

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PRODUKTIVITAS KOMBINASI ALAT
BERAT GALIAN TERHADAP BIAYA DAN WAKTU
(STA. P.09/0+401 – STA. P.17/0+800)
(ANALYSIS PRODUCTIVITY OF COMBINED HEAVY
EQUIPMENT BASED ON COSTS AND TIME)
(STA. P.09/0+401 – STA. P.17/0+800)**

(Studi Kasus Pembangunan *Underpass* Kentungan Yogyakarta)

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



Yanuar Suryo Bismoko

12 511 259

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

2019

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PRODUKTIVITAS KOMBINASI ALAT
BERAT GALIAN TERHADAP BIAYA DAN WAKTU
(STA. P.09/0+401 – STA. P.17/0+800)
(ANALYSIS PRODUCTIVITY OF COMBINED HEAVY
EQUIPMENT BASED ON COSTS AND TIME)
(STA. P.09/0+401 – STA. P.17/0+800)**

(Studi Kasus Pembangunan *Underpass* Kentungan Yogyakarta)

Disusun Oleh

Yanuar Suryo Bismoko
12 511 259

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

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

Adityawan Sigit, S.T., M.T.
NIK: 155110108

Penguji I

Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 005110101

Penguji II

Vendie Abma, S.T., M.T.
NIK: 155111310

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain sebesar 20% yang telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 1 Agustus 2019
Yang membuat pernyataan,



Yanuar Suryo Bismoko
(12 511 259)

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Penelitian Sebelumnya	4
2.2.1 Analisis Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Pemindahan Tanah Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Hukum UII	4

2.2.2 Analisis Efisiensi Dump Truck Pada Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Galian dan Timbunan Tanah	5
2.2.3 Perencanaan Kebutuhan Alat Berat Untuk Menentukan Biaya Optimum Pekerjaan Galian-Timbunan	5
2.3 Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya	5
Analisis Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Pemindahan Tanah Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Hukum UII	6
BAB III LANDASAN TEORI	7
3.1 Tinjauan Umum	7
3.2 Pengertian Proyek Konstruksi	7
3.3 Pengertian Alat Berat	8
3.4 Manajemen Alat Berat	9
3.5 Sifat-Sifat Tanah	11
3.6 Cara Kerja Alat Berat	13
3.6.1 <i>Excavator</i>	13
3.6.2 <i>Dump Truck</i>	14
3.7 Metode Perhitungan	16
3.7.1 Metode Trial and Error	16
3.7.2 Metode Prismoidal	16
3.8 Metode Perhitungan Produksi Alat Berat	17
3.8.1 Kapasitas Produksi Excavator	17
3.8.2 Kapasitas Produksi <i>Dump Truck</i>	21
3.9 Komponen Biaya dan Alat	22
3.9.1 Biaya Kepemilikan (<i>Owner Ship</i>) atau Biaya Pasti	23
3.9.2 Biaya Penyewaan Alat	23
3.9.3 Jam Operasi atau Waktu Kerja	23
BAB IV METODE PENELITIAN	24
4.1 Tinjauan Umum	24
4.2 Objek dan Subjek Penelitian	24

4.3 Pengumpulan Data	24
4.4 Tahapan Penelitian	25
4.5 Analisis Data	26
4.6 <i>Flow Chart</i> Penelitian	27
BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	29
5.1 Tinjauan Umum	29
5.2 Analisis Data	30
5.2.1 Alat Berat yang digunakan	30
5.2.2 Perhitungan Volume Galian Tanah	31
5.2.3 Produktivitas Alat Berat	35
5.2.4 Biaya Sewa Alat Berat	42
5.2.5 Perhitungan Analisis (<i>Existing</i>)	43
5.2.6 Perhitungan Analisis Alternatif Kombinasi Alat Berat	50
5.3 Pembahasan	72
5.3.1 Perbandingan Waktu dan Biaya	72
3.2.2 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Alat Berat	76
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	79



ABSTRAK

Setiap pembangunan terdiri dari berbagai macam pekerjaan. Salah satunya adalah pekerjaan galian tanah. Dalam proyek pembangunan *underpass* kentungan, pekerjaan galian tanah adalah pekerjaan yang cukup besar dan sangat membutuhkan alat berat, dimana alat berat tersebut akan membantu manusia dalam pekerjaan yang tidak dapat dilakukan secara manual. Selain itu, dengan adanya alat berat maka durasi pekerjaan dapat diselesaikan lebih cepat, mengingat proyek pembangunan ini berada di persimpangan yang memiliki kepadatan arus kendaraan yang tinggi.

Pada proyek pembangunan *underpass* Kentungan, alat berat yang digunakan dalam pekerjaan galian tanah adalah excavator dan dump truck. Kedua alat tersebut bekerja bersamaan untuk membuang tanah dengan volume sebesar 38518,3828 m³. Melalui data pengamatan langsung, terdapat antrian dump truck yang menunggu untuk proses pemuatan tanah oleh excavator. Antrian tersebut mempengaruhi produktivitas dump truck, dan berakibat inefisiensi terhadap biaya operasional dan waktu pekerjaan. Kombinasi alat berat dapat disesuaikan dengan kapasitas produksinya per jam. Sehingga korelasi antara kedua alat berat tersebut dapat dimaksimalkan.

Dari hasil beberapa alternatif perhitungan analisis kombinasi alat berat galian, diperoleh kesimpulan pada perhitungan alternatif 3 memiliki korelasi yang efisien dibandingkan perhitungan alternatif lainnya. Dari hasil perhitungan alternatif 3 digunakan alat berat berupa 2 unit excavator Komatsu PC 200-8 dan 56 unit dump truck untuk pekerjaan galian I serta 2 unit excavator CAT306E2 dan 17 unit dump truck untuk pekerjaan galian II, dengan selisih biaya -8,13% yaitu sebesar Rp 109.171.226 dan dengan selisih waktu -30,85% atau 121 hari. Perhitungan alternatif ini juga memperhitungkan kondisi medan/area proyek dilapangan, karena terbatasnya pergerakan setiap alat berat.

Kata Kunci : *Excavator, Dump Truck*, Kombinasi Alat Berat

ABSTRACT

Each development consists of various kinds of work. One of them is land excavation work. In the construction of a underpass Kentungan, the work of excavating land is a fairly large job and is in dire need of heavy equipment, where the heavy equipment will help humans in work that cannot be done manually. In addition, with the availability of heavy equipment, the duration of the work can be completed more quickly, considering that this construction project is at an intersection that has a high vehicle flow density.

In the Kentungan underpass construction project, the heavy equipment used in the earth excavation work is excavators and dump trucks. The two devices work together to dispose of the land with a volume of 38518.3828 m³. Through direct observation data, there is a queue of dump trucks waiting for the excavator to load the land. The queue affects the productivity of dump trucks, and results in inefficiencies in operating costs and work time. The combination of machines can be adjusted to its production capacity per hour. So that the correlation between the two machines can be maximized.

From the results of several alternative calculations of combined heavy equipment analysis, the conclusions obtained from the calculation of alternative 3 have an efficient correlation compared to other alternative calculations. From the results of the calculation of alternative 3 we used heavy equipment in the form of 2 units of Komatsu PC 200-8 excavators and 56 units of dump trucks for excavation I and 2 units of CAT306E2 excavators and 17 dump trucks for excavation II, with a cost difference of -8.13%, namely amounting to Rp 109,171,226 and with a time difference of -30.85% or 121 days. This alternative calculation also calculates the field / project area conditions, because of the limited movement of each machine.

Keywords : *Excavator, Dump Truck, Combination of Heavy Equipment*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar pembangunan membutuhkan alat berat. Alat berat adalah faktor penting dalam konstruksi, yang bertujuan untuk memudahkan pekerjaan yang tidak bisa dikerjakan secara manual dan dengan skala yang besar sehingga berpengaruh pada optimalisasi waktu dan efisiensi biaya. Tetapi penggunaan alat berat yang kurang tepat dimana tidak sesuai dengan situasi dan kondisi di lapangan akan berpengaruh buruk pada kinerja dan hasil kerja. Kerugian-kerugian seperti rendahnya produksi alat berat dan tidak tercapainya target merupakan beberapa contoh dari kesalahan dalam memilih alat berat yang tidak sesuai dengan kondisi. Kondisi medan yang buruk juga akan berdampak pada waktu siklus alat berat tersebut sehingga berpengaruh terhadap produktivitas. Jauh dekatnya jarak yang akan ditempuh juga akan mempengaruhi efisiensi kerja. Apabila jarak tempuh terlalu jauh akan memerlukan waktu yang lama untuk diselesaikan dan memakan biaya lebih.

Ada berbagai macam alat berat yang disesuaikan dengan pekerjaannya, seperti pekerjaan galian, pengangkutan, penimbunan dan banyak lagi. Dari macam-macam alat berat tersebut, alat berat juga mempunyai beberapa tipe. Antara satu tipe ke tipe yang lain memiliki perbedaan kapasitas dan juga harga sewa yang berbeda. Semakin besar kapasitas alat berat, semakin mahal harga sewa yang ditawarkan. Tipe alat yang akan digunakan disesuaikan dengan kapasitas dan kondisi pekerjaan.

Analisa produktivitas merupakan penelitian untuk mengetahui kapasitas produksi yang dihasilkan dari masing-masing alat berat. Hal lain yang harus diperhatikan adalah waktu siklus alat berat, dimana hal tersebut akan menentukan produktivitas masing-masing alat berat. Menentukan jumlah dan tipe alat berat yang digunakan juga perlu dilakukan karena masing-masing alat berat memiliki kapasitas yang berbeda. Kombinasi alat berat disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi yang sebenarnya di lapangan. Dengan mengetahui produktivitas masing-

masing alat berat yang digunakan tahap selanjutnya adalah mengkaji kombinasi alat berat.

Pada proyek pembangunan *underpass* Kentungan Yogyakarta, alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian tanah adalah *excavator* dan *dump truck*. Dari pengamatan awal terlihat alat berat yang digunakan berupa satu unit excavator kapasitas 1 m³ dan satu unit excavator kapasitas 0,25 m³ yang bekerja untuk menggali sekaligus memuat ke *dump truck* hingga menyebabkan banyak *dump truck* yang mengantri untuk proses *loading*. Hal tersebut mempengaruhi waktu kerja produktif dari *dump truck* dan biaya sewa alat tersebut. Dari kasus tersebut maka perlu dikaji ulang dalam menentukan kombinasi alat berat, sehingga pekerjaan *underpass* dapat cepat diselesaikan, mengingat proyek pembangunan tersebut berada di persimpangan yang memiliki arus kepadatan kendaraan yang tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, pokok permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kombinasi alat berat yang optimal pada proyek pembangunan *underpass* Kentungan?
2. Bagaimana kondisi biaya langsung (*existing*) dan durasi pekerjaan pada proyek pembangunan *underpass* Kentungan yang dibandingkan dengan perhitungan analisis kombinasi alat berat yang diperoleh?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang diketahui maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan kombinasi alat berat yang optimal sehingga tidak terjadi antrian *dump truck* pada proyek pembangunan *underpass* Kentungan.
2. Mengetahui biaya langsung (*existing*) dan durasi pekerjaan yang dibandingkan dengan analisis kombinasi alat berat yang diperoleh.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memiliki pemahaman tentang kombinasi alat berat yang digunakan pada pekerjaan Teknik Sipil dalam bidang pekerjaan galian tanah.
2. Mengetahui pemilihan alat berat yang efisien dan efektif dalam pekerjaan galian tanah.
3. Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya dalam memahami manajemen alat berat dan kombinasi alat berat yang efektif.
4. Mengetahui perbandingan biaya dan waktu dari alternatif kombinasi alat berat yang diperoleh.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian dibuat agar lingkup pembahasan tidak terlalu luas dan untuk memperjelas tujuan penelitian agar terarah. Maka batasan penelitian meliputi hal-hal berikut :

1. Lokasi yang akan ditinjau untuk penelitian adalah proyek pembangunan *underpass* Kentungan, Yogyakarta.
2. Penelitian dilakukan pada pekerjaan galian tanah.
3. Alat berat yang digunakan adalah *excavator* dan *dump truck*.
4. Jam kerja alat berat yang ditinjau adalah jam kerja normal dengan waktu 8 jam/hari.
5. Pengadaan alat berat yang digunakan adalah dengan menyewa

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka merupakan bagian yang penting dari sebuah proposal atau laporan penelitian, karena pada bab ini akan diungkapkan pemikiran atau teori-teori yang melandasi dilakukannya penelitian. Tinjauan pustaka dapat diartikan sebagai kegiatan yang meliputi mencari, membaca dan menelaah laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Dalam penyusunan penelitian membutuhkan beberapa referensi sebagai konsep penelitian. Bab ini berisi tentang penelitian terdahulu yang serupa sebagai bahan pertimbangan penyusunan agar terhindar dari plagiasi dan duplikasi. Berikut adalah beberapa penelitian yang digunakan sebagai bahan acuan dalam penelitian ini :

2.2.1 Analisis Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Pemindahan Tanah Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Hukum UII

Penelitian ini dilakukan oleh Heryandi pada tahun 2018. Lokasi penelitian pada proyek pembangunan fakultas hukum UII, Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi alat berat excavator dan dump truck yang digunakan. Komposisi alat yang dipakai akan mempengaruhi waktu dan biaya yang dibutuhkan. Kajian ini bertujuan untuk menentukan alat berat mana saja yang memiliki produktivitas yang optimum dari segi waktu dan biaya agar meminimalisir atau menghindari kerugian dan keterlambatan proyek. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan kombinasi alat berat yang direkomendasikan untuk pekerjaan galian dan pemindahan tanah proyek pembangunan fakultas hukum UII berupa 3 unit Excavator Kobelco SK200-8 dan 15 unit dump truck kapasitas 7 m³ dengan durasi waktu selama 336 jam dan biaya sebesar Rp 690.228.000,00.

2.2.2 Analisis Efisiensi Dump Truck Pada Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Galian dan Timbunan Tanah

Penelitian ini dilakukan oleh Novty pada tahun 2017. Lokasi penelitian pada proyek pembangunan jalan jalur lintas selatan Bugel-Gririjati. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi alat berat yang optimal dari segi biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan proyek. Untuk mendapatkan dump truck yang efisien pada kombinasi alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan tanah dilakukan dengan menghitung alternatif. Ada 3 alternatif yang dihitung dengan kombinasi alat beratnya excavator, dump truck dan bulldozer. Hasil dari penelitian ini diperoleh kombinasi alat berat berupa 1 unit Excavator pc 200, 1 unit bulldozer D6G, dan 3 unit dump truck Hino dengan durasi waktu selama 12 hari dan biaya sebesar Rp 105.000.000,00.

2.2.3 Perencanaan Kebutuhan Alat Berat Untuk Menentukan Biaya Optimum Pekerjaan Galian-Timbunan

- Penelitian ini dilakukan oleh Sanjaya pada tahun 2018. Lokasi penelitian pada proyek pembangunan sabodam WO-RD 2 Kaliworo, Klaten, Jawa Tengah. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung kapasitas produksi per jam, biaya sewa alat berat, dan mencari alternatif yang paling efisien dari beberapa kombinasi dibandingkan dengan data yang diperoleh di lapangan. Metode yang digunakan pada proyek ini adalah metode analisis trial and error dengan mempertimbangkan kapasitas produksi, durasi pekerjaan, dan biaya yang dibutuhkan alat berat. Hasil dari penelitian ini diperoleh kombinasi alat berat berupa 3 unit wheel loader Caterpillar 926, 4 unit Excavator pc 200, 9 unit dump truck kapasitas 5 m³, 6 unit bulldozer komatsu D65 dengan durasi waktu selama 53 hari dan biaya sebesar Rp 1.973.480.380,00.

2.3 Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pada lokasi penelitian, dimana penelitian ini meneliti proyek pembangunan *underpass* Kentungan, Yogyakarta. Selain itu perbedaan terdapat pada jenis tanah dan kombinasi alat berat yang digunakan. Rangkuman perbedaan penelitian-penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Tahun	Judul	Lokasi Penelitian	Metode Pengerjaan	Alat Berat
Heryandi	2018	Analisis Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Pemindahan Tanah Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Hukum UII	Proyek Pembangunan fakultas hukum UII, Yogyakarta	<i>Trial and error</i>	- 3 unit excavator kobelco SK200-8 - 15 unit Dump Truck Kapasitas 7 m ³
Novty	2017	Analisis Efisiensi Dump Truck Pada Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Galian dan Timbunan Tanah	Proyek pembangunan Jalan Jalur Lintas Selatan Bugel-Giririjati	<i>Trial and error</i>	- 1 unit excavator pc 200 - 1 unit bulldozer D6G - 3 unit dump truck
Sanjaya	2018	Perencanaan Kebutuhan Alat Berat Untuk Menentukan Biaya Optimum Pekerjaan Galian-Timbunan	Proyek Sabodam WO-RD 2 Kaliworo, Klaten, Jawa Tengah	<i>Trial and error</i>	- 3 unit wheel loader CAT 926 - 4 unit excavator pc 200 - 6 unit bulldozer - 9 unit dump truck kapasitas 5 m ³

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Dalam proyek pembangunan yang menggunakan alat berat, hal penting yang harus diperhatikan adalah perhitungan produksi sebuah alat. Perlu pemahaman secara teori dalam menghitung kapasitas alat berat, kondisi dan jenis yang digunakan, sehingga menghasilkan waktu dan biaya yang tepat sesuai volume pekerjaan.

