,0	2,715	4,001	3,779	3,683	1,413	3,118	Hasil diterima
79	18+600 - 18+950	Y.19	8,0	4,302	3,239	2,302	4,128	4,334	3,661	Hasil diterima
80	18+600 - 18+950	A1.21	8,0	4,064	2,683	3,921	4,382	3,921	3,794	Hasil diterima
81	18+600 - 18+950	A3.23	8,0	1,159	2,572	2,889	3,048	4,445	2,823	Hasil diterima
82	18+600 - 18+950	A5.07	8,0	4,191	4,112	3,953	4,191	4,302	4,150	Hasil diterima
83	18+600 - 18+950	A.08	8,0	3,715	4,191	3,620	2,747	2,905	3,436	Hasil diterima
84	18+600 - 18+950	C.10	8,0	3,826	3,921	3,858	4,223	4,048	3,975	Hasil diterima

No	Lokasi STA	Titik Coring	Kedalaman (m)	Hasil Pengujian UCS pada Kedalaman Coring (MPa)					Rata-Rata Hasil UCS (MPa)	Keterangan Standar ≥1 Mpa
				20%	40%	60%	80%	100%		
85	18+600 - 18+950	E.12	8,0	4,255	3,953	3,699	3,842	3,477	3,845	Hasil diterima
86	18+600 - 18+950	G.14	8,0	4,350	1,524	4,604	1,873	3,747	3,220	Hasil diterima
87	18+600 - 18+950	I.16	8,0	3,302	3,779	1,889	4,302	4,017	3,458	Hasil diterima
88	18+600 - 18+950	K.20	8,0	4,160	3,763	3,874	3,270	3,858	3,785	Hasil diterima
89	18+600 - 18+950	M.14	8,0	3,683	3,810	4,112	3,921	3,953	3,896	Hasil diterima
90	18+600 - 18+950	O.12	8,0	3,890	3,937	3,747	3,413	2,937	3,585	Hasil diterima
91	18+600 - 18+950	Q.09	8,0	3,223	4,033	3,921	4,017	2,731	3,585	Hasil diterima
92	18+600 - 18+950	S.07	8,0	4,064	4,175	4,033	3,858	4,160	4,058	Hasil diterima
93	18+600 - 18+950	U.9	8,0	4,017	4,064	3,842	4,175	3,969	4,013	Hasil diterima
94	18+600 - 18+950	W.03	8,0	2,874	3,906	2,286	4,080	3,858	3,401	Hasil diterima
95	18+600 - 18+950	Y.01	8,0	2,318	3,842	4,144	3,779	3,715	3,559	Hasil diterima
96	18+600 - 18+950	A1.05	8,0	2,127	4,191	3,382	2,223	2,969	2,978	Hasil diterima
97	18+600 - 18+950	A3.09	8,0	3,858	4,144	3,810	2,874	4,191	3,775	Hasil diterima
98	18+600 - 18+950	A5.13	8,0	4,239	3,794	3,302	4,033	4,112	3,896	Hasil diterima
99	18+600 - 18+950	A7.19	8,0	3,937	2,778	3,969	3,779	4,207	3,734	Hasil diterima
100	18+600 - 18+950	A.20	8,0	2,699	4,017	4,001	4,160	4,080	3,791	Hasil diterima
101	18+600 - 18+950	C.22	8,0	3,572	4,048	4,144	3,636	4,096	3,899	Hasil diterima
102	18+600 - 18+950	E.15	8,0	2,239	3,985	4,271	3,826	1,619	3,188	Hasil diterima
103	18+600 - 18+950	G.25	8,0	3,731	2,794	3,588	3,874	3,461	3,490	Hasil diterima
104	18+600 - 18+950	I.27	8,0	3,715	3,397	3,683	3,937	3,763	3,699	Hasil diterima
105	18+600 - 18+950	K.17	8,0	3,667	3,683	3,572	3,652	3,699	3,655	Hasil diterima
106	18+600 - 18+950	M.13	8,0	3,604	3,461	2,921	3,540	3,461	3,397	Hasil diterima
107	18+600 - 18+950	O.09	8,0	3,747	4,255	3,255	3,556	3,604	3,683	Hasil diterima
108	18+600 - 18+950	Q.05	8,0	3,270	1,826	3,016	2,064	2,620	2,559	Hasil diterima
109	18+600 - 18+950	S.01	8,0	2,016	3,445	3,731	3,890	3,556	3,328	Hasil diterima
110	18+600 - 18+950	U.07	8,0	3,715	2,239	1,524	3,683	2,794	2,791	Hasil diterima
111	18+600 - 18+950	W.09	8,0	4,382	2,000	3,763	3,953	3,810	3,582	Hasil diterima
112	18+600 - 18+950	Y.13	8,0	3,842	3,159	1,794	2,826	2,889	2,902	Hasil diterima
113	18+600 - 18+950	A1.17	8,0	3,826	2,731	3,858	3,874	2,985	3,455	Hasil diterima
114	18+600 - 18+950	A3.21	8,0	2,810	3,858	3,858	1,794	3,080	3,080	Hasil diterima
115	18+600 - 18+950	A5.23	8,0	1,826	2,302	1,746	1,746	1,175	1,759	Hasil diterima
116	18+600 - 18+950	A.25	8,0	3,604	3,779	2,572	2,302	3,779	3,207	Hasil diterima
117	18+600 - 18+950	C.21	8,0	1,270	2,762	3,715	4,096	3,890	3,147	Hasil diterima
118	18+600 - 18+950	E.19	8,0	2,064	1,778	4,175	3,302	3,397	2,943	Hasil diterima
119	18+600 - 18+950	G.15	8,0	1,508	1,826	1,588	4,033	1,572	2,105	Hasil diterima
120	18+600 - 18+950	I.09	8,0	2,572	3,874	2,461	2,413	4,366	3,137	Hasil diterima
121	18+600 - 18+950	K.11	8,0	3,223	2,461	2,127	2,445	1,937	2,439	Hasil diterima
122	18+600 - 18+950	M.13	8,0	1,985	2,508	1,826	1,588	3,255	2,232	Hasil diterima
123	18+600 - 18+950	O.15	8,0	2,524	2,731	3,270	2,302	1,492	2,464	Hasil diterima
124	18+600 - 18+950	Q.15	8,0	2,540	2,699	1,619	1,000	3,286	2,229	Hasil diterima
125	18+600 - 18+950	S.17	8,0	1,873	2,016	2,635	1,064	3,318	2,181	Hasil diterima
126	18+600 - 18+950	U.19	8,0	3,699	3,255	2,921	1,143	1,730	2,550	Hasil diterima
127	18+600 - 18+950	W.21	8,0	3,937	3,858	4,207	2,604	4,064	3,734	Hasil diterima
128	18+600 - 18+950	Y.23	8,0	2,366	2,762	2,842	3,683	3,858	3,102	Hasil diterima
129	18+600 - 18+950	A1.19	8,0	1,651	3,779	1,556	1,461	2,921	2,273	Hasil diterima
130	18+600 - 18+950	A3.13	8,0	3,604	3,874	2,000	3,334	1,826	2,928	Hasil diterima
131	18+600 - 18+950	A5.05	8,0	3,096	3,890	1,588	2,540	2,572	2,737	Hasil diterima
132	18+600 - 18+950	A7.05	8,0	3,048	2,731	3,493	2,286	4,128	3,137	Hasil diterima
133	18+600 - 18+950	A.05	8,0	2,778	2,842	2,937	4,207	3,413	3,236	Hasil diterima
134	18+600 - 18+950	C.07	8,0	3,890	3,874	3,969	4,080	4,223	4,007	Hasil diterima
135	18+600 - 18+950	E.07	8,0	3,906	3,937	3,794	3,207	4,160	3,801	Hasil diterima
136	18+600 - 18+950	G.23	8,0	3,143	2,651	4,048	4,207	3,588	3,528	Hasil diterima
137	18+600 - 18+950	I.13	8,0	3,572	2,254	3,350	3,572	2,620	3,074	Hasil diterima
138	18+600 - 18+950	K.07	8,0	3,302	1,238	3,493	2,064	1,985	2,416	Hasil diterima
139	18+600 - 18+950	M.11	8,0	2,461	2,350	2,572	2,493	1,588	2,293	Hasil diterima
140	18+600 - 18+950	O.11	8,0	2,270	1,730	2,143	1,619	1,270	1,807	Hasil diterima
141	18+600 - 18+950	Q.15	8,0	1,730	2,064	1,508	2,239	3,128	2,134	Hasil diterima
142	18+600 - 18+950	B.07	8,0	3,016	4,048	2,048	3,572	3,810	3,299	Hasil diterima
143	18+600 - 18+950	D.09	8,0	3,969	3,334	2,143	3,255	3,493	3,239	Hasil diterima
144	18+600 - 18+950	F.15	8,0	2,159	3,382	4,287	2,699	2,286	2,962	Hasil diterima
145	18+600 - 18+950	H.07	8,0	2,064	3,969	3,874	1,953	1,143	2,601	Hasil diterima
146	18+600 - 18+950	J.13	8,0	3,143	4,080	1,492	2,397	2,096	2,642	Hasil diterima
147	18+600 - 18+950	L.07	8,0	4,033	2,461	3,016	4,064	2,937	3,302	Hasil diterima
148	18+600 - 18+950	N.11	8,0	3,969	4,048	2,762	2,032	1,651	2,893	Hasil diterima

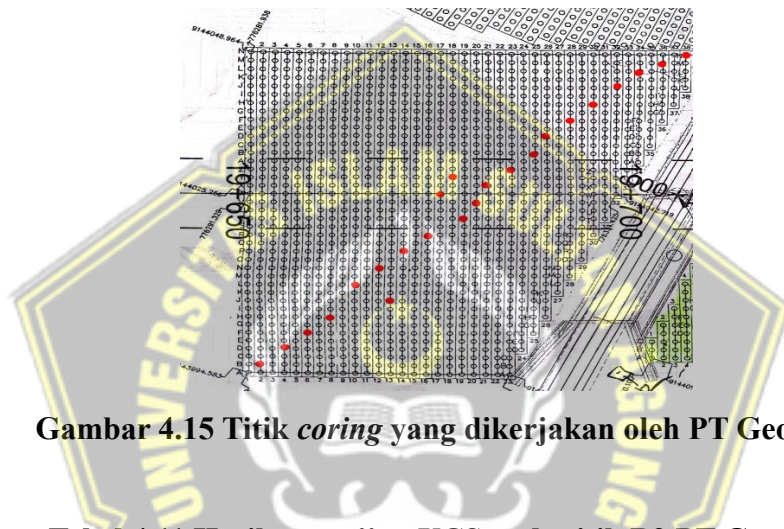
No	Lokasi STA	Titik Coring	Kedalaman (m)	Hasil Pengujian UCS pada Kedalaman Coring (MPa)					Rata-Rata Hasil UCS (MPa)	Keterangan Standar ≥ 1 Mpa
				20%	40%	60%	80%	100%		
149	18+600 - 18+950	P.17	8,0	3,731	1,635	3,953	1,794	4,064	3,036	Hasil diterima
150	18+600 - 18+950	R.21	8,0	4,033	3,334	3,906	3,080	3,096	3,490	Hasil diterima
151	18+600 - 18+950	T.25	8,0	4,033	2,937	4,080	2,842	1,826	3,143	Hasil diterima
152	18+600 - 18+950	V.21	8,0	3,175	1,826	2,604	2,191	2,143	2,388	Hasil diterima
153	18+600 - 18+950	X.11	8,0	1,889	1,127	2,175	4,048	4,001	2,648	Hasil diterima
154	18+600 - 18+950	Z.07	8,0	4,017	4,033	1,572	2,191	1,730	2,708	Hasil diterima
155	18+600 - 18+950	A2.07	8,0	4,001	4,096	4,064	4,017	4,033	4,042	Hasil diterima
156	18+600 - 18+950	A4.09	8,0	3,985	3,858	3,016	3,937	4,048	3,769	Hasil diterima
157	18+600 - 18+950	A6.13	8,0	3,969	3,937	3,937	4,048	4,064	3,991	Hasil diterima
158	18+600 - 18+950	B.17	8,0	3,937	4,064	2,524	4,033	3,715	3,655	Hasil diterima
159	18+600 - 18+950	D.17	8,0	1,588	3,985	3,937	3,985	3,874	3,474	Hasil diterima
160	18+600 - 18+950	F.19	8,0	3,985	3,779	4,048	2,000	3,191	3,401	Hasil diterima
161	18+600 - 18+950	H.21	8,0	1,746	3,810	4,128	4,144	3,366	3,439	Hasil diterima
162	18+600 - 18+950	J.23	8,0	2,699	1,381	3,461	3,953	2,858	2,870	Hasil diterima
163	18+600 - 18+950	L.25	8,0	3,636	3,953	4,223	4,048	4,302	4,033	Hasil diterima
164	18+600 - 18+950	N.23	8,0	4,001	1,667	2,937	4,128	3,191	3,185	Hasil diterima
165	18+600 - 18+950	P.21	8,0	3,969	4,096	2,223	4,033	4,175	3,699	Hasil diterima
166	18+600 - 18+950	R.19	8,0	3,302	2,683	3,064	4,080	4,144	3,455	Hasil diterima
167	18+600 - 18+950	T.17	8,0	4,001	4,255	4,302	4,064	4,096	4,144	Hasil diterima
168	18+600 - 18+950	V.15	8,0	2,254	1,540	1,032	1,381	4,144	2,070	Hasil diterima
169	18+600 - 18+950	X.13	8,0	3,826	2,286	2,731	3,096	2,429	2,874	Hasil diterima
170	18+600 - 18+950	A4.07	8,0	4,414	1,397	1,572	1,445	1,365	2,038	Hasil diterima
171	18+600 - 18+950	A6.07	8,0	2,334	4,033	1,064	4,112	4,128	3,134	Hasil diterima
172	18+600 - 18+950	D.07	8,0	2,350	3,016	3,826	3,350	2,016	2,912	Hasil diterima
173	18+600 - 18+950	F.07	8,0	1,699	1,635	1,349	2,191	2,985	1,972	Hasil diterima
174	18+600 - 18+950	H.09	8,0	2,683	1,524	1,111	3,731	1,127	2,035	Hasil diterima
175	18+600 - 18+950	J.11	8,0	4,080	2,127	1,349	3,921	1,588	2,613	Hasil diterima
176	18+600 - 18+950	L.13	8,0	2,540	4,080	1,667	1,048	4,001	2,667	Hasil diterima
177	18+600 - 18+950	N.15	6,0	1,365	1,619	2,794	1,461	1,556	1,759	Hasil diterima
178	18+600 - 18+950	P.17	6,0	2,556	3,397	1,826	2,731	1,175	2,337	Hasil diterima
179	18+600 - 18+950	R.19	6,0	4,096	4,112	4,080	3,985	1,080	3,471	Hasil diterima
180	18+600 - 18+950	A2.09	8,0	4,064	2,620	1,540	3,699	2,762	2,937	Hasil diterima
181	18+600 - 18+950	B.09	8,0	4,128	2,620	4,128	2,048	2,937	3,172	Hasil diterima
182	18+600 - 18+950	Z.11	8,0	4,191	3,143	2,429	4,271	2,969	3,401	Hasil diterima
183	19+050 - 19+150	A.08	6,0	1,556	1,746	1,778	1,842	2,620	1,908	Hasil diterima
184	19+050 - 19+150	C.12	6,0	2,858	4,096	3,318	3,969	2,620	3,372	Hasil diterima
185	19+050 - 19+150	E.16	6,0	4,112	1,191	2,223	4,207	3,128	2,972	Hasil diterima
186	19+050 - 19+150	G.20	6,0	4,080	3,890	4,160	4,144	4,445	4,144	Hasil diterima
187	19+050 - 19+150	I.24	6,0	3,731	4,112	4,096	4,064	4,048	4,010	Hasil diterima
188	19+050 - 19+150	K.24	6,0	1,286	4,048	4,017	1,985	3,874	3,042	Hasil diterima
189	19+050 - 19+150	M.26	6,0	4,080	3,890	1,508	3,699	4,017	3,439	Hasil diterima
190	19+050 - 19+150	O.22	6,0	4,144	3,985	3,874	3,953	4,175	4,026	Hasil diterima
191	19+050 - 19+150	O.29	8,0	2,874	4,048	1,159	3,985	4,048	3,223	Hasil diterima
192	19+050 - 19+150	N.26	8,0	1,048	3,906	4,017	3,826	4,064	3,372	Hasil diterima
193	19+050 - 19+150	L.30	8,0	3,921	2,588	4,112	3,699	3,191	3,502	Hasil diterima
194	19+050 - 19+150	J.28	8,0	1,667	3,747	2,270	4,033	4,080	3,159	Hasil diterima
195	19+050 - 19+150	H.26	8,0	3,969	4,048	4,033	4,064	3,302	3,883	Hasil diterima
196	19+050 - 19+150	E.24	8,0	3,985	3,969	1,985	2,556	3,985	3,296	Hasil diterima
197	19+050 - 19+150	A7.12	8,0	3,350	3,382	3,969	3,953	3,937	3,718	Hasil diterima
198	19+050 - 19+150	A5.14	8,0	3,350	3,191	3,255	3,890	3,652	3,467	Hasil diterima
199	19+050 - 19+150	A4.28	8,0	3,874	3,890	3,572	3,985	3,763	3,817	Hasil diterima
200	19+050 - 19+150	A2.30	8,0	2,223	3,969	2,366	3,937	3,572	3,213	Hasil diterima
201	19+050 - 19+150	Y.20	8,0	3,445	3,477	3,334	3,588	3,667	3,502	Hasil diterima
202	19+050 - 19+150	W.14	8,0	3,810	3,334	3,731	3,556	3,604	3,607	Hasil diterima
203	19+050 - 19+150	U.16	8,0	3,699	3,429	3,699	3,096	3,112	3,407	Hasil diterima
204	19+050 - 19+150	T.16	8,0	3,493	2,524	3,794	3,223	4,302	3,467	Hasil diterima
Jumlah			1.746,0						647,916	