3.2 Pengertian Proyek Konstruksi

Menurut Cleland dan King (1987), proyek adalah gabungan dari berbagai sumber daya, yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai suatu sasaran tertentu. Kegiatan atau tugas yang dilaksanakan pada proyek berupa pembangunan/perbaikan sarana fasilitas (gedung, jalan, jembatan, bendungan dan sebagainya) atau bisa juga berupa kegiatan penelitian, pengembangan.

Dari pengertian di atas, maka proyek merupakan kegiatan yang bersifat sementara (waktu terbatas), tidak berulang, tidak bersifat rutin, mempunyai waktu awal dan waktu akhir, sumber daya terbatas/tertentu dan dimaksudkan untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. Pengertian proyek dalam pembahasan ini dibatasi dalam arti proyek konstruksi, yaitu proyek yang berkaitan dengan bidang konstruksi (pembangunan).

Pada pekerjaan suatu proyek biasanya terjadi berbagai macam kendala, baik kendala yang sudah diperhitungkan ataupun kendala diluar perhitungan perencanaan. Keterlambatan proyek konstruksi berarti bertambahnya waktu pelaksanaan penyelesaian proyek yang telah direncanakan dan tercantum dalam dokumen kontrak (Kusjadmikahadi, 1999). Penyelesaian pekerjaan tidak tepat waktu merupakan kekurangan dari tingkat produktifitas maka dapat mengakibatkan pemborosan dalam pembiayaan proyek.

Dari pengertian dan batasan di atas, maka dapat dijabarkan beberapa karakteristik proyek sebagai berikut.

1. Waktu proyek terbatas, artinya jangka waktu, waktu mulai dan waktu selesai sudah ditentukan.
2. Hasilnya tidak berulang, artinya produk suatu proyek hanya sekali, bukan produk rutin/berulang.
3. Mempunyai tahapan kegiatan-kegiatan berbeda-beda, dengan pola di awal sedikit, berkembang makin banyak, menurun dan berhenti.
4. Intensitas kegiatan-kegiatan (tahapan perencanaan, tahapan perancangan dan pelaksanaan).
5. Banyak ragam kegiatan dan memerlukan klasifikasi tenaga beragam.
6. Lahan/lokasi proyek tertentu, artinya luasan dan tempat proyek sudah ditetapkan, tidak dapat sembarang tempat.
7. Spesifikasi proyek tertentu, artinya persyaratan yang berkaitan dengan bahan, alat, tenaga dan metoda pelaksanaannya yang sudah ditetapkan dan harus memenuhi prosedur persyaratan tersebut.

3.3 Pengertian Alat Berat

Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pekerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan, dan pertambangan. Istilah alat berat yang digunakan dalam ilmu Teknik Sipil merupakan alat yang digunakan yang bertujuan untuk membantu manusia dalam melaksanakan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat merupakan faktor penting didalam proyek, terutama pada proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar. Penggunaan alat-alat berat tersebut bertujuan untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat (Rochmanhadi, 1986).

Setiap perusahaan konstruksi akan berlomba dalam hal teknologi, salah satunya penggunaan alat berat untuk mencapai target pekerjaan yang telah direncanakan. Alat berat yang dimiliki sendiri oleh perusahaan akan sangat menguntungkan dalam memenangkan tender proyek, hal tersebut akan mencerminkan kekuatan dari perusahaan tersebut. Bonafiditas suatu perusahaan

konstruksi tergantung dari aset-aset teknologi yang dimilikinya, salah satunya adalah alat berat (Rostiyanti, 2008).

Pada saat suatu proyek yang akan dimulai, kontraktor akan memilih alat berat yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan sehingga dapat membantu dalam pelaksanaan pekerjaan proyek. Pemilihan alat berat yang akan dipakai merupakan salah satu faktor penting dalam keberhasilan proyek. Ketepatan dalam pemilihan alat berat akan memperlancar jalannya proyek. Sebaliknya jika terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat yang digunakan maka akan mengakibatkan terlambatnya penyelesaian proyek yang berdampak membengkaknya biaya proyek.

Wilopo (2009) menyatakan bahwa, keuntungan-keuntungan yang diperoleh dalam penggunaan alat berat antara lain.

1. Ekonomis, karena alasan efisiensi, keterbatasan tenaga kerja, keamanan dan faktor-faktor ekonomis lainnya.
2. Waktu pengerjaan lebih cepat, mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikejar target penyelesaiannya.
3. Tenaga besar, melaksanakan jenis pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh manusia.
4. Mutu hasil kerja baik, dengan menggunakan alat berat, mutu hasil kerja menjadi lebih baik dan presisi.

3.4 Manajemen Alat Berat

Manajemen alat berat merupakan suatu proses perencanaan, pengendalian, perawatan dan mengorganisir untuk mendapatkan kinerja yang maksimal dari alat berat agar tercapai tujuan pekerjaan yang telah ditentukan.

Menurut Rostiyanti (2002), pemilihan alat berat dilakukan pada tahap perencanaan, dimana jenis, jumlah, dan kapasitas alat merupakan faktor-faktor penentu. Tidak setiap alat berat dapat dipakai untuk setiap proyek konstruksi. Oleh karena itu pemilihan alat berat yang tepat sangatlah diperlukan. Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat maka akan terjadi keterlambatan di dalam pelaksanaan, biaya proyek yang membengkak dan hasil yang tidak sesuai dengan rencana.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat antara lain sebagai berikut:

1. Fungsi yang harus dilaksanakan
Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti untuk menggali, mengangkut, meratakan permukaan, dan lain-lain.
2. Kapasitas peralatan
Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus diangkut atau dikerjakan. Kapasitas alat yang dipilih harus sesuai, sehingga pekerjaan dapat diselesaikan dalam waktu yang telah ditentukan.
3. Pengoperasian
Alat berat dipilih berdasarkan arah gerakan (horizontal maupun vertikal), jarak, kecepatan, frekuensi gerakan, dan lain-lain.
4. Pembatasan dari metode yang dipakai
Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan pembongkaran. Selain itu metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat dapat berubah.
5. Ekonomi
Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting di dalam pemilihan alat berat.
6. Jenis Proyek
Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek-proyek tersebut antara lain proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan, dam, dan lain-lain.
7. Lokasi Proyek
Lokasi proyek juga merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh, lokasi proyek di dataran tinggi menggunakan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah.
8. Jenis dan daya dukung tanah
Jenis tanah di lokasi proyek dan jenis material yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai.

9. Kondisi lapangan

Kondisi dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat.

Selain itu hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun rencana kerja alat berat antara lain.

1. Volume pekerjaan yang harus diselesaikan dalam batas waktu tertentu
2. Dengan volume pekerjaan yang ada tersebut dan waktu yang telah ditentukan harus ditetapkan jenis dan jumlah alat berat yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut
3. Dengan jenis dan jumlah alat berat yang tersedia, dapat ditentukan berapa volume yang dapat diselesaikan, serta waktu yang diperlukan

3.5 Sifat-Sifat Tanah

Sebelum pelaksanaan pekerjaan tanah, perlu diketahui sifat dari tanah yang akan diolah. Pekerjaan tanah yang berhubungan dengan pemindahan, pembuangan dan penempatan akan merubah sifat-sifat tanah tersebut karena mengalami perubahan dalam volume dan kepadatannya. Berikut adalah kondisi tanah yang mempengaruhi volume :

1. Keadaan Asli (*In situ*)
Adalah keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan teknologi (digali, dipindahkan, dipadatkan, dll)
2. Keadaan Gembur (*Loose*)
Adalah material yang telah digali dari tempat asalnya (kondisi asli). Tanah akan mengalami perubahan volume yaitu mengembang dikarenakan adanya penambahan rongga udara diantara butiran-butiran material.
3. Keadaan Padat (*Compact*)
Suatu kondisi dimana material mengalami proses pemadatan, dimana akan menyusutnya volume tanah. Perubahan volume tersebut terjadi karena hilangnya rongga udara diantara butiran-butiran material tersebut.

Tabel 3. 1 Sifat-Sifat Beberapa Macam Tanah

No.	Jenis Tanah	Swell (%)	Load Factor
1	Lempung Alami	38	0,72
2	Lempung berkerikil kering	36	0,73
3	Lempung berkerikil basah	33	0,73
4	Tanah biasa baik kering	24	0,81
5	Tanah biasa baik basah	26	0,79
6	Kerikil	14	0,88
7	Pasir Kering	11	0,9
8	Pasir Basah	12	0,89
9	Batu	62	0,61

Sumber : Haryanto dan Hendra (1998)

Sifat-sifat tanah seperti tersebut diatas dipengaruhi oleh keadaan tanah asli tersebut, karena bila tanah dipindahkan dari tempat aslinya, maka akan terjadi perubahan isi dan kepadatannya dari keadaan yang asli. Oleh sebab itu dari data-data tanah diatas dikonversikan pada Tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Konversi Tanah

Jenis Tanah	Kondisi Tanah Semula	Kondisi Tanah yang Akan dikerjakan		
		Asli	Lepas	Padat
Pasir	(A)	1,00	1,11	0,95
	(B)	0,90	1,00	0,86
	(C)	1,05	1,17	1,00
Tanah biasa	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,80	1,00	0,72
	(C)	1,11	1,39	1,00
Tanah liat	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,70	1,00	0,63
	(C)	1,11	1,59	1,00
Tanah campur kerikil	(A)	1,00	1,18	1,08
	(B)	0,85	1,00	0,91
	(C)	0,93	1,09	1,00

Jenis Tanah	Kondisi Tanah Semula	Kondisi Tanah yang Akan dikerjakan		
		Asli	Lepas	Padat
Kerikil	(A)	1,00	1,13	1,03
	(B)	0,88	1,00	0,91
	(C)	0,97	1,10	1,00
Kerikil kasar	(A)	1,00	1,42	1,29
	(B)	0,70	1,00	0,91
	(C)	0,77	1,10	1,00
Pecahan cadas/Batuan keras	(A)	1,00	1,65	1,22
	(B)	0,61	1,00	0,74
	(C)	0,82	1,10	1,00
Pecahan granit	(A)	1,00	1,70	1,31
	(B)	0,59	1,00	0,77
	(C)	0,76	1,30	1,00
Pecahan batu	(A)	1,00	1,75	1,40
	(B)	0,57	1,00	0,80
	(C)	0,71	1,24	1,00
Batuan hasil peledakan	(A)	1,00	1,80	1,30
	(B)	0,56	1,00	0,72
	(C)	0,77	1,38	1,00

Sumber : Rochmanhadi (1986)

Keterangan : (A) Tanah Asli

(B) Tanah Lepas

(C) Tanah Padat

3.6 Cara Kerja Alat Berat

3.6.1 Excavator

Excavator atau *backhoe* termasuk dalam alat penggali hidrolis yang memiliki *bucket* yang terpasang didepannya, dengan alat penggerak traktor berupa roda ban atau *crawler*. *Backhoe* bekerja seperti cangkul, dengan menggerakkan lengan *bucket* kearah bawah dan menariknya kearah badan alat. Pengoperasian *backhoe* umumnya untuk pekerjaan penggalian saluran, terowongan, basement

dan penggalian dibawah permukaan lainnya serta untuk penggalian material keras. Spesifikasi backhoe bermacam-macam tergantung dari masing-masing tipe. Semakin besar dimensi backhoe maka semakin besar juga kapasitas volume yang dapat ditampung.



Gambar 3.1 Excavator
(sumber : www.cat.com)

Backhoe terdiri dari enam bagian utama, yaitu struktur atas yang dapat berputar, boom, lengan (arm), bucket, slewing ring, dan struktur bawah. Boom, lengan dan bucket digerakkan oleh sistem hidrolis. Struktur bawah adalah penggerak utama yang dapat berupa roda ban atau roda crawler.

3.6.2 *Dump Truck*

Dalam pekerjaan galian dan timbunan tanah dibutuhkan alat angkut untuk memindahkan hasil galian maupun timbunan. Alat berat yang paling tepat untuk digunakan sebagai alat angkut adalah *dump truck*. *Dump Truck* adalah alat angkut jarak jauh yang memiliki *bucket* bervolume besar yang mampu mengangkut material-material konstruksi seperti tanah. Operator sangat berperan penting dalam pekerjaan ini karena akan berdampak pada produksi alat. Dibutuhkan komunikasi yang baik antara operator alat gali (*excavator*) dan operator alat angkut (*dump truck*) untuk memaksimalkan produktivitas kedua alat. Penempatan *dump truck* sebaiknya ditempatkan membelakangi alat gali, atau searah dengan *swing* alat gali agar memudahkan pemuatan. Khusus pada pemuatan batu-batu yang besar dengan menggunakan alat gali yang besar sebaiknya *dump truck* menghadap ke alat gali, agar batu-batu tidak menimpa kabin *dump truck*.

Pada saat membuang muatan (*dumping*) operator harus memastikan bahwa roda-roda diatas permukaan yang cukup kuat dan keras untuk menghindari ban-ban terperosok ke dalam tanah yang gembur, misalnya pada permukaan tanah hasil buangan sebelumnya.

Dump truck diklasifikasikan berdasarkan faktor dan cara kerja berikut.

1. Ukuran, tipe mesin dan bahan bakar
2. Jumlah roda, as dan cara penyetiran
3. Metode pembongkaran muatan
4. Kapasitas Angkut
5. Sistem pembongkaran

Berdasarkan metode pembongkarannya, terdapat tiga jenis *dump truck* yaitu *Rear Dump*, *Bottom Dump*, dan *Side Dump*.

1. *Rear Pump*

Rear Dump terdiri dari dua jenis, yaitu rear dump truck dan rear dump tractorwagon. Dari semua jenis truk rear dump truck adalah jenis alat yang paling sering digunakan. Cara kerja pembongkaran alat tipe ini adalah material dibongkar dengan cara menaikkan bak bagian depan dengan sistem hidrolis.

2. *Slide Dump*

Slide Dump Truck mengeluarkan material yang diangkutnya dengan menaikkan salah satu sisi bak kesamping. Saat pembongkaran material harus diperhatikan distribusi material dalam bak. Kelebihan material pada salah satu sisi dapat menyebabkan terjadinya jungkir pada saat pembongkaran material. Pada kondisi dimana pembongkaran muatan dilakukan pada tempat yang sempit dan panjang maka pemakaian truk jenis ini merupakan pilihan yang tepat.

3. *Bottom Dump*

Umumnya *Bottom Dump* adalah semitrailer. Material yang diangkut oleh jenis truk ini dikeluarkan melalui bagian bawah bak yang dapat dibuka ditengah-tengahnya. Pintu bak adalah sisi bagian bawah memanjang dari depan hingga belakang dan digerakkan secara hidrolis. *Bottom Dump* umumnya mengangkut material lepas seperti pasir, kerikil, batuan sedimen,

lempung keras, dan lainlain. Pembongkaran material dilakukan pada saat kendaarn bergerak.



Gambar 3.2 Dump Truck
(sumber : www.hino.com)

3.7 Metode Perhitungan

3.7.1 Metode Trial and Error

Metode *trial and error* atau bisa juga disebut metode coba-coba adalah metode pendekatan analisis numerik dan optimalisasi algoritma (Nazir, 2014). Dalam penelitian ini metode *trial and error* yang dimaksud adalah dengan mencoba berbagai alternatif kombinasi jumlah alat berat antara excavator dan dump truck hingga diperoleh kombinasi yang optimal agar tidak terjadi penumpukan dump truck dan efisien dalam biaya. Dalam penelitian trial and error dilakukan sebanyak tiga kali percobaan (alternaitf) dengan pembanding kondisi di lapangan (existing). Metode *trial and error* dapat diterapkan setelah menghitung produksi setiap alat berat tersebut.