Berdasarkan Tabel 4.10 menunjukkan bahwa pengujian mutu pekerjaan dengan pengujian UCS telah memenuhi syarat keterima pekerjaan yaitu minimal ≥ 1 MPa. Rata-rata keseluruhan hasil pengujian UCS yaitu

$$Q_{\text{rata-rata}} = \frac{647,916}{204} = 3,176 \text{ MPa} \geq 1 \text{ MPa}$$

4.4.3. Analisis mutu pekerjaan *deep cement mixing* oleh PT Geotekindo

Pengujian UCS yang dilakukan oleh PT Geotekindo mengambil titik *coring* sejumlah 56 dengan sampel benda uji sebanyak 280. Pengujian benda uji dilakukan pada umur 28 hari sejak selesai dikerjakan *deep cement mixing*. Dapat dilihat pada tabel 4.11 mengenai hasil pengujian UCS pada titik coring B.2 dan titik coring dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Titik *coring* yang dikerjakan oleh PT Geotekindo

Tabel 4.11 Hasil pengujian UCS pada titik B2 PT Geotekindo

Kode Sampel Benda Uji	Tanggal DCM	Tanggal Coring	Tanggal Pengujian	Umur (days)	Berat (gram)	Luas (cm ²)	P (kg)	Sample Stress (kg/cm ²)	Sample Stress (MPa)
1.B.2 / 20% 1.6 m	12/12/2024	06/01/2025	09/01/2025	28	255,85	19,63	212,9	10,85	1,064
1.B.2 / 40% 3.2 m	12/12/2024	06/01/2025	09/01/2025	28	256,64	19,63	556,2	28,34	2,778
1.B.2 / 60% 4.8 m	12/12/2024	06/01/2025	09/01/2025	28	256,38	19,63	489,4	24,94	2,445
1.B.2 / 80% 6.4 m	12/12/2024	06/01/2025	09/01/2025	28	260,95	19,63	702,3	35,79	3,509
1.B.2 / 100% 8 m	12/12/2024	06/01/2025	09/01/2025	28	261,07	19,63	286,0	14,57	1,429
Rata-Rata									2,245

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat diuraikan bahwa hasil pengujian UCS pada Titik B.2 dengan kedalaman *coring* 8 meter dapat dijelaskan bahwa hasilnya sebagai berikut:

Hasil UCS pada kedalaman 20% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{212,9 \text{ kg}}{19,63 \text{ cm}^2}$$

$$= 10,85 \text{ kg/cm}^2 \approx 1,064 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 40% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{556,2 \text{ kg}}{19,63 \text{ cm}^2}$$

$$= 28,34 \text{ kg/cm}^2 \approx 2,778 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 60% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{489,4 \text{ kg}}{19,63 \text{ cm}^2}$$

$$= 24,94 \text{ kg/cm}^2 \approx 2,445 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 80% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{702,3 \text{ kg}}{19,63 \text{ cm}^2}$$

$$= 35,79 \text{ kg/cm}^2 \approx 3,509 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 100% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{286 \text{ kg}}{19,63 \text{ cm}^2}$$

$$= 14,57 \text{ kg/cm}^2 \approx 1,429 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Sehingga rata-rata Q_u pengujian UCS di titik B.2 yaitu

$$Q_{u \text{ rata-rata}} = \frac{1,064 + 2,778 + 2,445 + 3,509 + 1,429}{5}$$

$$= 2,245 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Selanjutnya untuk keseluruhan hasil pengujian UCS yang dilakukan oleh PT Geotekindo dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil pengujian UCS yang dilakukan oleh PT Geotekindo

No	Titik Coring	Kedalaman (m)	Hasil Pengujian UCS pada Kedalaman Coring (MPa)					Rata Hasil (MPa)	Keterangan Standar ≥ 1 Mpa
			20%	40%	60%	80%	100%		
1	B.2	8,0	1,064	2,778	2,445	3,509	1,429	2,245	Hasil diterima
2	D.4	8,0	3,048	1,524	1,349	3,683	1,349	2,191	Hasil diterima
3	F.6	8,0	3,921	2,731	3,683	1,080	2,794	2,842	Hasil diterima
4	H.8	8,0	1,080	2,016	1,588	2,270	1,842	1,759	Hasil diterima
5	AT.14	8,0	3,937	3,620	2,683	1,746	3,080	3,013	Hasil diterima
6	J.13	8,0	1,445	2,270	2,366	3,826	2,254	2,432	Hasil diterima
7	AV.16	8,0	3,779	3,810	3,128	4,112	4,223	3,810	Hasil diterima
8	AX..19	8,0	2,159	2,461	4,048	3,715	4,080	3,293	Hasil diterima
9	L.10	8,0	4,048	4,128	4,207	4,160	4,239	4,156	Hasil diterima
10	N.12	8,0	2,413	4,207	1,302	2,429	3,636	2,797	Hasil diterima

No	Titik Coring	Kedalaman (m)	Hasil Pengujian UCS pada Kedalaman Coring (MPa)					Rata Hasil (MPa)	Keterangan Standar ≥ 1 Mpa
			20%	40%	60%	80%	100%		
11	BB.22	8,0	2,254	2,572	2,683	2,556	3,048	2,623	Hasil diterima
12	P.14	8,0	2,620	1,080	1,715	2,397	2,429	2,048	Hasil diterima
13	R.16	8,0	1,349	1,905	2,207	2,302	1,905	1,934	Hasil diterima
14	T.19	8,0	2,286	3,112	3,556	3,255	2,366	2,915	Hasil diterima
15	W.17	8,0	1,794	1,778	1,381	1,746	1,683	1,677	Hasil diterima
16	Y.18	8,0	3,985	2,112	4,048	4,128	1,651	3,185	Hasil diterima
17	Z'.20	8,0	1,905	3,413	3,556	3,763	4,096	3,347	Hasil diterima
18	AB.22	8,0	1,762	1,159	2,366	2,588	2,874	2,150	Hasil diterima
19	AZ.23	8,0	1,826	1,905	1,461	1,508	2,635	1,867	Hasil diterima
20	AD.24	8,0	2,540	1,540	3,445	2,762	3,096	2,677	Hasil diterima
21	BD.20	8,0	3,969	4,033	2,810	2,588	4,144	3,509	Hasil diterima
22	AF.27	8,0	2,223	2,493	3,969	1,858	2,508	2,610	Hasil diterima
23	AH.28	8,0	1,858	1,254	1,365	2,381	1,064	1,584	Hasil diterima
24	BF.18	8,0	1,667	1,556	2,032	1,778	1,461	1,699	Hasil diterima
25	BH.16	8,0	2,318	2,715	2,239	1,699	1,985	2,191	Hasil diterima
26	AJ.26	8,0	1,921	1,603	2,604	2,905	2,366	2,280	Hasil diterima
27	AL.25	8,0	3,302	4,017	1,667	2,381	2,524	2,778	Hasil diterima
28	BJ.16	8,0	3,382	1,540	1,222	1,270	1,826	1,848	Hasil diterima
29	BL.8	8,0	3,699	2,493	1,556	3,652	2,493	2,778	Hasil diterima
30	AN.23	8,0	4,112	1,143	4,048	2,127	2,937	2,874	Hasil diterima
31	BN.8	8,0	3,397	2,683	3,652	3,191	1,222	2,829	Hasil diterima
32	AP.20	8,0	4,080	4,001	3,953	3,826	4,048	3,982	Hasil diterima
33	BP.8	8,0	2,683	1,667	2,254	1,429	2,937	2,194	Hasil diterima
34	AR.18	8,0	3,397	2,159	2,413	2,651	1,286	2,381	Hasil diterima
35	BR.4	8,0	1,524	2,556	2,032	3,064	2,143	2,264	Hasil diterima
36	BU.6	8,0	1,032	2,508	4,064	1,302	4,096	2,601	Hasil diterima
37	BW.1	8,0	2,588	2,175	1,794	2,477	1,238	2,054	Hasil diterima
38	CA.1	8,0	2,620	1,873	2,254	1,572	3,985	2,461	Hasil diterima
39	BY.2	8,0	1,476	1,762	2,699	1,794	1,715	1,889	Hasil diterima
40	CJ.14	8,0	1,730	3,540	1,778	2,381	4,128	2,712	Hasil diterima
41	CH.15	8,0	2,127	3,382	1,238	3,207	2,731	2,537	Hasil diterima
42	CG.15	8,0	1,794	1,334	1,794	3,969	1,365	2,051	Hasil diterima
43	CB.19	8,0	2,318	2,604	3,683	3,699	3,524	3,166	Hasil diterima
44	38.N'	6,0	1,429	3,921	1,651	1,619	3,667	2,458	Hasil diterima
45	36.M'	6,0	2,302	3,366	3,524	3,112	2,477	2,956	Hasil diterima
46	34.L'	6,0	3,842	2,477	1,286	3,159	3,810	2,915	Hasil diterima
47	32.J'	6,0	3,699	3,794	3,572	4,001	3,763	3,766	Hasil diterima
48	30.H'	6,0	3,937	3,985	2,445	1,603	2,667	2,928	Hasil diterima
49	28.F'	6,0	1,286	3,842	3,016	2,858	3,524	2,905	Hasil diterima
50	26.D'	6,0	2,620	3,382	2,524	3,715	3,048	3,058	Hasil diterima
51	21.X	6,0	1,175	3,413	1,953	2,874	3,239	2,531	Hasil diterima
52	23.Z	6,0	3,366	3,239	3,461	3,540	3,207	3,363	Hasil diterima
53	25.B'	6,0	1,762	1,349	3,143	1,397	1,159	1,762	Hasil diterima
54	17.O	6,0	3,540	3,731	2,905	3,477	3,858	3,502	Hasil diterima
55	19.V	6,0	3,350	3,810	3,826	3,731	3,874	3,718	Hasil diterima
56	15.V	6,0	3,953	2,953	1,381	1,349	3,429	2,613	Hasil diterima
Jumlah		422,0						148,705	Hasil diterima