3.7.2 Metode Prismoidal

Metode prismoidal merupakan metode perhitungan untuk mencari suatu volume secara teoritis melalui perkalian luas dengan panjang. Galian dan timbunan untuk keperluan Teknik Sipil dan perencanaan diperoleh melalui perolehan luas rata-rata galian atau timbunan di dua buah profil melintang yang dikalikan dengan jarak antara kedua profil melintang tersebut. Berikut adalah rumus perhitungan metode prismoidal.

$$V = \frac{h}{6} \times (A_1 + 4 \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) + A_2) \quad (3.1)$$

Dimana,

- V : Volume Galian Tanah
 A₁ : Luas Cross Section 1
 A₂ : Luas Cross Section 2
 h : Jarak Cross Section 1 ke Cross Section 2

3.8 Metode Perhitungan Produksi Alat Berat

3.8.1 Kapasitas Produksi Excavator

Kapasitas produksi alat berat Excavator pada umumnya dinyatakan dalam satuan m³ per jam. Kapasitas produksi alat dinyatakan dalam rumus berikut (Rochmanhadi, 1986).

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \quad (3.2)$$

- Dimana : Q = Produksi per jam (m³/jam)
 q = Produksi per siklus (m³)
 E = Efisiensi kerja
 Cm = Waktu Siklus

Rochmanhadi (1986) merumuskan kapasitas *bucket excavator* (q) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$q = q' \times K \quad (3.3)$$

- Dimana : q' = Kapasitas munjung (penuh) yang tercantum dalam spesifikasi alat
 K = Faktor *bucket* yang besarnya tergantung tipe dan keadaan tanah

Dalam menentukan faktor bucket diperlukan data yang sesuai dengan realisasi pekerjaan di lapangan. Faktor tersebut diklasifikasikan pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 3 Faktor *Bucket Excavator*

KONDISI PEMUATAN		FAKTOR
Ringan	Menggali dn memuat dari <i>stockpile</i> atau material yang dikeruk oleh excavator lain, yang tidak membutuhkan gaya	1,0 : 0,8

	KONDISI PEMUATAN	FAKTOR
	gali dan dapat dimulai munjung dalam <i>bucket</i> . Pasir, tanah berpasir, tanah koloidal dengan kadar air sedang.	
Sedang	Menggali dan memuat stockpile lepas dari tanah yang lebih sulit untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hampir munjung. Pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran tanah liat, tanah liat, gravel yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat gravel langsung dari bukit gravel asli.	0,8 : 0,6
Agak Sulit	Menggali dan memuat batu-batu pecah, tanah liat yang keras, pasir campur kerikil, tanah berpasir, tanah koloidal liat, tanah liat dengan kadar air tinggi, yang telah di stockpile oleh excavator lain. Sulit untuk mengisi bucket dengan material tersebut.	0,6 : 0,5
Sulit	Bongkahan, batuan besar dengan bentuk tak teratur dengan ruangan diantaranya batuan hasil ledakan, batu bundar, pasir campur batu bundar, tanah berpasir tanah campur tanah liat, tanah liat yang sulit untuk dikeruk bucket.	0,5 : 0,4

Sumber : Rochmanhadi (1986)

Besarnya nilai efisiensi kerja ditentukan oleh kondisi operasi alat berat yang digunakan. Sebagai pendekatan Rochmanhadi (1986) merumuskannya pada Tabel 3.4 berikut:

Tabel 3. 4 Nilai Koefisien Efisiensi Kerja

Kondisi	Pemeliharaan Mesin
----------------	---------------------------

Operasi Alat Berat	Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

Sumber : Rochmanhadi (1986)

Adapun faktor-faktor lain yang mempengaruhi hasil produksi tiap alat berat, nilai faktor tersebut adalah sebagai berikut:

1. Faktor Peralatan

- a. Untuk peralatan yang masih baru = 1,00
- b. Untuk peralatan yang baik (lama) = 0,90
- c. Untuk peralatan yang rusak ringan = 0,80

2. Faktor Operator

- a. Untuk operator kelas I = 1,00
- b. Untuk operator kelas II = 0,80
- c. Untuk operator kelas III = 0,70

3. Faktor Material

- a. Faktor kohesif = 0,75 – 1,00
- b. Faktor non kohesif = 0,60 – 1,00

4. Faktor manajemen dan sifat manusia

- a. Sempurna = 1,00
- b. Baik = 0,92
- c. Sedang = 0,82
- d. Buruk = 0,75

5. Faktor cuaca

- a. Baik = 1,00
- b. Sedang = 0,80

6. Faktor kondisi lapangan

- a. Berat = 0,70

- b. Sedang = 0,80
 c. Ringan = 1,00

Efisiensi kerja dapat dihitung dengan persamaan berikut ini (Rochmanhadi,1986):

$$\text{Efisiensi (E)} = \text{EO} \times \text{EA} \times \text{EC} \times \text{EL} \times \text{EM} \quad (3.4)$$

Dimana :

- EO = Efisiensi operator
 EA = Efisiensi alat
 EC = Efisiensi cuaca
 EL = Efisiensi lokasi
 EM = Efisiensi manajemen dan sifat manusia

Waktu siklus (C_m) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1986).

$$C_m = \text{Waktu gali} + (\text{Waktu putar} \times 2) + \text{Waktu buang} \quad (3.5)$$

Nilai waktu gali/muat dipengaruhi oleh kondisi galian dan kedalaman galian. Waktu gali excavator dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3. 5 Waktu Gali Excavator

KEDALAMAN	KONDISI GALIAN			
	RINGAN	RATA-RATA	AGAK SULIT	SULIT
0-2 m	6 dtk	9 dtk	15 dtk	26 dtk
2-4 m	7 dtk	11 dtk	17 dtk	28 dtk
4 m	5 dtk	13 dtk	19 dtk	30 dtk

Sumber : Rochmanhadi (1986)

Waktu putar dipengaruhi sudut dan kecepatan putar excavator, dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3. 6 Waktu Putar Excavator

SUDUT PUTAR	WAKTU PUTAR
45° - 90°	4 - 7 dtk

90° - 180°	5 - 8 dtk
------------	-----------

Sumber : Rochmanhadi (1986)

3.8.2 Kapasitas Produksi *Dump Truck*

Untuk menghitung produksi (Q) *dump truck* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1986).

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{Cm} \quad (3.6)$$

Dimana : Q = Produksi per jam (m³/jam)

C = Kapasitas rata-rata *dump truck* (m³)

E = Efisiensi kerja

Cm = Waktu siklus pemuat dalam menit

Waktu siklus (Cm) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1986).

$$Cm = n \times Cms + \frac{D}{V1} + \frac{D}{V2} + t_1 + t_2 \quad (3.7)$$

Nilai (n) dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$n = \frac{C}{q' \times K} \quad (3.8)$$

Dimana :

n = Jumlah siklus yang dibutuhkan pemuat untuk memuat truck

c = Kapasitas rata-rata *dump truck* (m³)

q' = Kapasitas bucket pemuat (loader/excavator, menit) (m³)

K = Faktor bucket pemuat

Cms = Waktu siklus pemuat (loader/excavator, menit)

D = Jarak tempuh *dump truck* (m)

V1 = Kecepatan rata-rata *dump truck* kondisi bermuatan (m/menit)

V2 = Kecepatan rata-rata *dump truck* kondisi kosong (m/menit)

t₁ = Waktu buang, standby sampai mulai pembuangan (menit)

t₂ = Waktu posisi pengisian dan pemuatan mulai mengisi (menit)

Waktu bongkar muat dan waktu tunggu *dump truck* dapat dilihat pada Tabel 3.6 dan 3.7 berikut.

Tabel 3. 7 Waktu Bongkar Muat (t₁)

Kondisi Operasi Kerja	BAIK	SEDANG	KURANG
Waktu Buang (menit)	0,5 - 0,7	1,0 - 1,3	1,5 - 2,0

Sumber : Rochmanhadi (1986)

Tabel 3. 8 Waktu Tunggu dan Tunda (t₂)

Kondisi Operasi Kerja	BAIK	SEDANG	KURANG
Waktu Buang (menit)	0,1 - 0,2	0,25 - 0,35	0,4 - 0,5

Sumber : Rochmanhadi (1986)

Dalam hal ini harus diatur jenis dan jumlah alat yang dipakai sedemikian sehingga diperoleh efisiensi dan efektifitas tinggi. Hal pokok yang harus dipertimbangkan dan diketahui adalah.

1. Kapasitas alat sesuai volume pekerjaan
2. Kapasitas alat sesuai dengan alat lain (karena merupakan tim)
3. Sedapat mungkin dihindari ada satu atau lebih alat yang menganggur karena harus menunggu
4. Jika terpaksa suatu alat harus menganggur, diusahakan alat yang paling murah biayanya atau alat yang multi fungsi sehingga dapat mengerjakan pekerjaan lain
5. Alat yang paling berpengaruh terhadap alat lain dalam tim
6. Produksi/kapasitas tiap jenis alat

Secara umum jumlah alat dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Jumlah Alat} = \frac{\text{Produksi Alat Berat yang Paling Berpengaruh}}{\text{Produksi yang dicari}} \quad (3.9)$$

3.9 Komponen Biaya dan Alat

Dalam menganalisa harga satuan pekerjaan harus meninjau semua biaya yang mempengaruhi pekerjaan tersebut. Menentukan jumlah kebutuhan alat yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan waktu yang ditentukan dapat menentukan biaya yang dibutuhkan dalam proyek. Biaya-biaya tersebut dibagi berdasarkan biaya penyewaan alat, jam operasi alat, dan biaya kepemilikan.

3.9.1 Biaya Kepemilikan (*Owner Ship*) atau Biaya Pasti

Biaya kepemilikan adalah biaya yang harus diperhatikan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, dengan syarat apabila alat tersebut milik sendiri. Biaya ini harus diperhitungkan karena alat semakin lama akan berkurang hasil produksinya, bahkan pada waktu tertentu alat sudah tidak dapat memproduksi lagi, hal ini tersebut sebagai depresiasi.

3.9.2 Biaya Penyewaan Alat

Dalam suatu proyek konstruksi penggunaan alat berat selain menggunakan alat milik pribadi dapat juga dengan penyewaan, yang dalam proses penetapan biaya penyewaan peralatan tersebut terdapat ketentuan-ketentuan yang telah dikeluarkan Departemen Pekerjaan Umum. Pada umumnya penyewaan alat berat dibagi dua jenis yaitu biaya *all in one* dan biaya satuan. Biaya *all in one* adalah biaya sewa alat berat yang sudah termasuk biaya penunjang alat, seperti operator dan bahan bakar. Sedangkan biaya satuan adalah biaya yang belum termasuk penunjang alat dimana biaya penunjang tersebut tergantung dari kesepakatan antara penyewa alat dan penyedia alat berat.

3.9.3 Jam Operasi atau Waktu Kerja

Efisiensi waktu dibutuhkan guna tercapainya hasil kerja yang tepat sesuai dengan rencana. Untuk mewujudkan disiplin khususnya waktu, maka dibutuhkan adanya loyalitas tinggi dari semua pihak yang terlibat. Dalam penentuan tenaga kerja, perlu diperhatikan beberapa faktor antara lain jam operasional normal dan lembur.

1. Jam Operasional Normal

Waktu kerja pada setiap hari kerja (senin-sabtu) ditetapkan selama 8 jam/hari dengan upah kerja sebesar upah kerja normal.

2. Jam Operasional Lembur

Waktu lembur dihitung dari lama waktu kerja yang melebihi batas waktu kerja normal (8 jam/hari). Waktu kerja lembur dilaksanakan diluar jam operasi normal untuk hari kerja atau penambahan jumlah hari kerja perminggu (hari minggu).

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini akan dibahas tahapan yang harus dilalui peneliti untuk melaksanakan penelitian. Berdasarkan rumusan masalah pada bab sebelumnya, metode penelitian yang digunakan adalah survey lapangan untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya di lapangan dan mengumpulkan data-data yang dibutuhkan. Lokasi proyek yang di survey adalah proyek pembangunan *underpass* Kentungan, Yogyakarta. Setelah semua data-data yang dibutuhkan terkumpul, langkah selanjutnya yaitu pengolahan data untuk memperoleh kombinasi alat berat yang optimal dari segi biaya dan waktu menggunakan metode *trial and error*. Metode *trial and error* merupakan metode perhitungan untuk mencapai hasil dengan berbagai macam percobaan hingga mendapatkan hasil yang sesuai.

4.2 Objek dan Subjek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah produktivitas alat berat pada pekerjaan galian tanah proyek pembangunan *underpass* Kentungan, Yogyakarta. Sementara subjek pada penelitian ini adalah alat berat yang digunakan yaitu *excavator* dan *dump truck*.

4.3 Pengumpulan Data

Data merupakan informasi penting yang harus dimiliki sebelum melakukan penelitian. Metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara survey atau observasi langsung ke lapangan. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua macam, yaitu :

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari sumber yang bersangkutan. Dalam penelitian ini data primer yang diperoleh melalui wawancara narasumber dan survei lapangan untuk pengamatan. Data yang dibutuhkan yaitu data-data yang mendukung dalam penelitian produktivitas alat berat, meliputi :

1. Data Lokasi
 - a. Gambar rencana kerja
2. Data Alat Berat, meliputi :
 - a. Jenis alat berat
 - b. Tipe alat berat
 - c. Jumlah alat berat
 - d. Harga sewa alat berat
3. Data Pekerjaan, meliputi :
 - a. Volume galian tanah
 - b. Durasi pekerjaan
 - c. Jarak pembuangan galian tanah ke quarry

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui pihak perantara, tidak diperoleh langsung oleh peneliti dari subjek penelitiannya (Azwar, 2004). Data sekunder bertujuan untuk menguatkan landasan teori dan informasi tambahan yang berkaitan dengan topik penelitian. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi :

1. Teori dan kinerja alat berat yang digunakan dalam pekerjaan galian dan timbunan tanah
2. Rumus perhitungan produktivitas alat berat

4.4 Tahapan Penelitian

Berikut adalah tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

Dalam tahapan ini hal-hal yang akan dilakukan adalah menyusun rencana penelitian, mengidentifikasi masalah dan mengumpulkan referensi-referensi yang berhubungan dengan penelitian ini.

2. Tahap Pelaksanaan

Hal-hal yang akan dilakukan dalam tahap pelaksanaan penelitian diantaranya sebagai berikut:

- a. Pengajuan izin dan pengambilan data yang ditujukan untuk pelaksana atau pemilik proyek
 - b. Melakukan observasi dan pengamatan langsung di lapangan untuk mendapatkan data-data guna menunjang penelitian ini.
 - c. Melaksanakan pengolahan data setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul kemudian mengajukan hipotesis berdasarkan analisis yang dilakukan.
3. Tahap Penyusunan Laporan

Dalam tahapan ini hal-hal yang akan dilakukan adalah menyusun hasil analisis data yang didapat secara sistematis kemudian memberikan kesimpulan yang berhubungan dengan penelitian.