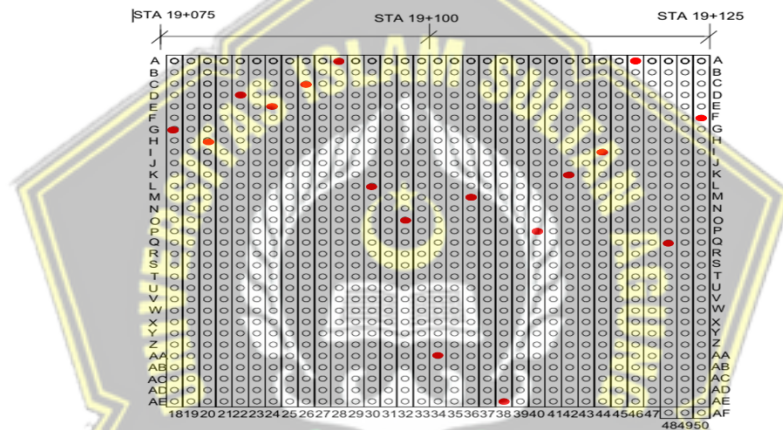
Berdasarkan Tabel 4.12 menunjukkan bahwa pengujian mutu pekerjaan dengan pengujian UCS telah memenuhi syarat keterima pekerjaan yaitu minimal ≥ 1 MPa.

Rata-rata keseluruhan hasil pengujian UCS yaitu

$$Q_{\text{rata-rata}} = \frac{148,705}{56} = 2,655 \text{ MPa} \geq 1 \text{ MPa}$$

4.4.4. Analisis mutu pekerjaan *deep cement mixing* oleh PT Pratama Widya Tbk

Pengujian UCS yang dilakukan oleh PT Pratama Widya Tbk mengambil titik *coring* sejumlah 17 dengan sampel benda uji sebanyak 85. Pengujian benda uji dilakukan pada umur 28 hari sejak selesai dikerjakan *deep cement mixing*. Dapat dilihat pada tabel 4.16 mengenai hasil pengujian UCS pada titik coring F.50 dan titik coring dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Titik *coring* untuk pengujian UCS oleh PT Pratama Widya Tbk

Tabel 4.13 Hasil pengujian UCS titik *coring* F.50 oleh PT Pratama Widya Tbk

Kode Sampel Benda Uji	Tanggal DCM	Tanggal Coring	Tanggal Pengujian	Umur (days)	Berat (gram)	Luas (cm ²)	P (kg)	Sample Stress (kg/cm ²)	Sample Stress (MPa)
F50 1.6m / 20%	03/12/2024	23/12/2024	31/12/2024	28	519,27	25,50	479,7	18,81	1,844
F50 3.2m / 40%	03/12/2024	23/12/2024	31/12/2024	28	339,27	21,23	290,2	13,67	1,340
F50 4.8m / 60%	03/12/2024	23/12/2024	31/12/2024	28	356,30	21,23	334,6	15,76	1,546
F50 6.4m / 80%	03/12/2024	23/12/2024	31/12/2024	28	350,47	21,23	245,7	11,58	1,135
F50 8.0m / 100%	03/12/2024	23/12/2024	31/12/2024	28	350,76	21,23	356,9	16,81	1,648
Rata-Rata									1,503

Berdasarkan Tabel 4.13 dapat diuraikan bahwa hasil pengujian UCS pada Titik F.50 dengan kedalaman *coring* 8 meter dapat dijelaskan bahwa hasilnya sebagai berikut: Hasil UCS pada kedalaman 20% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{479,7 \text{ kg}}{125,50 \text{ cm}^2}$$

$$= 18,81 \text{ kg/cm}^2 \approx 1,844 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 40% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{290,2 \text{ kg}}{21,23 \text{ cm}^2}$$

$$= 13,67 \text{ kg/cm}^2 \approx 1,340 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 60% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{334,6 \text{ kg}}{21,23 \text{ cm}^2}$$

$$= 15,76 \text{ kg/cm}^2 \approx 1,546 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 80% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

$$Q_u = \frac{245,7 \text{ kg}}{21,23 \text{ cm}^2}$$

$$= 11,58 \text{ kg/cm}^2 \approx 1,135 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Hasil UCS pada kedalaman 100% yaitu

$$Q_u = \frac{P}{A}$$

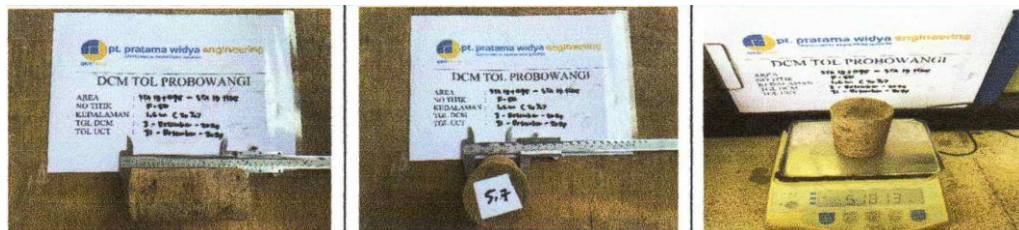
$$Q_u = \frac{356,9 \text{ kg}}{21,23 \text{ cm}^2}$$

$$= 16,81 \text{ kg/cm}^2 \approx 1,648 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$

Sehingga rata-rata Q_u pengujian UCS di titik B.2 yaitu

$$Q_{u \text{ rata-rata}} = \frac{1,844 + 1,340 + 1,546 + 1,135 + 1,648}{5}$$

$$= 1,503 \text{ MPa (Memenuhi syarat } \geq 1 \text{ MPa)}$$



Gambar 4.17 Pengujian UCS PT Pratama Widya Tbk

Selanjutnya untuk keseluruhan hasil pengujian UCS yang dilakukan oleh PT Pratama Widya Tbk dapat dilihat pada tabel 4.14

Tabel 4.14 Hasil pengujian UCS yang dilakukan oleh PT Pratama Widya Tbk

No	Titik Coring	Kedalaman (m)	Hasil Pengujian UCS pada Kedalaman Coring (MPa)					Rata-Rata Hasil UCS (MPa)	Keterangan Standar ≥ 1 Mpa
			20%	40%	60%	80%	100%		
1	F50	8,0	1,844	1,340	1,546	1,135	1,648	1,503	Hasil diterima
2	A46	8,0	3,644	1,243	2,070	2,118	1,999	2,215	Hasil diterima
3	Q48	8,0	1,999	1,243	1,858	1,308	1,260	1,533	Hasil diterima
4	I44	8,0	1,189	2,059	1,000	1,718	2,567	1,707	Hasil diterima
5	K42	8,0	1,162	1,507	1,335	1,162	1,027	1,238	Hasil diterima
6	P40	8,0	1,459	1,648	1,054	2,383	1,059	1,521	Hasil diterima
7	AE38	8,0	1,783	1,113	1,405	1,011	1,675	1,397	Hasil diterima
8	M36	8,0	2,378	1,027	1,837	2,378	1,200	1,764	Hasil diterima
9	AA34	8,0	2,259	2,842	2,756	4,323	2,405	2,917	Hasil diterima
10	O32	8,0	1,891	1,367	1,243	1,070	1,459	1,406	Hasil diterima
11	L30	8,0	1,432	1,589	1,308	1,297	1,205	1,366	Hasil diterima
12	A28	8,0	3,404	3,745	3,642	2,459	2,286	3,107	Hasil diterima
13	C26	8,0	1,891	1,670	1,124	1,270	1,702	1,531	Hasil diterima
14	E24	8,0	3,215	2,097	2,318	1,864	1,697	2,238	Hasil diterima
15	D22	8,0	2,967	3,588	4,134	4,296	3,513	3,700	Hasil diterima
16	H20	6,0	3,107	2,529	3,437	1,816	3,437	2,865	Hasil diterima
17	G18	6,0	1,675	1,540	2,567	2,091	2,043	1,983	Hasil diterima
Jumlah		132,0						33,992	

Berdasarkan Tabel 4.12 menunjukkan bahwa pengujian mutu pekerjaan dengan pengujian UCS telah memenuhi syarat keterima pekerjaan yaitu minimal ≥ 1 MPa. Rata-rata keseluruhan hasil pengujian UCS yaitu

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{rata-rata}} &= \frac{33,992}{17} \\
 &= 2,00 \text{ MPa} \geq 1 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

4.5 Hubungan antara waktu, biaya dan mutu pada produktivitas pekerjaan *deep cement mixing*

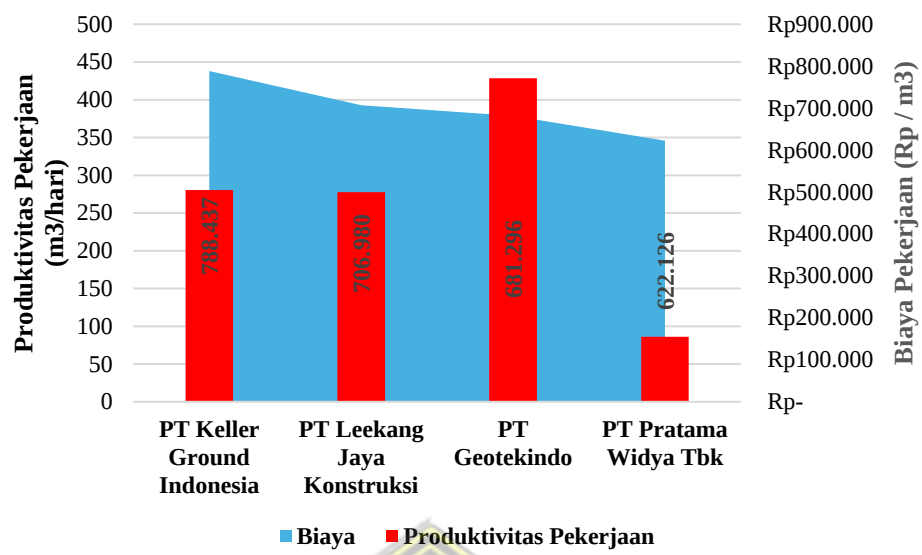
Subkontraktor pada pekerjaan *deep cement mixing* memiliki area kerja masing-masing sesuai dengan kontrak pekerjaan dengan KSO HKi-Acset-NK pembangunan jalan tol Probolinggo Banyuwangi paket 2. Setiap subkontraktor telah menyelesaikan pekerjaan dengan waktu kerja 24 jam per hari. PT Keller Ground Indonesia telah menyelesaikan pekerjaan dcm menggunakan 2 alat bor (1 *axis* dan 2 *axis*) dengan volume 23.826,992 m³ selama 85 hari dengan produktivitas pekerjaan 280,32 m³/hari dan biaya pekerjaan Rp 788.437. PT Leekang Jaya

Konstruksi telah menyelesaikan pekerjaan dcm menggunakan 1 alat bor (4 *axis*) dengan volume ketercapaian 32.193,436 m³ selama 116 hari dengan produktivitas pekerjaan 277,53 m³/hari dan biaya pekerjaan Rp 706.980. PT Geotekindo telah menyelesaikan pekerjaan dcm menggunakan 2 alat bor yang masing-masing 2 *axis* dengan volume 13.287,547 m³ selama 31 hari dengan produktivitas pekerjaan 428,63 m³/hari dan biaya pekerjaan Rp 681.296. PT Pratama Widya Tbk telah menyelesaikan pekerjaan dcm menggunakan 1 alat bor (1 *axis*) dengan volume ketercapaian 2.755,603 m³ selama 32 hari dengan produktivitas pekerjaan 86,11 m³/hari dan biaya pekerjaan Rp 622.126. Keseluruhan 4 subkontraktor untuk pengendalian mutu pekerjaan sudah memenuhi syarat yaitu ≥ 1 MPa. Data hubungan waktu, biaya, dan mutu pekerjaan *deep cement mixing* dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hubungan waktu, biaya, dan mutu pekerjaan *deep cement mixing*