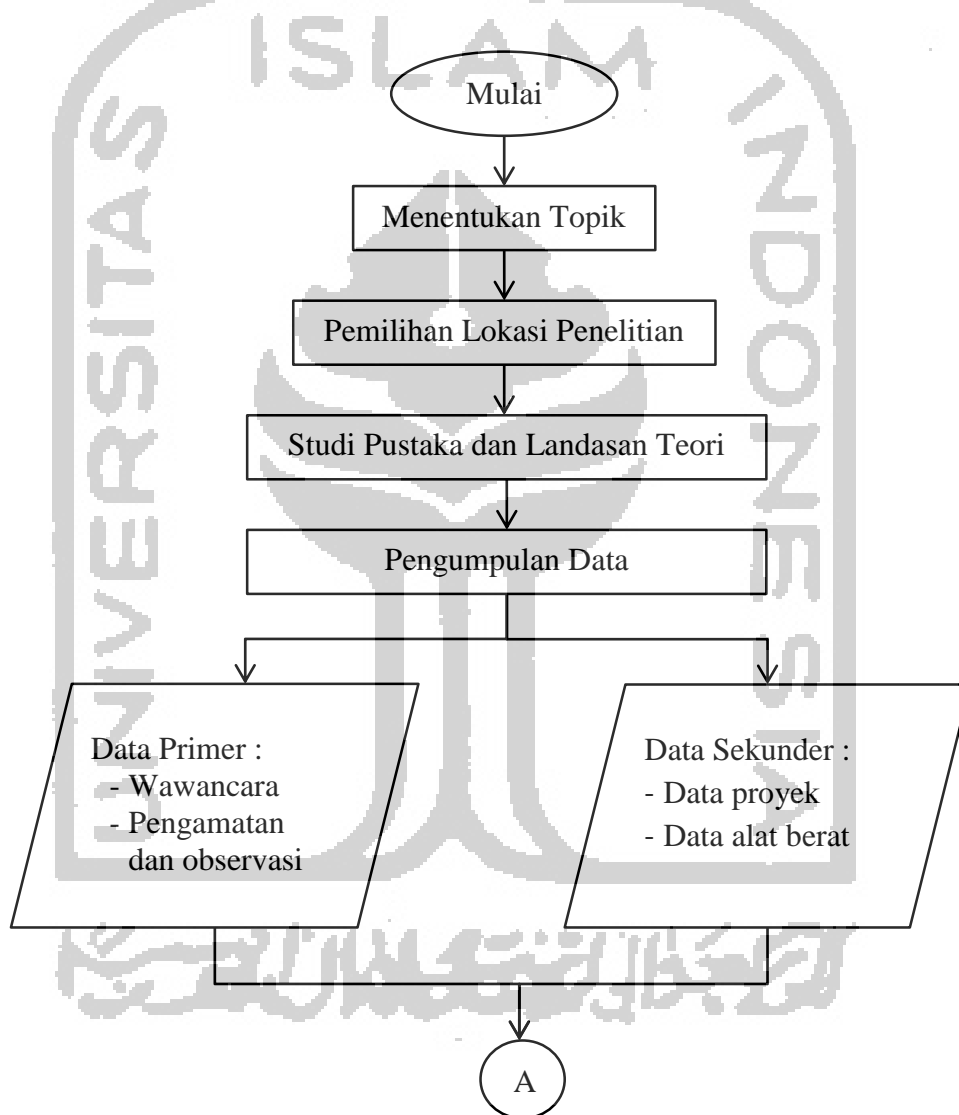
4.5 Analisis Data

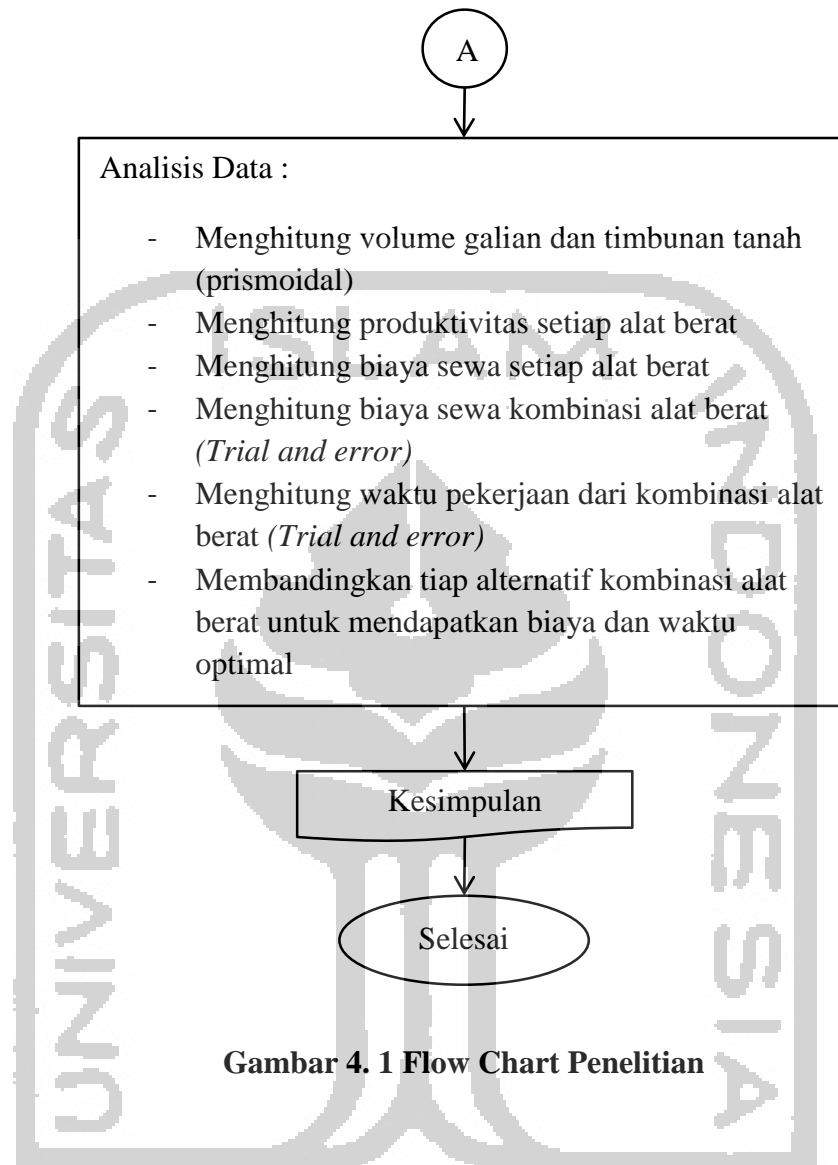
Analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan, dan dokumentasi, dengan cara mengorganisasikan data ke dalam katagori, menjabarkan ke dalam unit-unit, memilih mana yang penting dan mana yang akan dipelajari, dan membuat kesimpulan sehingga mudah dipahami oleh sendiri maupun orang lain (Sugiyono, 2006). Dalam penelitian ini dilakukan analisis untuk mendapatkan produktivitas dari kombinasi alat berat menggunakan metode *trial and error*, sehingga dapat diketahui perbandingan dari segi biaya dan waktu. Hal-hal yang akan dianalisis dalam penelitian ini yaitu :

1. Menghitung volume galian tanah
2. Menghitung produktivitas setiap alat berat
3. Menghitung biaya sewa setiap alat berat
4. Menghitung biaya sewa dari kombinasi alat berat
5. Menghitung waktu pekerjaan dari kombinasi alat berat

4.6 Flow Chart Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan menentukan topik penelitian dan menentukan lokasi proyek yang akan diteliti. Selanjutnya melakukan pengumpulan data dengan survei atau observasi langsung ke lapangan. Setelah data yang dibutuhkan terkumpul dilakukan analisis data untuk mendapatkan produktivitas kombinasi alat berat yang optimal dari segi biaya dan waktu. Proses keseluruhan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.





Gambar 4. 1 Flow Chart Penelitian

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Studi kasus dalam penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Underpass Kentungan, Yogyakarta.

Lokasi Proyek : Jalan Padjajaran (Ring Road Utara), Sleman, DIY.

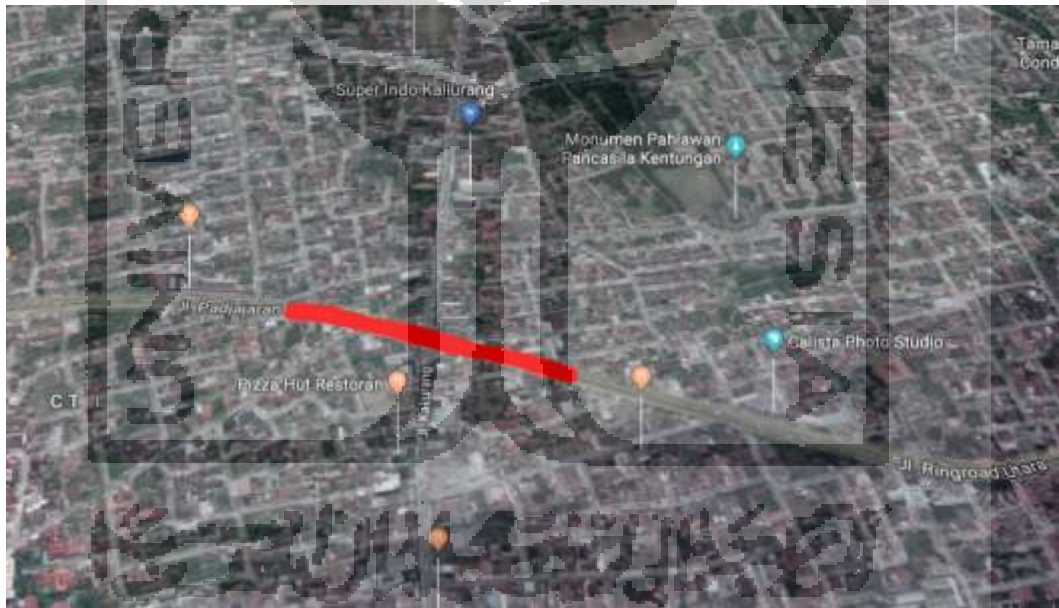
Panjang Pekerjaan Jalan : 900 m

Lebar Pekerjaan Jalan : 16,5 m

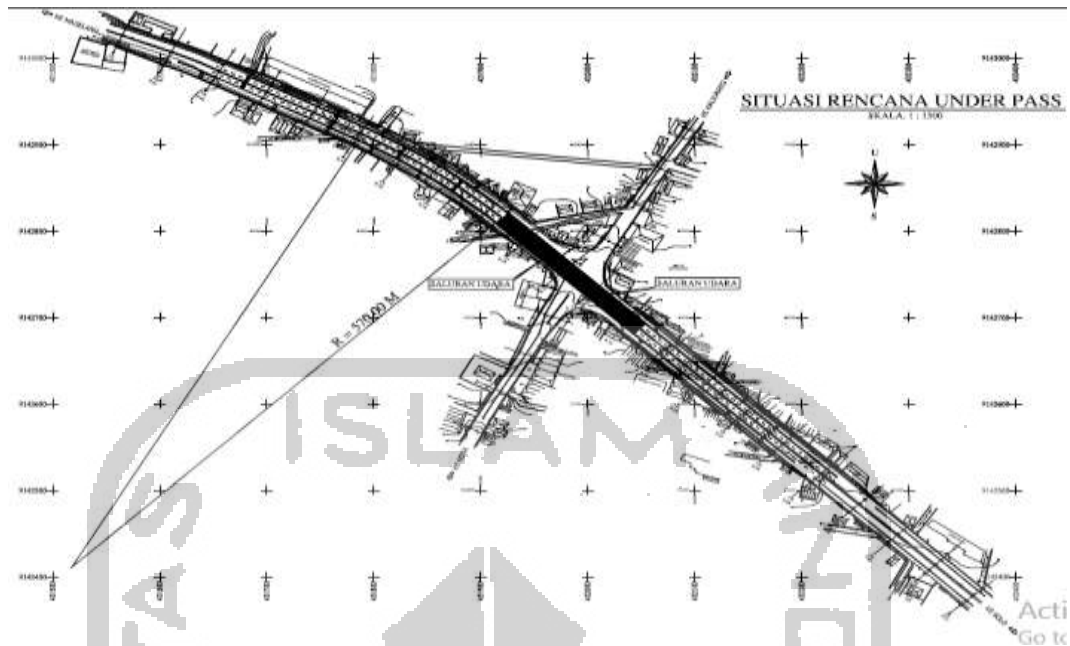
Kedalaman Galian : 1~7 m

Jarak Pembuangan Tanah : 21 km (Kentungan – Tempel, Sleman)

Berikut adalah lokasi proyek pembangunan *underpass* Kentungan pada peta.



Gambar 5. 1 Lokasi Proyek Underpass Pada Peta



Gambar 5. 2 Situasi Rencana Underpass

(sumber : Gambar Desain Peta Layout Rencana Underpass)

5.2 Analisis Data

5.2.1 Alat Berat yang digunakan

Berikut adalah jenis dan spesifikasi alat berat yang digunakan pada proyek pembangunan underpass kentungan, Yogyakarta.

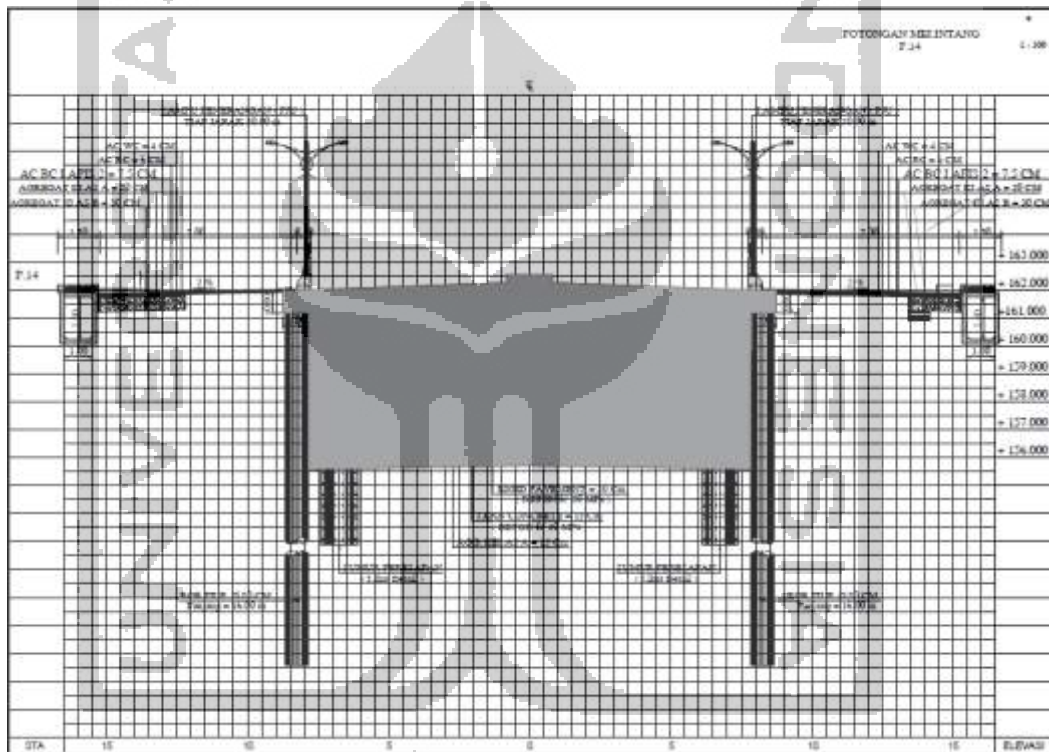
1. Jenis Alat : Excavator
 Merk/Tipe : Caterpillar CAT 306E2
 Kapasitas : 0,25 m³
 Kondisi Alat : Baik
 Fungsi Alat : Menggali dan memuat tanah ke dump truck
2. Jenis Alat : Excavator
 Merk/Tipe : Komatsu PC 200-8
 Kapasitas : 1 m³
 Kondisi Alat : Baik
 Fungsi Alat : Menggali dan memuat tanah ke dump truck
3. Jenis Alat : Dump Truck
 Merk/Tipe : Mitsubishi Fuso HD125FS
 Kapasitas : 7 – 9 m³

Kondisi Alat : Baik

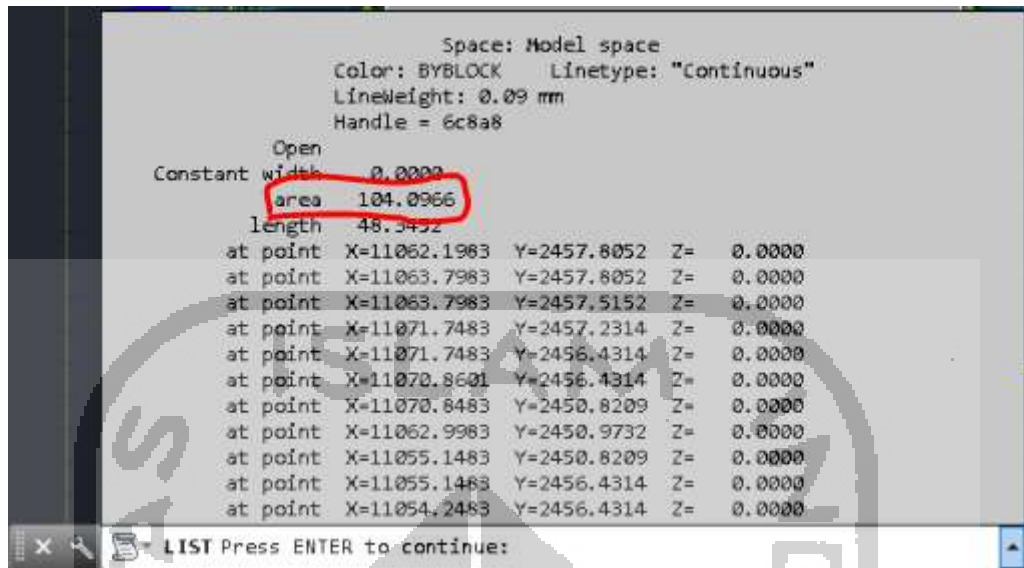
Fungsi Alat : Alat angkut galian tanah ke pembuangan (*quarry*)

5.2.2 Perhitungan Volume Galian Tanah

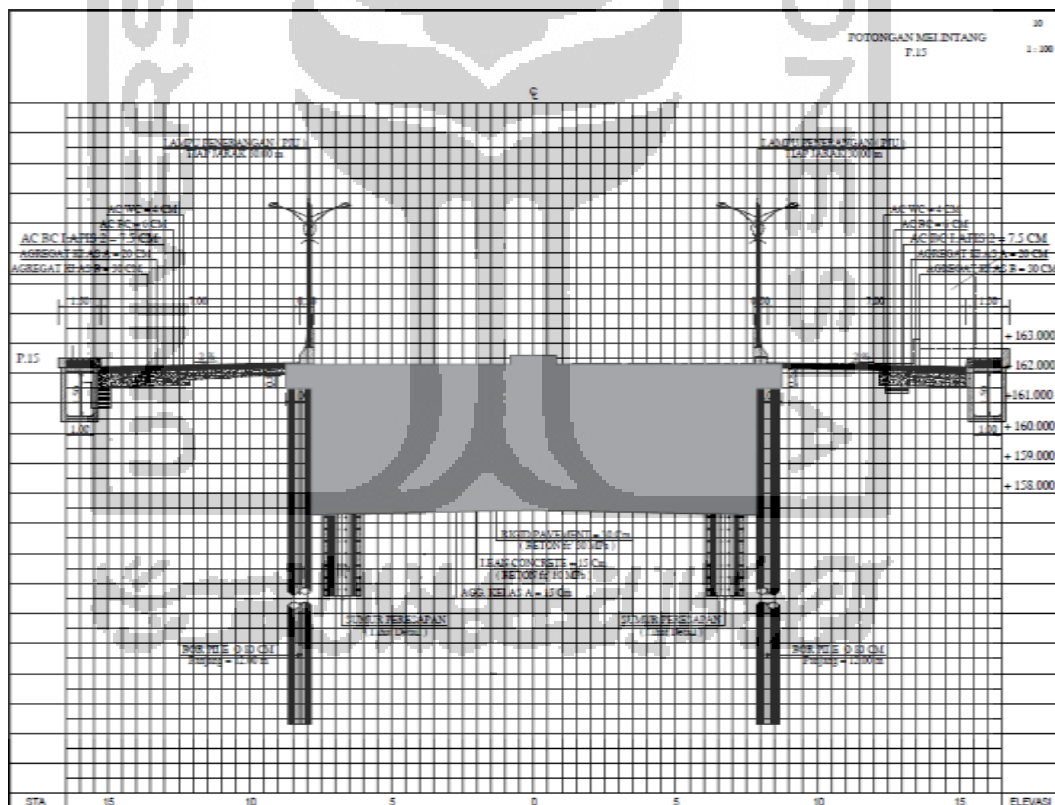
Dalam menghitung volume galian tanah digunakan metode *cross section* dan metode prismoida. Metode *cross section* diterapkan pada software AutoCad untuk mengetahui luas area penampang melintang (*cross section*) dan kemudian dapat menghitung volume galian tanah menggunakan metode prismoidal. Pada gambar 5.3 dapat dilihat contoh perhitungan luas area penampang melintang menggunakan software AutoCad 2016.



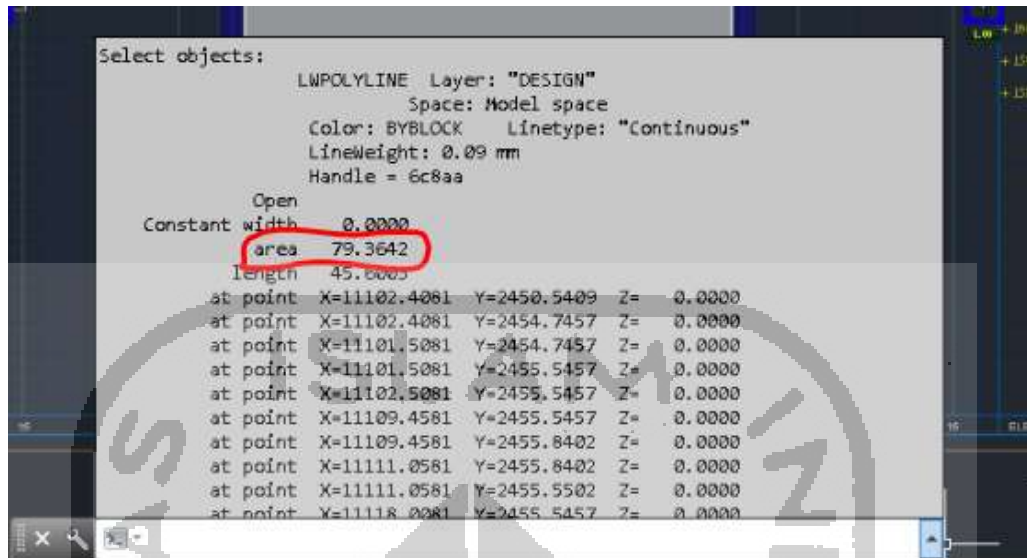
Gambar 5.3 Cross Section P.14 STA 0+700



Gambar 5. 4 Luas area pada Cross Section P.14 STA 0+700



Gambar 5. 5 Cross Section P.15 STA 0+700



Gambar 5. 6 Luas area pada Cross Section P.15 STA 0+700

Setelah mendapatkan dua luas area cross section, langkah selanjutnya adalah mencari volume galian tanah menggunakan metode prismoida. Berikut adalah salah satu contoh perhitungannya.

$$A_1 : 104,0966 \text{ m}^3$$

$$A_2 : 79,3642 \text{ m}^3$$

$$h : 50 \text{ m}$$

$$V : \frac{h}{6} \times (A_1 + 4 \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) + A_2)$$

$$: \frac{50}{6} \times (104,0966 + 4 \left(\frac{104,0966 + 79,3642}{2} \right) + 79,3642)$$

$$: 4586,520 \text{ m}^3$$

Dimana,

$$A_1 : \text{Luas Cross Section 1}$$

$$A_2 : \text{Luas Cross Section 2}$$

$$h : \text{Jarak Cross Section 1 ke Cross Section 2}$$

$$V : \text{Volume Galian Tanah}$$

Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan volume galian tanah pada Tabel 5.1

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Perhitungan Volume Galian Tanah

No.	STATION (STA)	Luas Cross Section (m ²)	d (m)	Panjang Cross (m)	Volume (m ³)
1	P.09/0+401	72,5748	3,6 - 6,0	50	4574,65
2	P.10/0+450	110,411			
5	P.11/0+501	109,328	6,7 - 6,8	35,5	3881,14
6	P.12/0+550	109,328			
7	P.12/0+551	109,328	6,8 - 6,9	50	5509,18
8	P.13/0+600	111,039			
9	P.13/0+601	111,039	6,9 - 5,9	50	5378,4
10	P.14/0+650	104,097			
11	P.14/0+651	104,097	5,9 - 4,2	50	4586,52
12	P.15/0+700	79,3642			
13	P.15/0+701	79,3642	4,2 - 2,4	50	3278,87
14	P.16/0+750	51,7904			
15	P.16/0+751	51,7904	2,4 - 0,5	50	30,2326
16	P.17/0+800	25,6177			
TOTAL					27.238,98

Keterangan :

	Wilayah galian tanah dengan Excavator PC 200-8 (1 m ³)
	Wilayah galian tanah dengan Excavator CAT 306E2 (0,25 m ³)

Dari perhitungan volume galian tanah diatas, diperoleh total galian tanah sebesar 27.238,98 m³. Proses penggalian tanah tersebut dibagi dalam dua tahap, menyesuaikan dengan area yang digali. Untuk pekerjaan galian tanah pada P.09/0+401 sampai P.10/0+450 dan P.14/0+651 sampai P.17/0+600 menggunakan excavator PC 200-8 berkapasitas bucket 1 m³. Sedangkan pada galian utama underpass yaitu pada P.11/0+501 sampai P.14 /0+650 menggunakan excavator CAT 306E2 berkapasitas lebih kecil yaitu 0,25 m³ dimana excavator berkapasitas besar tidak dapat memasuki area tersebut karena terhalang void diatasnya.

Dari data yang diperoleh, jenis tanah penggalian yaitu pasir halus. Mengacu pada buku Rochmanhadi (1986) nilai faktor swelling atau faktor

penggalian yaitu sebesar 1+11% (1,11). Dimana nilai faktor ini adalah koefisien pengali dari kondisi tanah yang digali. Berikut adalah perhitungan perubahan volume galian tanah:

$$\begin{aligned} \text{Total Volume Galian Tanah} &= 27238,98 \text{ m}^3 \\ \text{Volume Galian x Swelling} &= 27238,98 \text{ m}^3 \times (1,11) \\ &= 30235,27 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

5.2.3 'Produktivitas Alat Berat

1. Excavator CAT 306E2

Tipe	: Caterpillar CAT 306E2
Kapasitas Bucket (q')	: 0,25 m ³
Faktor Bucket (K)	: 0,8
Efisiensi Kerja (E)	: 0,75
Waktu Gali	: 5,34 detik
Waktu Putar Isi	: 4,85 detik
Waktu Buang	: 3,85 detik
Waktu Putar Kosong	: 4,01 detik

Berikut adalah rekapitulasi data hasil pengamatan waktu siklus excavator CAT 306E2 pada Tabel 5.2

Tabel 5. 2 Data Pengamatan Waktu Siklus Excavator CAT 306E2

Siklus	PENGAMATAN			
	Gali	Putar (isi)	Buang	Putar (kosong)
waktu (detik)				
1	4,52	4,65	4,4	4,21
2	5,2	5,33	3,89	3,39
3	5,55	5,78	3,61	4,6
4	5,65	4,39	4,23	3,43
5	6,9	4,38	3,17	4,76
6	5,23	4,21	4,42	4,14
7	4,39	5,77	4,71	3,23
8	5,89	4,44	3,21	3,89
9	5,42	3,87	3,19	4,57

Siklus	PENGAMATAN			
	Gali	Putar (isi)	Buang	Putar (kosong)
	waktu (detik)			
10	4,69	5,68	3,67	3,88
Rata-Rata	5,34	4,85	3,85	4,01
Waktu Siklus Rata-rata	18,05			

Merujuk pada penelitian Sokop, dkk. (2018), waktu siklus excavator (Gali, Putar, Buang) menggunakan nilai rata-rata dari sampel yang diambil, bukan yang terbesar atau terkecil.

a. Produktivitas Penggalian

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Siklus (Cms)} &= \text{Waktu gali} + \text{waktu putar isi} + \text{waktu buang} \\
 &\quad + \text{waktu putar kosong} \\
 &= 5,34 + 4,85 + 3,85 + 4,01 \\
 &= 18,05 \text{ detik} = 0,3 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi/siklus (q)} &= q' \times K \\
 &= 0,25 \text{ m}^3 \times 0,8 \\
 &= 0,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Produktivitas excavator per jam (Q)

$$\begin{aligned}
 (Q) &= \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \\
 &= \frac{0,2 \times 3600 \times 0,75}{18}
 \end{aligned}$$

$$= 30 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas excavator per hari

$$\begin{aligned}
 &= \text{produktivitas per jam} \times \text{jam kerja} \\
 &= 30 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam} \\
 &= 240 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2. Excavator PC 200-8

Tipe : Komatsu PC 200-8

Kapasitas Bucket (q') : 1 m³

Faktor Bucket (K) : 0,8

Efisiensi Kerja (E)	: 0,75
Waktu Gali	: 6,24 detik
Waktu Putar Isi	: 5,15 detik
Waktu Buang	: 4,15 detik
Waktu Putar Kosong	: 4,71 detik

Berikut adalah rekapitulasi data hasil pengamatan waktu siklus excavator Komatsu PC 200-8 pada Tabel 5.3

Tabel 5. 3 Data Pengamatan Waktu Siklus Excavator PC 200-8

Siklus	PENGAMATAN			
	Gali	Putar (isi)	Buang	Putar (kosong)
	waktu (detik)			
1	5,52	4,65	4,4	4,21
2	5,2	5,33	4,89	4,39
3	7,55	5,78	3,61	4,6
4	5,65	4,39	4,23	5,43
5	6,9	4,38	3,17	4,76
6	5,23	4,21	4,42	4,14
7	7,39	6,77	4,71	5,23
8	6,89	4,44	3,21	4,89
9	5,42	5,87	4,19	4,57
10	6,69	5,68	4,67	4,88
Rata-Rata	6,24	5,15	4,15	4,71
Waktu Siklus	20,25			

Merujuk pada penelitian Sokop, dkk. (2018), waktu siklus excavator (Gali, Putar, Buang) menggunakan nilai rata-rata dari sampel yang diambil, bukan yang terbesar atau terkecil.

a. Produktivitas Penggalan

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Siklus (Cms)} &= \text{Waktu gali} + \text{Waktu putar isi} + \text{waktu buang} + \\
 &\quad \text{waktu putar kosong} \\
 &= 6,24 + 5,15 + 4,15 + 4,40 \\
 &= 20,25 \text{ detik} = 0,34 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi/siklus (q)} &= q' \times K \\
 &= 1 \text{ m}^3 \times 0,8 \\
 &= 0,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Produktivitas excavator per jam (Q)

$$\begin{aligned}
 (Q) &= \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \\
 &= \frac{0,8 \times 3600 \times 0,75}{20,25} \\
 &= 106,67 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

3. Dump Truck (Untuk Pemuat 1 m³)

Merk/Tipe	: Mitsubishi Fuso HD125FS
Kapasitas Angkut Bak (c)	: 7 – 9 m ³ ≈ 8 m ³
Kapasitas Pemuat (q')	: 1 m ³
Faktor Bucket Pemuat (K)	: 0,8
Efisiensi Kerja (E)	: 0,75
Jarak Angkut (D)	: 21 km = 21.000 m
Kecepatan Bermuatan (V ₁)	: 24,70 km/jam = 406,67 m/menit
Kecepatan Kosong (V ₂)	: 35,00 km/jam = 566,67 m/menit
Waktu Buang (t ₁)	: 0,38 menit
Waktu Tunggu (t ₂)	: 0,72 menit
Waktu Siklus Pemuat (Cms)	: 0,34 menit

Kecepatan dump truck pada kondisi bermuatan dan pada kondisi kosong dapat dicari dari perhitungan secara teoritis dari hasil pengamatan, berikut contoh perhitungannya:

1.) Kondisi Bermuatan

$$\text{Jarak pembuangan (d)} = 21 \text{ km}$$

$$\text{Jam Berangkat} = 13:36$$

$$\text{Jam Tiba} = 14:27$$

$$\text{Lama Perjalanan (t)} = \text{Jam Tiba} - \text{Jam Berangkat}$$

$$= 51 \text{ menit} \approx 0,85 \text{ jam}$$

$$\text{Kecepatan (v)} = \frac{d}{t}$$

$$= \frac{21 \text{ km}}{0,85 \text{ jam}} = 24,70 \text{ km/jam} \approx 25 \text{ km/jam}$$

2.) Kondisi Kosong

$$\begin{aligned} \text{Jarak pembuangan (d)} &= 21 \text{ km} \\ \text{Jam Berangkat} &= 14:34 \\ \text{Jam Tiba} &= 15:10 \\ \text{Lama Perjalanan (t)} &= \text{Jam Tiba} - \text{Jam Berangkat} \\ &= 36 \text{ menit} \approx 0,6 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan (v)} &= \frac{d}{t} \\ &= \frac{21 \text{ km}}{0,6 \text{ jam}} = 35 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Kelengkapan data-data pengamatan dan validasi data dapat dilihat pada bagian lampiran. Berikut adalah rekapitulasi data hasil pengamatan waktu siklus dump truck untuk pemuat excavator Komatsu PC 200-8 pada Tabel 5.4

Tabel 5. 4 Data Waktu Siklus Dump Truck (Pemuat Excavator 1m³)

No	Tanggal	Loading	Berangkat		Dumping	Pulang		Jarak
			Start	Finish		Start	Finish	
1	8/7 '19	43,22	13.36	14.27	23,42	14.34	15.10	21 km
2	9/7 '19	42,18	08.42	09.40	22,81	09.47	10.24	21 km
3	9/7 '19	44,47	13.23	14.14	21,63	14.21	14.59	21 km
4	10/7 '19	42,61	09.32	10.09	22,20	10.17	10.53	21 km
5	10/7 '19	43,8	13.41	14.39	23,42	14.45	15.23	21 km

- a. Produktivitas dump truck yang dimuat oleh excavator kapasitas 1 m³ dengan waktu siklus (Cms) 0,3 menit.