No	Nama Sub kontraktor	Waktu Pelaksanaan (hari)	Produktivitas Pekerjaan (m ³ /hari)	Biaya (Rp/m ³)	Mutu Pekerjaan (MPa)
1	PT Keller Ground Indonesia	85	280,32	788.437	2,403
2	PT Leekang Jaya Konstruksi	116	277,53	706.980	3,176
3	PT Geotekindo	31	428,63	681.296	2,655
4	PT Pratama Widya Tbk	32	86,11	622.126	2,000

Perbedaan sangat signifikan dapat dilihat pada Gambar 4.18 PT Geotekindo dengan pekerjaan menggunakan 2 alat bor yang masing-masing 2 *axis*, menunjukkan bahwa produktivitas pekerjaan tinggi dan memiliki harga yang cukup rendah. Harga yang paling rendah ditunjukkan oleh PT Pratama Widya Tbk, akan tetapi memiliki kapasitas produktivitas yang sangat rendah yakni hanya 86,11 m³/hari.



Gambar 4.18 Perbandingan produktivitas dan harga pekerjaan DCM



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian mengenai “Analisis perbandingan waktu, biaya, dan mutu antar subkontraktor pada produktivitas pekerjaan *deep cement mixing* di proyek pembangunan jalan tol ruas Probolinggo-Banyuwangi seksi Kraksaan-Paiton”. Perbedaan penggunaan alat berat *drilling rig* PT Keller Ground Indonesia menggunakan 2 alat berat dengan 1 *drilling rig* dan 2 *drilling rig*, PT Leekang Jaya Konstruksi menggunakan 1 alat berat dengan 4 *drilling rig*, PT Geotekindo menggunakan 2 alat berat yang masing-masing dengan 2 *drilling rig*, dan PT Pratama Widya Tbk menggunakan 1 alat berat dengan 1 *drilling rig* maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Waktu pekerjaan yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan *deep cement mixing* berdasarkan area kerja subkontraktor yaitu PT Keller Ground Indonesia menyelesaikan selama 85 hari, PT Leekang Jaya Konstruksi menyelesaikan selama 116 hari, PT Geotekindo menyelesaikan selama 31 hari, dan PT Pratama Widya Tbk menyelesaikan selama 32 hari.
2. Produktivitas rata-rata harian pekerjaan *deep cement mixing* berdasarkan urutan terbanyak yaitu PT Geotekindo dengan rata-rata produktivitasnya 428,63 m³/hari, PT Keller Ground Indonesia dengan rata-rata produktivitasnya 280,32 m³/hari, PT Leekang Jaya Konstruksi dengan rata-rata produktivitasnya 277,53 m³/hari, dan Pratama Widya Tbk dengan rata-rata produktivitasnya 86,11 m³/hari.
3. Harga pekerjaan *deep cement mixing* berdasarkan urutan terendah yaitu PT Pratama Widya Tbk dengan harga Rp 622.126 /m³, PT Geotekindo dengan harga Rp 681.296 /m³, PT Leekang Jaya Konstruksi dengan harga Rp 706.980 /m³, dan PT Keller Ground Indonesia memiliki harga yang paling tinggi Rp 788.437 /m³.
4. Mutu pekerjaan dengan pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test/UCS*) setiap sub kontraktor sudah memenuhi standar yaitu ≥ 1 MPa. Hasil rata-rata keseluruhan pengujian kuat tekan bebas / UCS yaitu PT Keller Ground

Indonesia dengan rata-rata kuat tekan 2,403 MPa, PT Leekang Jaya Konstruksi dengan rata-rata kuat tekan 3,176 MPa, PT Geotekindo dengan rata-rata kuat tekan 2,655 MPa, dan PT Pratama Widya Tbk dengan rata-rata kuat tekan 2,00 MPa.

5. Perbedaan penggunaan alat berat pada subkontraktor mempengaruhi produktivitas pekerjaan *deep cement mixing*. Biaya pada pekerjaan *deep cement mixing* sangat dipengaruhi oleh penggunaan alat berat dan mobilisasinya. Hasil pengujian kuat tekan bebas/ UCS sudah memenuhi ketercapaian mutu pekerjaan *deep cement mixing* 1-3 MPa dipengaruhi oleh keseragaman material semen dan air. Dengan demikian semakin banyak jumlah alat berat yang digunakan subkontraktor maka dapat meningkatkan produktivitas pekerjaan *deep cement mixing* dengan mempertimbangkan alat berat yang digunakan oleh sub kontraktor berasal dari dalam negeri dikarenakan dapat mengurangi biaya pekerjaan.
6. Subkontraktor dengan produktivitas paling tinggi pada pekerjaan *deep cement mixing* dan harga cukup rendah yaitu PT Geotekindo yang menggunakan 2 alat berat dengan masing-masing 2 *drilling rig*.

5.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan kepada pembaca untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Pekerjaan *deep cement mixing* merupakan hal baru saat ini di Indonesia untuk pekerjaan timbunan jalan tol sehingga disarankan dapat melakukan penelitian mengenai pengaruh beban akibat penggunaan jalan tol terhadap kekuatan kolom *deep cement mixing*.
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan mengenai analisis perbedaan pekerjaan *deep cement mixing* untuk pekerjaan di jalan tol dengan bangunan konstruksi lainnya.
3. Pekerjaan *deep cement mixing* selanjutnya untuk kontraktor dapat memperhitungkan dari alat berat yang digunakan dan berasal dari dalam negeri sehingga direkomendasikan PT Geotekindo yang memiliki kapasitas produktivitas yang paling tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahen, F., Nuh, S. M., & Indrayadi, M. (2021). ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU METODE PELAKSANAAN BETON CAST IN SITU DENGAN PRECAST PADA PEKERJAAN FONDASI TIANG PANCANG. *Jurnal Teknik Kelautan , PWK , Sipil, dan Tambang*, 8(2), 1–8.
- Ardiansyah, Risnita, & Jailani, M. S. (2023). Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan Pada Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif. *IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*, 1(2), 1–9. <http://ejournal.yayasanpendidikandzurriyatulquran.id/index.php/ihsan>
- Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Kementerian Pekerjaan Umum, & Perumahan Rakyat dan Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI). (2017). *SNI 8460:2017 Persyaratan perancangan geoteknik*. Badan Standardisasi Nasional. www.bsn.go.id
- Badan Pengatur Jalan Tol. (2023). *Peningkatan Kualitas Konektivitas Melalui Jalan Tol* (2023 ed.). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Darmawan, I. R., & Prastyanto, C. A. (2019). Perancangan Geometrik dan Perkerasan Jalan Tol Probolinggo – Banyuwangi Segmen Probolinggo – Paiton dengan Menggunakan Perkerasan Kaku. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), 44–50.
- Dipohusodo, I. (1996). *Manajemen Proyek dan Konstruksi*. Kanisius.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Kemenpu. (2024). *Spesifikasi Khusus Proyek Pembangunan Jalan Tol Probolinggo Banyuwangi*.
- Ervianto, W. I. (2004). *Teori-Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Andi.
- Ervianto, Wulfram. I. (2005). *Manajemen Proyek Konstruksi Edisi 2*. Andi.
- Hidayat, A., & Ramadhany, C. (2021). ANALISA PENERAPAN MANAJEMEN WAKTU PADA PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN GANTUNG LUBUK ULAK DENGAN METODE CPM. *BEARING : Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang*, 07(02), 71.
- Ilham, M., & Herzanita, A. (2021). ANALISIS PERBANDINGAN BEKISTING KONVENSIONAL DENGAN BEKISTING ALUMINIUM DITINJAU DARI ASPEK BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN Studi Kasus Pada