Jumlah siklus excavator untuk mengisi 1 dump truck (n)

$$\begin{aligned} (n) &= \frac{c}{q' \times K} \\ &= \frac{8 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3 \times 0,8} \\ &= 10 \text{ siklus} \end{aligned}$$

$$\text{Produksi per siklus (C)} = n \times q' \times K$$

$$= 10 \times 1 \text{ m}^3 \times 0,8$$

$$= 8 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Siklus (Cm)} &= n \times Cms + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2 \\ &= 10 \times 0,34 + \frac{21000}{406,67} + \frac{21000}{566,67} + 0,38 + 0,72 \\ &= 93,20 \text{ menit} \approx 1,55 \text{ jam} \end{aligned}$$

Produktivitas per jam (m^3/jam)

$$\begin{aligned} Q &= \frac{c \times 60 \times E}{Cm} \\ &= \frac{8 \times 60 \times 0,75}{93,20} \\ &= 3,86 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

4. Dump Truck (Untuk Pemuat $0,25 \text{ m}^3$)

Merk/Tipe	: Mitsubishi Fuso HD125FS
Kapasitas Angkut Bak (c)	: $7 - 9 \text{ m}^3 \approx 8 \text{ m}^3$
Kapasitas Pemuat (q')	: $0,25 \text{ m}^3$
Faktor Bucket Pemuat (K)	: 0,8
Efisiensi Kerja (E)	: 0,75
Jarak Angkut (D)	: 21 km = 21.000 m
Kecepatan Bermuatan (V_1)	: 23,86 km/jam = 410 m/menit
Kecepatan Kosong (V_2)	: 33,00 km/jam = 556,67 m/menit
Waktu Buang (t_1)	: 0,38 menit
Waktu Tunggu (t_2)	: 0,72 menit
Waktu Siklus Pemuat (Cms)	: 0,3 menit

Kecepatan dump truck pada kondisi bermuatan dan pada kondisi kosong dapat dicari dari perhitungan secara teoritis dari hasil pengamatan, berikut contoh perhitungannya:

1.) Kondisi Bermuatan

Jarak pembuangan (d)	= 21 km
Jam Berangkat	= 08:21
Jam Tiba	= 09:14
Lama Perjalanan (t)	= Jam Tiba – Jam Berangkat
	= 53 menit \approx 0,88 jam

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan (v)} &= \frac{d}{t} \\ &= \frac{21 \text{ km}}{0,88 \text{ jam}} = 23,86 \text{ km/jam} \approx 24 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

2.) Kondisi Kosong

$$\text{Jarak pembuangan (d)} = 21 \text{ km}$$

$$\text{Jam Berangkat} = 09:22$$

$$\text{Jam Tiba} = 10:02$$

$$\begin{aligned} \text{Lama Perjalanan (t)} &= \text{Jam Tiba} - \text{Jam Berangkat} \\ &= 40 \text{ menit} \approx 0,67 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan (v)} &= \frac{d}{t} \\ &= \frac{21 \text{ km}}{0,67 \text{ jam}} = 32,34 \text{ km/jam} \approx 33 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Kelengkapan data-data pengamatan dan validasi data dapat dilihat pada bagian lampiran. Berikut adalah rekapitulasi data hasil pengamatan waktu siklus dump truck untuk pemuat excavator CAT 306E2 pada Tabel 5.5

Tabel 5. 5 Data Waktu Siklus Dump Truck (Pemuat Excavator 0,25 m³)

No	Tanggal	Loading	Berangkat		Dumping	Pulang		Jarak
			Start	Finish		Start	Finish	
1	11/7 '19	43,2	08.21	09.14	23,4	09.22	10.02	21 km
2	11/7 '19	42	13.27	14.17	22,8	14.23	15.01	21 km
3	12/7 '19	44,4	08.41	09.29	21,6	09.35	10.11	21 km
4	13/7 '19	42,6	08.52	09.45	22,2	09.53	10.29	21 km
5	13/7 '19	43,8	13.42	14.34	23,4	14.39	15.16	21 km

- a. Produktivitas dump truck yang dimuat oleh excavator kapasitas 0,25 m³ dengan waktu siklus (Cms) 0,3 menit.

Jumlah siklus excavator untuk mengisi 1 dump truck (n)

$$\begin{aligned} (n) &= \frac{c}{q' \times K} \\ &= \frac{8 \text{ m}^3}{0,25 \text{ m}^3 \times 0,8} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 40 \text{ siklus} \\
 \text{Produksi per siklus (C)} &= n \times q' \times K \\
 &= 40 \times 0,25 \text{ m}^3 \times 0,8 \\
 &= 8 \text{ m}^3 \\
 \text{Waktu Siklus (Cm)} &= n \times Cms + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2 \\
 &= 40 \times 0,3 + \frac{21000}{410} + \frac{21000}{556,67} + 0,38 + 0,72 \\
 &= 102,04 \text{ menit} \approx 1,7 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas per jam (m}^3\text{/jam)} \\
 Q &= \frac{c \times 60 \times E}{Cm} \\
 &= \frac{8 \times 60 \times 0,75}{102,04} \\
 &= 3,52 \text{ m}^3\text{/jam}
 \end{aligned}$$

5.2.4 Biaya Sewa Alat Berat

Dari hasil pengumpulan data didapatkan harga sewa alat berat yang digunakan pada proyek pembangunan underpass Kentungan untuk pekerjaan galian tanah. Harga sewa alat berat yang didapat sudah termasuk biaya bahan bakar dan operator. Berikut adalah rincian biaya sewa alat berat untuk pekerjaan galian tanah :

1. Excavator
 - a. Merek/Tipe : Excavator Caterpillar CAT 306E2
 Harga Sewa Alat : Rp. 275.000,00 - per jam
 Biaya Sewa/hari : Rp. 275.000,00 - \times 8 jam = Rp. 2.200.000,00/hari
 - b. Merek/Tipe : Excavator Komatsu PC 200-8
 Harga Sewa Alat : Rp. 575.000,00 - per jam
 Biaya Sewa/hari : Rp. 575.000,00 \times 8 jam = Rp. 4.600.000,00/hari
2. Dump Truck
 - Merek/Tipe : Mitsubishi Fuso HD125FS
 Harga Sewa Alat : Rp. 87.500,00- per jam
 Biaya Sewa/hari : Rp. 87.500,00 \times 8 jam = Rp. 700.000,00/hari

5.2.5 Perhitungan Analisis (*Existing*)

Dari pengumpulan data yang diperoleh dapat dilakukan perhitungan analisis alternatif berdasarkan hasil perhitungan produksi tiap alat berat serta analisis perhitungan biaya sewa alat berat. Pada kondisi di lapangan (*existing*) digunakan alat berat pada galian I berupa 1 unit excavator Komatsu PC 200-8 kapasitas 1 m³, dan 35 rit dump truck. Pada galian II digunakan alat berat berupa 1 unit excavator Caterpillar CAT 306E2 kapasitas 0,25 m³ dan 25 rit dump truck. kapasitas rata-rata 8 m³. Berikut adalah perhitungan kondisi di lapangan (*existing*).

a. Pekerjaan Galian I

1. Excavator

Jenis Alat	: Excavator Komatsu PC 200-8
Volume Bucket (q)	: 1 m ³
Kondisi Alat	: Baik
Faktor Bucket	: 0,8
Efisiensi Kerja	: 0,75
Waktu Gali	: 6,24 detik
Waktu Putar Isi	: 5,15 detik
Waktu Buang	: 4,15 detik
Waktu Putar Kosong	: 4,71 detik
Waktu Siklus (Cms)	= Waktu gali + Waktu putar isi + waktu buang + waktu putar kosong
	= 6,24 + 5,15 + 4,15 + 4,40
	= 20,25 detik = 0,34 menit
Produksi/siklus (q)	= q' × K
	= 1 m ³ × 0,8
	= 0,8 m ³

Produktivitas excavator per jam (Q)

$$\begin{aligned}
 (Q) &= \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \\
 &= \frac{0,8 \times 3600 \times 0,75}{20,25} \\
 &= 106,67 \text{ m}^3/\text{jam} = 853,36 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Waktu Kerja Excavator :

$$= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}}$$

$$= \frac{13841,98 \text{ m}^3}{853,36 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 16,22 \approx 17 \text{ hari}$$

$$\text{Biaya Sewa Alat} = \text{Rp. } 4.600.000,00/\text{hari} \times 17 \text{ hari} \times 1 \text{ unit}$$

$$= \text{Rp. } 78.200.000,00 -$$

2. Dump Truck

Merk/Tipe	: Mitsubishi Fuso HD125FS
Kapasitas Angkut Bak (c)	: $7 - 9 \text{ m}^3 \approx 8 \text{ m}^3$
Kapasitas Pemuat (q')	: 1 m^3
Faktor Bucket Pemuat (K)	: 0,8
Efisiensi Kerja (E)	: 0,75
Jarak Angkut (D)	: 21 km = 21.000 m
Kecepatan Bermuatan (V ₁)	: 24,40 km/jam = 406,67 m/menit
Kecepatan Kosong (V ₂)	: 34,00 km/jam = 566,67 m/menit
Waktu Buang (t ₁)	: 0,38 menit
Waktu Tunggu (t ₂)	: 0,72 menit
Waktu Siklus Pemuat (Cms)	: 0,34 menit
Jumlah Dump Truck (<i>existing</i>)	: 35 rit dump truck per hari

Kecepatan dump truck pada kondisi bermuatan dan pada kondisi kosong dapat dicari dari perhitungan secara teoritis dari hasil pengamatan, berikut contoh perhitungannya:

1.) Kondisi Bermuatan

$$\text{Jarak pembuangan (d)} = 21 \text{ km}$$

$$\text{Jam Berangkat} = 13:36$$

$$\text{Jam Tiba} = 14:27$$

$$\text{Lama Perjalanan (t)} = \text{Jam Tiba} - \text{Jam Berangkat}$$

$$= 51 \text{ menit} \approx 0,85 \text{ jam}$$

$$\text{Kecepatan (v)} = \frac{d}{t}$$

$$= \frac{21 \text{ km}}{0,85 \text{ jam}} = 24,40 \text{ km/jam}$$

2.) Kondisi Kosong

$$\begin{aligned} \text{Jarak pembuangan (d)} &= 21 \text{ km} \\ \text{Jam Berangkat} &= 14:34 \\ \text{Jam Tiba} &= 15:10 \\ \text{Lama Perjalanan (t)} &= \text{Jam Tiba} - \text{Jam Berangkat} \\ &= 36 \text{ menit} \approx 0,6 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan (v)} &= \frac{d}{t} \\ &= \frac{21 \text{ km}}{0,6 \text{ jam}} = 34 \text{ km/jam} \end{aligned}$$

Jumlah siklus excavator untuk mengisi 1 dump truck (n)

$$\begin{aligned} (n) &= \frac{c}{q' \times K} \\ &= \frac{8 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3 \times 0,8} \\ &= 10 \text{ siklus} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi per siklus (C)} &= n \times q' \times K \\ &= 10 \times 1 \text{ m}^3 \times 0,8 \\ &= 8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Siklus (Cm)} &= n \times Cms + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2 \\ &= 10 \times 0,34 + \frac{21000}{406,67} + \frac{21000}{566,67} + 0,38 + 0,72 \\ &= 93,20 \text{ menit} \approx 1,55 \text{ jam} \end{aligned}$$

Produktivitas per jam (m^3/jam)

$$\begin{aligned} Q &= \frac{c \times 60 \times E}{Cm} \\ &= \frac{8 \times 60 \times 0,75}{93,20} \\ &= 3,86 \text{ m}^3/\text{jam} = 30,88 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Waktu kerja dump truck :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Jumlah Alat} \times \text{Produksi per Hari}} \\ &= \frac{13841,98 \text{ m}^3}{35 \times 30,88} \\ &= 12,80 \text{ hari} \approx 13 \text{ hari} \end{aligned}$$

Karena dump truck dan excavator bekerja bersamaan maka waktu kerja dump truck menyesuaikan waktu kerja exavator selama 17 hari

$$\begin{aligned} \text{Biaya Sewa Alat} &= \text{Rp. } 700.000,00/\text{hari} \times 17 \text{ hari} \times 7 \text{ unit} \\ &= \text{Rp. } 83.300.000,00 - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya sewa pada pekerjaan galian 1 :} & \\ &= \text{sewa excavator} + \text{sewa dump truck} \\ &= \text{Rp. } 78.200.000 + \text{Rp. } 73.500.000 \\ &= \text{Rp. } 151.700.000,00- \end{aligned}$$

$$\text{Durasi pekerjaan} = 17 \text{ hari}$$

3. Optimalisasi Alat Berat

Kebutuhan dump truck agar efisien dalam kombinasi produktivitas kedua alat tersebut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Dump Truck} &= \frac{\text{Produktivitas Excavator per hari}}{\text{Produktivitas Dump Truck per hari}} \\ &= \frac{853,36 \text{ m}^3/\text{hari}}{30,88 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 27,63 = 28 \text{ rit dump truck per hari} \end{aligned}$$

Jumlah DT menyesuaikan siklus DT :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Jumlah DT per hari}}{\text{Jumlah siklus DT per hari}} \\ &= \frac{28 \text{ unit}}{5 \text{ siklus}} \\ &= 5,6 \approx 6 \text{ unit DT per hari} \end{aligned}$$

b. Pekerjaan Galian II

1. Excavator

Tipe : Caterpillar CAT 306E2

Kapasitas Bucket (q') : 0,25 m³

Faktor Bucket (K) : 0,8

Efisiensi Kerja (E) : 0,75

Waktu Gali : 5,34 detik

Waktu Putar Isi : 4,85 detik

Waktu Buang : 3,85 detik

Waktu Putar Kosong : 4,01 detik

$$\begin{aligned} \text{Waktu Siklus (Cms)} &= \text{Waktu gali} + \text{waktu putar isi} + \text{waktu buang} \\ &\quad + \text{waktu putar kosong} \end{aligned}$$

$$= 5,34 + 4,85 + 3,85 + 4,01$$

$$= 18,05 \text{ detik} = 0,3 \text{ menit}$$

$$\text{Produksi/siklus (q)} = q' \times K$$

$$= 0,25 \text{ m}^3 \times 0,8 \times 1,00$$

$$= 0,2 \text{ m}^3$$

Produktivitas excavator per jam (Q)

$$(Q) = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm}$$

$$= \frac{0,2 \times 3600 \times 0,75}{18}$$

$$= 30 \text{ m}^3/\text{jam} = 240 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Waktu Kerja Excavator :

$$= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}}$$

$$= \frac{16393,28 \text{ m}^3}{240 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 68,30 \approx 69 \text{ hari}$$

$$\text{Biaya Sewa Alat} = \text{Rp. } 2.200.000,00/\text{hari} \times 69 \text{ hari} \times 1 \text{ unit}$$

$$= \text{Rp. } 151.800.000,00 -$$

2. Dump Truck

Merk/Tipe : Mitsubishi Fuso HD125FS

Kapasitas Angkut Bak (c) : $7 - 9 \text{ m}^3 \approx 8 \text{ m}^3$

Kapasitas Pemuat (q')

: $0,25 \text{ m}^3$

Faktor Bucket Pemuat (K) : 0,8

Efisiensi Kerja (E) : 0,75

Jarak Angkut (D) : 21 km = 21.000 m

Kecepatan Bermuatan (V_1) : 24,60 km/jam = 410 m/menit

Kecepatan Kosong (V_2) : 33,40 km/jam = 556,67 m/menit

Waktu Buang (t_1) : 0,38 menit

Waktu Tunggu (t_2) : 0,72 menit

Waktu Siklus Pemuat (Cms) : 0,3 menit

Jumlah Dump Truck (*existing*) : 25 rit dump truck per hari

Kecepatan dump truck pada kondisi bermuatan dan pada kondisi kosong dapat dicari dari perhitungan secara teoritis dari hasil pengamatan, berikut contoh perhitungannya:

1.) Kondisi Bermuatan

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak pembuangan (d)} &= 21 \text{ km} \\
 \text{Jam Berangkat} &= 08:21 \\
 \text{Jam Tiba} &= 09:14 \\
 \text{Lama Perjalanan (t)} &= \text{Jam Tiba} - \text{Jam Berangkat} \\
 &= 53 \text{ menit} \approx 0,88 \text{ jam} \\
 \text{Kecepatan (v)} &= \frac{d}{t} \\
 &= \frac{21 \text{ km}}{0,88 \text{ jam}} = 24,60 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

2.) Kondisi Kosong

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak pembuangan (d)} &= 21 \text{ km} \\
 \text{Jam Berangkat} &= 09:22 \\
 \text{Jam Tiba} &= 10:02 \\
 \text{Lama Perjalanan (t)} &= \text{Jam Tiba} - \text{Jam Berangkat} \\
 &= 40 \text{ menit} \approx 0,67 \text{ jam} \\
 \text{Kecepatan (v)} &= \frac{d}{t} \\
 &= \frac{21 \text{ km}}{0,67 \text{ jam}} = 33,40 \text{ km/jam} \\
 \text{Jumlah siklus excavator untuk mengisi 1 dump truck (n)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (n) &= \frac{c}{q' \times K} \\
 &= \frac{8 \text{ m}^3}{0,25 \text{ m}^3 \times 0,8} \\
 &= 40 \text{ siklus}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi per siklus (C)} &= n \times q' \times K \\
 &= 40 \times 0,25 \text{ m}^3 \times 0,8 \\
 &= 8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Siklus (Cm)} &= n \times Cms + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2 \\
 &= 40 \times 0,3 + \frac{21000}{410} + \frac{21000}{556,67} + 0,38 + 0,72
 \end{aligned}$$

$$= 102,04 \text{ menit} \approx 1,7 \text{ jam}$$

Produktivitas per jam (m^3/jam)

$$\begin{aligned} Q &= \frac{c \times 60 \times E}{Cm} \\ &= \frac{8 \times 60 \times 0,75}{102,04} \\ &= 3,52 \text{ m}^3/\text{jam} = 28,16 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Waktu kerja dump truck :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Jumlah Alat} \times \text{Produksi per Hari}} \\ &= \frac{16393,28 \text{ m}^3}{25 \times 28,16} \\ &= 23,28 \text{ hari} \approx 24 \text{ hari} \end{aligned}$$

Karena dump truck dan excavator bekerja bersamaan maka waktu kerja dump truck menyesuaikan waktu kerja excavator selama 69 hari

$$\begin{aligned} \text{Biaya Sewa Alat} &= \text{Rp. } 700.000,00/\text{hari} \times 69 \text{ hari} \times 5 \text{ unit} \\ &= \text{Rp. } 241.500.000,00 - \end{aligned}$$

Total biaya sewa pada pekerjaan galian II :

$$\begin{aligned} &= \text{sewa excavator} + \text{sewa dump truck} \\ &= \text{Rp. } 151.800.000 + \text{Rp. } 241.500.000 \\ &= \text{Rp. } 393.300.000,00 - \end{aligned}$$

$$\text{Durasi pekerjaan} = 69 \text{ hari}$$

3. Optimalisasi Alat Berat

Kebutuhan dump truck agar efisien dalam kombinasi produktivitas kedua alat tersebut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Dump Truck} &= \frac{\text{Produktivitas Excavator per hari}}{\text{Produktivitas Dump Truck per hari}} \\ &= \frac{240 \text{ m}^3/\text{hari}}{28,16 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 8,52 = 9 \text{ rit dump truck per hari} \end{aligned}$$

Jumlah DT menyesuaikan siklus DT :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Jumlah DT per hari}}{\text{Jumlah siklus DT per hari}} \\ &= \frac{9 \text{ unit}}{4 \text{ siklus}} \\ &= 2,25 \approx 3 \text{ unit DT per hari} \end{aligned}$$

c. Akumulasi Perhitungan Alternatif 1 :

1. Biaya sewa alat = sewa alat galian I + sewa alat galian II
= Rp. 151.700.000 + Rp. 393.300.000
= Rp. 545.000.000, 00-
2. Durasi pekerjaan = Durasi galian I + Durasi galian II
= 17 hari + 69 hari
= 86 hari

5.2.6 Perhitungan Analisis Alternatif Kombinasi Alat Berat

1) Alternatif 1

Pada alternatif 1 digunakan alat berat untuk pekerjaan galian I berupa 3 unit excavator PC 200-8 kapasitas 1 m³ dan pada galian II menggunakan 2 unit excavator kapasitas 0,25 m³. Jumlah dump truck menyesuaikan produktivitas excavator tiap galian.

a. Pekerjaan Galian I

1. Excavator

Berikut ini adalah perhitungan untuk pekerjaan galian I menggunakan excavator Komatsu PC 200-8 kapasitas (1 m³).

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| Jumlah Alat (n) | = 3 unit |
| Jam Kerja Alat | = 8 jam/hari |
| Volume Galian | = 13841,98 m ³ |
| Produksi Excavator (Q) | = 106,67 m ³ /jam |
| Biaya Sewa Alat per hari | = Rp. 4.600.000,00/hari |

Produksi Excavator Keseluruhan :

$$\begin{aligned}
 &= Q \times n \\
 &= 106,67 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ unit} \times 8 \text{ jam} \\
 &= 2560,08 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Waktu Kerja Excavator :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}} \\
 &= \frac{13841,98 \text{ m}^3}{2560,08 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 5,4 \approx 6 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Biaya Sewa Alat = Rp. 4.600.000,00/hari \times 6 hari \times 3 unit

$$= \text{Rp. } 82.800.000,00 -$$

Pada pekerjaan galian I excavator digunakan untuk menggali sekaligus memuat ke dump truck.

2. Dump Truck

$$\text{Volume muatan galian} = 13841,98 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu kerja excavator} = 6 \text{ hari}$$

$$\text{Produksi excavator} = 2560,08 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produksi DT per jam} = 3,86 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi DT per hari} &= 3,86 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam} \\ &= 30,88 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Biaya Sewa Alat per hari} = \text{Rp. } 700.000,00/\text{hari}$$

Menentukan jumlah dump truck

$$= \frac{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}}{\text{Produktivitas Dump Truck per Hari}}$$

$$= \frac{2560,08 \text{ m}^3/\text{hari}}{30,88 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 82,90 \approx 83 \text{ rit DT per hari}$$

Jumlah DT menyesuaikan siklus DT :

$$= \frac{\text{Jumlah DT per hari}}{\text{Jumlah siklus DT per hari}}$$

$$= \frac{83 \text{ unit}}{5 \text{ siklus}}$$

$$= 16,6 \approx 17 \text{ unit DT per hari}$$

Produksi dump truck keseluruhan :

$$= Q \times n$$

$$= 3,86 \text{ m}^3/\text{jam} \times 83 \text{ rit} \times 8 \text{ jam}$$

$$= 864,64 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Waktu kerja dump truck :

$$= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Jumlah Alat} \times \text{Produksi per Hari}}$$

$$= \frac{13841,98 \text{ m}^3}{83 \times 30,88}$$

$$= 5,4 \text{ hari} \approx 6 \text{ hari}$$

$$\text{Biaya Sewa Alat} = \text{Rp. } 700.000,00/\text{hari} \times 6 \text{ hari} \times 17 \text{ unit}$$

$$= \text{Rp. } 71.400.000,00 -$$

Total biaya sewa pada pekerjaan galian 1 :

= sewa excavator + sewa dump truck

= Rp. 82.800.000 + Rp. 71.400.000

= Rp. 154.200.000, 00-

Durasi pekerjaan = 6 hari

b. Pekerjaan Galian II

1. Excavator

Berikut ini adalah perhitungan untuk pekerjaan galian II menggunakan excavator Caterpillar CAT 306E2 kapasitas (0,25 m³).

Jumlah Alat (n) = 2 unit

Jam Kerja Alat = 8 jam/hari

Volume Galian = 16393,28 m³

Produksi Excavator (Q) = 30 m³/jam

Biaya Sewa Alat per hari = Rp. 2.200.000,00/hari

Produksi Excavator Keseluruhan :

= $Q \times n$

= 30 m³/jam \times 2 unit \times 8 jam

= 480 m³/hari

Waktu Kerja Excavator :

$$= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}}$$

$$= \frac{16393,28 \text{ m}^3}{480 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

= 34,15 \approx 35 hari

Biaya Sewa Alat = Rp. 2.200.000,00/hari \times 35 hari \times 2 unit

= Rp. 154.000.000, 00 -

Pada pekerjaan galian I excavator digunakan untuk menggali sekaligus memuat ke dump truck.

2. Dump Truck

Volume muatan galian = 16393,28 m³

Waktu kerja excavator = 35 hari

Produksi excavator = 480 m³/hari

Produksi DT per jam = 3,52 m³/jam

$$\begin{aligned} \text{Produksi DT per hari} &= 3,52 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam} \\ &= 28,16 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Biaya Sewa Alat per hari} = \text{Rp. } 700.000,00/\text{hari}$$

Menentukan jumlah dump truck :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}}{\text{Produktivitas Dump Truck per Hari}} \\ &= \frac{480 \text{ m}^3/\text{jam}}{28,16 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 17 \text{ rit DT per hari} \end{aligned}$$

Jumlah DT menyesuaikan siklus DT :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Jumlah DT per hari}}{\text{Jumlah siklus DT per hari}} \\ &= \frac{17 \text{ unit}}{5 \text{ siklus}} \\ &= 3,4 \approx 4 \text{ unit DT per hari} \end{aligned}$$

Produksi dump truck keseluruhan :

$$\begin{aligned} &= Q \times n \\ &= 3,52 \text{ m}^3/\text{jam} \times 17 \text{ rit} \times 8 \text{ jam} \\ &= 478,72 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Waktu kerja dump truck :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Jumlah Alat} \times \text{Produksi per Hari}} \\ &= \frac{16393,28 \text{ m}^3}{17 \times 28,16 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 34,24 \text{ hari} \approx 35 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Sewa Alat} &= \text{Rp. } 700.000,00/\text{hari} \times 35 \text{ hari} \times 4 \text{ unit} \\ &= \text{Rp. } 98.000.000,00- \end{aligned}$$

Total biaya sewa pada pekerjaan galian II :

$$\begin{aligned} &= \text{sewa excavator} + \text{sewa dump truck} \\ &= \text{Rp. } 154.000.000 + \text{Rp. } 98.000.000 \\ &= \text{Rp. } 252.000.000,00- \end{aligned}$$

$$\text{Durasi pekerjaan} = 35 \text{ hari}$$

c. Akumulasi Perhitungan Alternatif 1 :

$$\text{Biaya sewa alat} = \text{sewa alat galian I} + \text{sewa alat galian II}$$

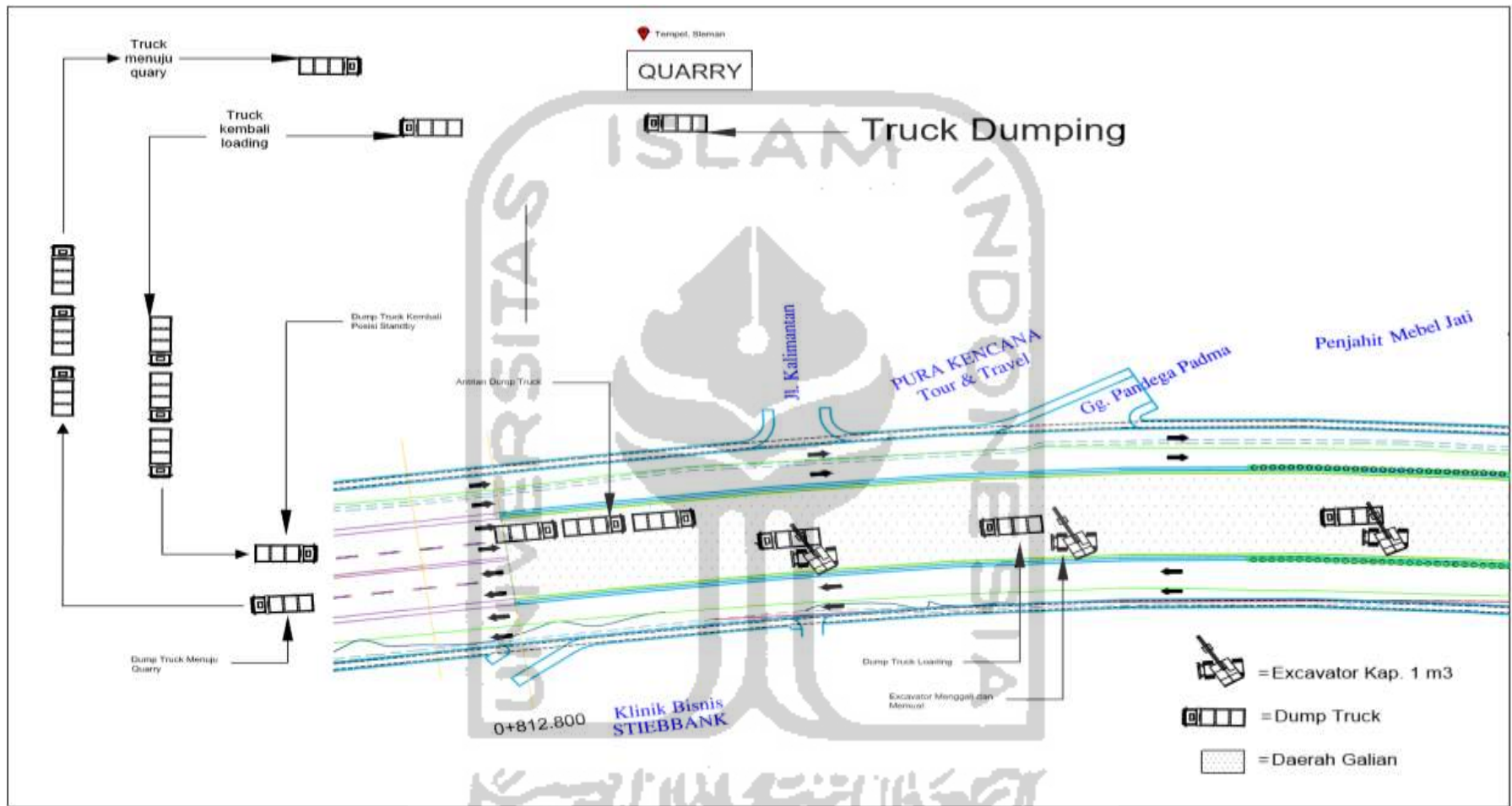
= Rp. 154.200.000 + Rp. 252.000.000
= Rp. 406.200.000, 00-
Durasi pekerjaan = Durasi galian I + Durasi galian II
= 6 hari + 35 hari = 41 hari



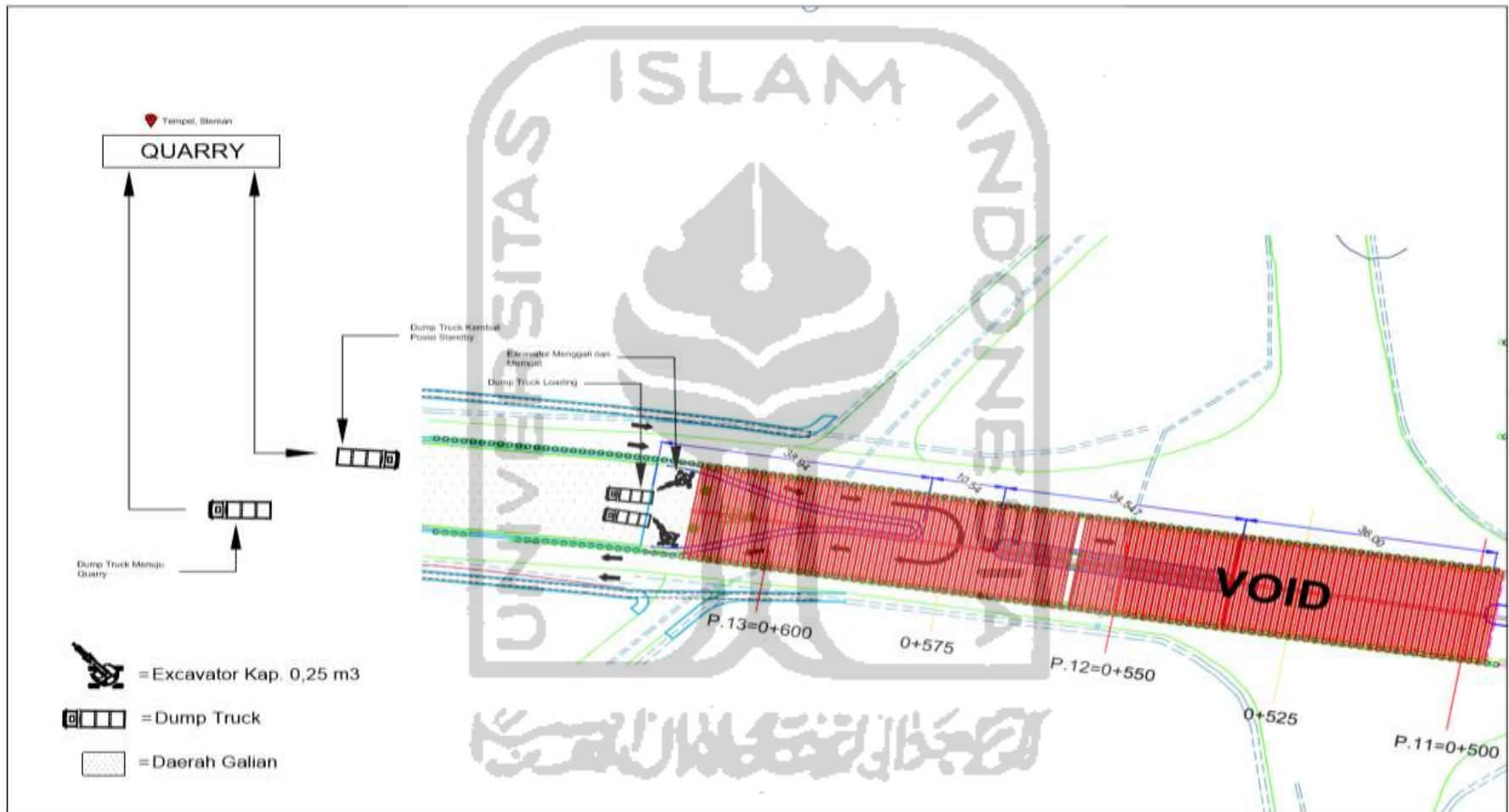
Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan kombinasi alat berat alternatif 1 pada Tabel 5.6 dan sketsa pergerakan alat pada Gambar 5.7 – 5.8

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Alternatif 1

Pekerjaan	Jenis Alat	Jumlah	Biaya Sewa/ jam	Jam Kerja/ hari	Volume	Produksi/ jam	Produksi/ hari	Waktu Pekerjaan		Biaya
Galian I	Excavator (1 m3)	3	Rp 575.000	8	13841,98	106,67	2560,08	5,4	6 hari	Rp 82.800.000
	Dump Truck	17	Rp 87.500	8		3,86	30,88	5,4		Rp 72.400.000
Galian II	Excavator (0,25 m3)	2	Rp 275.000	8	16393,28	30	480	34,15	35 hari	Rp 154.000.000
	Dump Truck	4	Rp 87.500	8		3,52	28,16	34,24		Rp 98.000.000
TOTAL								41 hari	Rp 406.200.000	



Gambar 5.7 Sketsa Pergerakan Alat Berat pada Galian I



Gambar 5.8 Sketsa Pergerakan Alat Berat pada Galian II

2) Alternatif 2

Pada alternatif 2 digunakan alat berat untuk pekerjaan galian 2 berupa 2 unit excavator PC 200-8 kapasitas 1 m³ dan pada galian II menggunakan 1 unit excavator CAT 306E2 kapasitas 0,25 m³. Jumlah dump truck menyesuaikan produktivitas excavator tiap galian.

a. Pekerjaan Galian I

1. Excavator

Berikut ini adalah perhitungan untuk pekerjaan galian I menggunakan excavator Komatsu PC 200-8 kapasitas (1 m³).