- Proyek Pembangunan The Lana Apartment-Tangerang (Comparative Analysis The Implementation Of Conventional And Aluminium Formwork At Cost And Time Aspects). *Jurnal Artesis*, 1(1), 23–30.
- Indra Pratama, M., & Bhaskara, A. (2020). KOMPARASI BIAYA DAN WAKTU PEKERJAAN TIANG PANCANG METODE HYDRAULIC STATIC PILE DRIVER DENGAN DROP HAMMER. *Reviews in Civil Engineering Untidar*, 4(2), 62–68.
- Joni, I. G. P., Dewi, A. A. D. P., & Sasmita, I. G. A. C. (2020). ANALISIS PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA PELAKSANAAN PEKERJAAN ANTARA PLAT LANTAI BONDEK DENGAN KONVENSIIONAL (STUDI KASUS: PROYEK PEMBANGUNAN RSU GARBAMED-KEROBOKAN). *JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL - A SCIENTIFIC JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING*, 24(1), 63–70.
- Kresnandi, F. I., & Herijanto, W. (2021). Perencanaan Gerbang Tol Probolinggo-Banyuwangi. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), 162–168.
- Lumanauw, P. W., Pinasang, B. D., Tampi, R. W., & Lonan, T. P. (2024). Stabilisasi Tanah Gambut Dengan Semen Menggunakan Metode Pemodelan Deep Mixing. *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi (PTUV) Ke-4 Politeknik Negeri Manado*, 92–109.
- Muhrozi. (2022). *Analisa Daya Dukung Tanah Dasar dan Prediksi Penurunan Akibat Beban Timbunan STA. 16+000 S/D 20+200*.
- Nugraha, M. W., Utami, T., & Hayati, J. (2022). Analisis Nilai Penurunan dan Faktor Keamanan pada Perbaikan Tanah Dasar Metode Deep Cement Mixing. Dalam *Original Article Journal of Infrastructure Planning, and Design* (Vol. 2, Nomor 1).
- Pramesti, H. R., & Priyanto, B. (2023). Analisa Produktivitas Tenaga Kerja dan Harga Satuan Pekerjaan Pada Pekerjaan Pasangan Dinding Bata Ringan. *JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*, 1(7), 38–45. <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>
- PT Acset Pondasi Indonusa. (2024). *METODE KERJA CDM (CEMENT DEEP MIXING)*.

- PT Leekang Jaya Konstruksi. (2024). *GROUND IMPROVEMENT FOR PROBOWANGI (PROBOLINGGO-BANYUWANGI) TOLL ROAD PROJECT*.
www.leekangjaya.com
- PT Pratama Widya Tbk. (2024). *DEEP CEMENT MIXING (SOIL IMPROVEMENT)*.
- Putra, C. E., & Makarim, C. A. (2020). ANALISIS ALTERNATIF PERBAIKAN TANAH LUNAK DAN SANGAT LUNAK PADA JALAN TOL. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(4), 1137–1150.
- Refor, S., Andreas, A., & Tinumbia, N. (2022). ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA MUTU DAN WAKTU ANTARA METODE PRECAST DAN CAST IN SITU PADA PEKERJAAN SALURAN Studi Kasus Proyek Rumah Susun Ujung Menteng, Jakarta Timur (Comparative Analysis Of Cost Quality And Time Between Precast And Cast In Situ Methods On Drainage System). *Jurnal Artesis*, 2(1), 46–53.
- Rimbani, V. F., Pranata, G., & Iskandar, A. (2022). ANALISIS PERBANDINGAN PERBAIKAN TANAH DEEP MIXING ANTARA APLIKASI FINITE ELEMENT DUA DIMENSI DENGAN TIGA DIMENSI. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(5), 415–424.
- Soehendradjati, R. J. (1987). *Manajemen Konstruksi*. Gadjra Mada University Press.
- Sudarma, I. M., Indramanik, I., & Satriawan, I. G. A. (2019). Analisa Nilai Kuat Tekan Bebas Campuran Semen dan Tanah Lempung Ex. Tabanan dengan Berbagai Variasi Kadar Air. *Gradien Fakultas Teknik UNR*, 11(2), 80–89.
- Sudrajat, J., Hendarto, S., & Afriade S, S. (2024). Analisis Kebutuhan dan Kelayakan Jaringan Jalan Bebas Hambatan di Pulau Jawa. *Journal of Comprehensive Science Published by Green Publisher*, 3(06), 1068–1080.
- Suwarno, & Wicaksono, L. A. (2021). SISTEM PERBAIKAN TANAH DEEP CEMENT MIXING DI LOKASI STOCK YARD STASIUN KERETA API GARONGKONG KABUPATEN BARRU, SULAWESI SELATAN. *Civil Engineering, Environmental, Disaster & Risk Management Symposium (CEEDRiMS) Proceeding 2021*, 387–394.
<https://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/12733>

- Wiroso, & Hendarti, L. (2023). Perbandingan Indeks Pemasangan Pondasi Batu Kali dengan Menggunakan Analisa Harga Satuan Pekerjaan dan Kondisi Aktual (Studi Kasus Pembangunan Kantor Kecamatan Gladagsari, Kabupaten Boyolali). *Surakarta Civiil Engineering Review SCER Jurnal Universitas Surakarta*, 1(3), 53–55.
- Zaika, Y., Asyifa, H., Rofik, M. A., & Sanjaya, M. D. (2023). INDIVIDUAL AND GROUP COLUMNS FAILURE OF DEEP CEMENT MIXING (DCM) IN GRATI SOFT SOIL. *International Journal of GEOMATE*, 25(109), 237–245. <https://doi.org/10.21660/2023.109.3513>