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Alat (n)} &= 2 \text{ unit} \\
 \text{Jam Kerja Alat} &= 8 \text{ jam/hari} \\
 \text{Volume Galian} &= 13841,98 \text{ m}^3 \\
 \text{Produksi Excavator (Q)} &= 106,67 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Biaya Sewa Alat per hari} &= \text{Rp. } 4.600.000,00/\text{hari} \\
 \text{Produksi Excavator Keseluruhan :} \\
 &= Q \times n \\
 &= 106,67 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ unit} \times 8 \text{ jam} \\
 &= 1706,72 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Waktu Kerja Excavator :} \\
 &= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}} \\
 &= \frac{13841,98 \text{ m}^3}{1706,72 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 8,11 \approx 9 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Sewa Alat} &= \text{Rp. } 4.600.000,00/\text{hari} \times 9 \text{ hari} \times 2 \text{ unit} \\
 &= \text{Rp. } 82.800.000,00 -
 \end{aligned}$$

Pada pekerjaan galian I excavator digunakan untuk menggali sekaligus memuat ke dump truck.

2. Dump Truck

$$\begin{aligned}
 \text{Volume muatan galian} &= 13841,98 \text{ m}^3 \\
 \text{Waktu kerja excavator} &= 8 \text{ hari} \\
 \text{Produksi excavator} &= 1706,72 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Produksi DT per jam} &= 3,86 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produksi DT per hari} &= 3,86 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$= 30,86 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Biaya Sewa Alat per hari = Rp. 700.000,00/hari

Menentukan jumlah dump truck

$$= \frac{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}}{\text{Produktivitas Dump Truck per Hari}}$$

$$= \frac{1706,72 \text{ m}^3/\text{hari}}{30,85 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 55,30 \text{ unit} \approx 56 \text{ rit DT per hari}$$

Jumlah DT menyesuaikan siklus DT :

$$= \frac{\text{Jumlah DT per hari}}{\text{Jumlah siklus DT per hari}}$$

$$= \frac{56 \text{ unit}}{5 \text{ siklus}}$$

$$= 11,2 \approx 12 \text{ unit DT per hari}$$

Produksi dump truck keseluruhan :

$$= Q \times n$$

$$= 3,86 \text{ m}^3/\text{jam} \times 56 \text{ rit} \times 8 \text{ jam}$$

$$= 1729,28 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Waktu kerja dump truck :

$$= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Jumlah Alat} \times \text{Produksi per Hari}}$$

$$= \frac{13841,98 \text{ m}^3}{56 \times 30,85}$$

$$= 8,01 \text{ hari} \approx 9 \text{ hari}$$

Biaya Sewa Alat = Rp. 700.000,00/hari \times 9 hari \times 12 unit

$$= \text{Rp. } 75.600.000,00 -$$

Total biaya sewa pada pekerjaan galian 1 :

$$= \text{sewa excavator} + \text{sewa dump truck}$$

$$= \text{Rp. } 82.800.000 + \text{Rp. } 75.600.000$$

$$= \text{Rp. } 158.400.000,00 -$$

Durasi pekerjaan = 9 hari

b. Pekerjaan Galian II

1. Excavator

Berikut ini adalah perhitungan untuk pekerjaan galian II menggunakan excavator Caterpillar CAT 306E2 kapasitas (0,25 m³).

Jumlah Alat (n) = 1 unit
 Jam Kerja Alat = 8 jam/hari
 Volume Galian = 16393,28 m³
 Produksi Excavator (Q) = 30 m³/jam
 Biaya Sewa Alat per hari = Rp. 2.200.000,00/hari

Produksi Excavator Keseluruhan :

$$\begin{aligned}
 &= Q \times n \\
 &= 30 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ unit} \times 8 \text{ jam} \\
 &= 240 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Waktu Kerja Excavator :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}} \\
 &= \frac{16393,28 \text{ m}^3}{240 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 68,30 \approx 69 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Biaya Sewa Alat = Rp. 2.200.000,00/hari \times 69 hari \times 1 unit
 = Rp. 151.800.000, 00 –

Pada pekerjaan galian I excavator digunakan untuk menggali sekaligus memuat ke dump truck.

2. Dump Truck

Volume muatan galian = 16393,28 m³
 Waktu kerja excavator = 69 hari
 Produksi excavator = 240 m³/hari
 Produksi DT per jam = 3,52 m³/jam

Produksi DT per hari = 3,52 m³/jam \times 8 jam
 = 28,16 m³/hari

Biaya Sewa Alat per hari = Rp. 700.000,00/hari

Menentukan jumlah dump truck :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}}{\text{Produktivitas Dump Truck per Hari}} \\
 &= \frac{240 \text{ m}^3/\text{hari}}{28,16 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 8,52 = 9 \text{ rit DT per hari}
 \end{aligned}$$

Jumlah DT menyesuaikan siklus DT :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Jumlah DT per hari}}{\text{Jumlah siklus DT per hari}} \\
 &= \frac{9 \text{ unit}}{5 \text{ siklus}} \\
 &= 1,8 \approx 2 \text{ unit DT per hari}
 \end{aligned}$$

Produksi dump truck keseluruhan :

$$\begin{aligned}
 &= Q \times n \\
 &= 3,52 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ rit} \times 8 \text{ jam} \\
 &= 253,44 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Waktu kerja dump truck :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Jumlah Alat} \times \text{Produksi per Hari}} \\
 &= \frac{16393,28 \text{ m}^3}{9 \times 28,16 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 64,68 \text{ hari} \approx 65 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Durasi pekerjaan dump truck menyesuaikan durasi pekerjaan excavator yaitu selama 69 hari.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Sewa Alat} &= \text{Rp. } 700.000,00/\text{hari} \times 69 \text{ hari} \times 2 \text{ unit} \\
 &= \text{Rp. } 96.600.000,00 -
 \end{aligned}$$

Total biaya sewa pada pekerjaan galian II :

$$\begin{aligned}
 &= \text{sewa excavator} + \text{sewa dump truck} \\
 &= \text{Rp. } 151.800.000 + \text{Rp. } 96.600.000 \\
 &= \text{Rp. } 248.800.000,00 -
 \end{aligned}$$

$$\text{Durasi pekerjaan} = 69 \text{ hari}$$

c. Akumulasi Perhitungan Alternatif 2 :

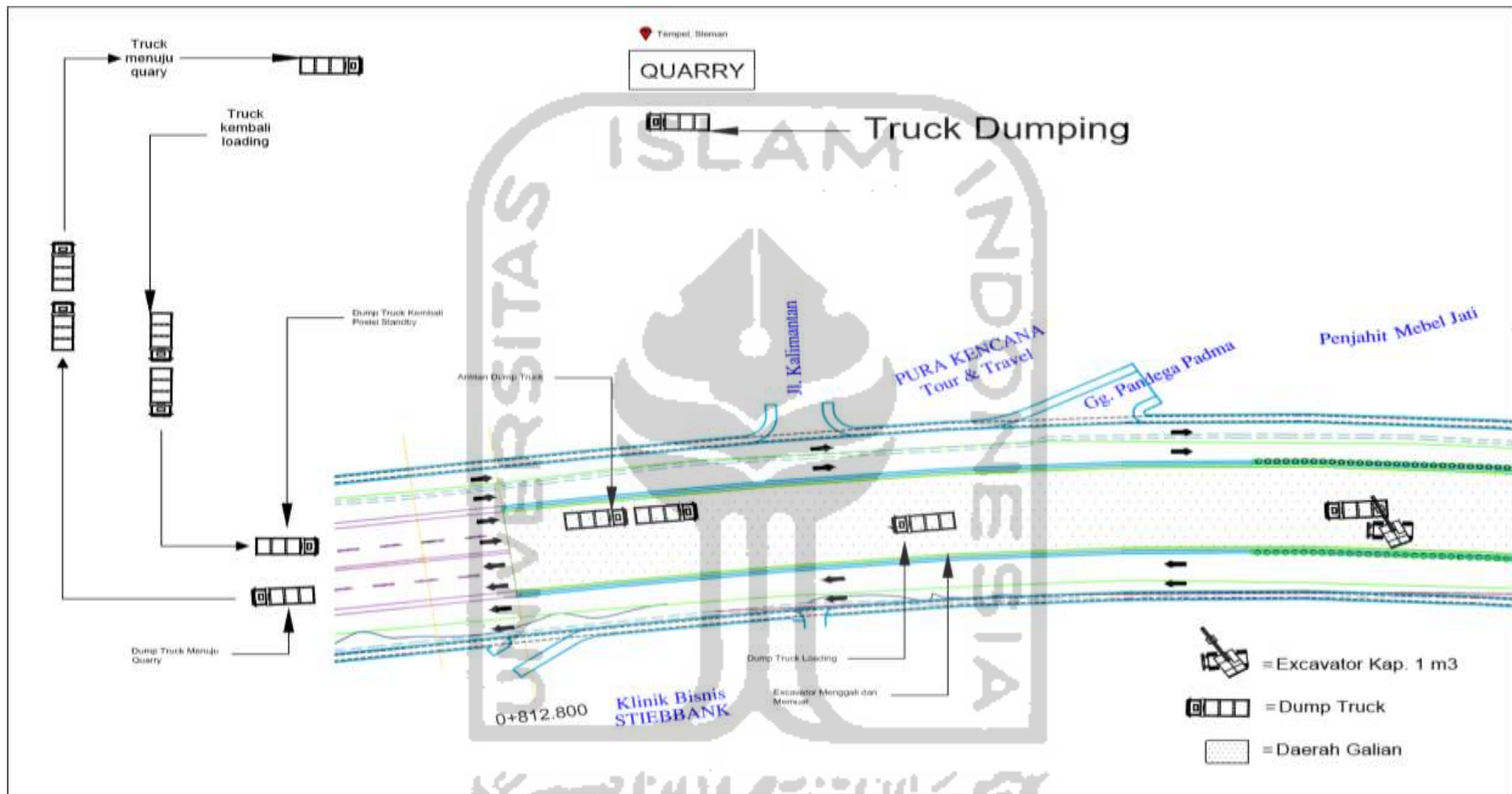
$$\begin{aligned}
 \text{Biaya sewa alat} &= \text{sewa alat galian I} + \text{sewa alat galian II} \\
 &= \text{Rp. } 158.400.000 + \text{Rp. } 248.800.000 \\
 &= \text{Rp. } 407.200.000,00 -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi pekerjaan} &= \text{Durasi galian I} + \text{Durasi galian II} \\
 &= 9 \text{ hari} + 69 \text{ hari} \\
 &= 78 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

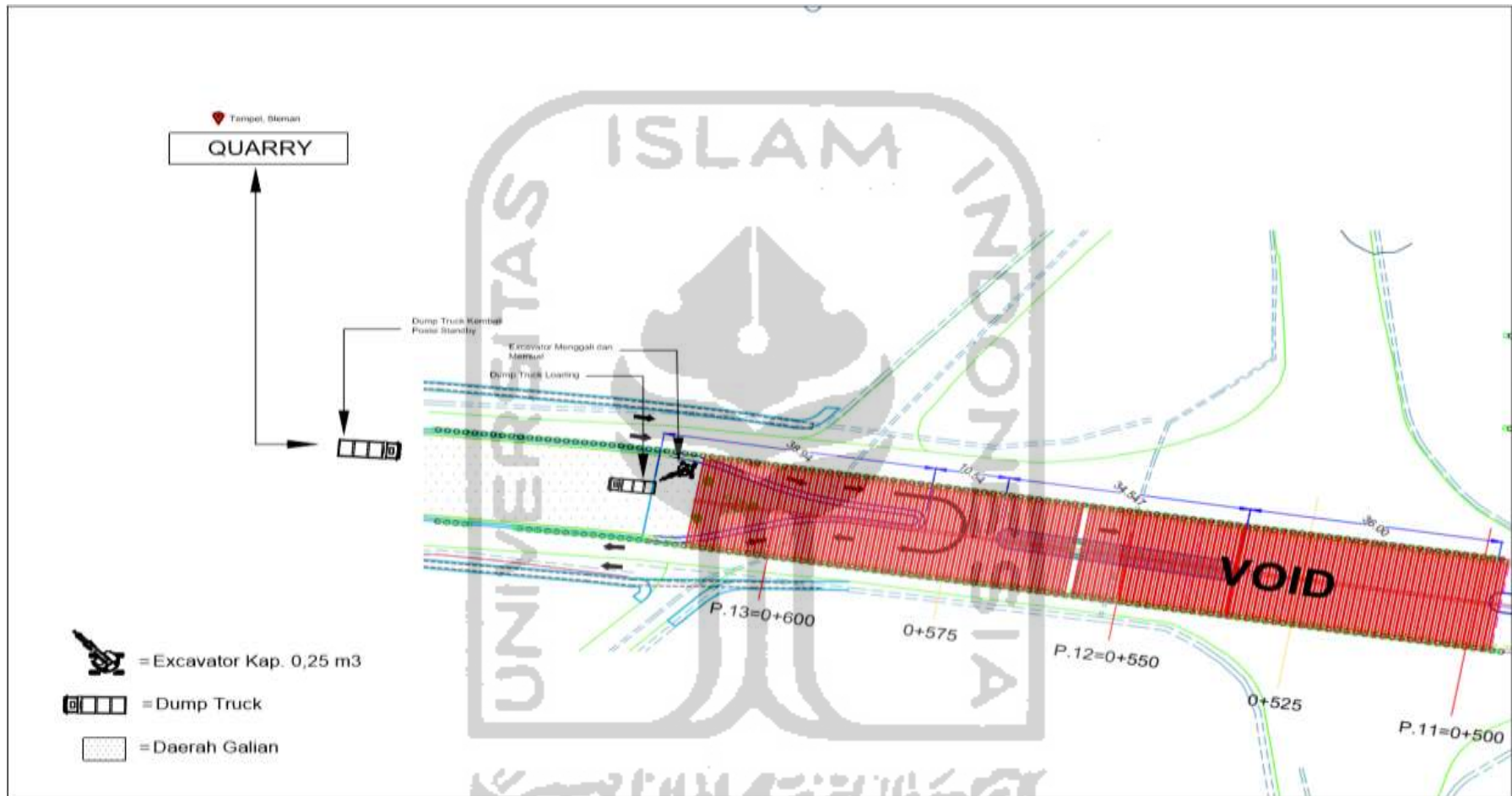
Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan kombinasi alat berat alternatif 2 pada Tabel 5.7 dan sketsa pergerakan alat pada Gambar 5.9 – 5.10

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Alternatif 2

Pekerjaan	Jenis Alat	Jumlah	Biaya Sewa/ jam	Jam Kerja/ hari	Volume	Produksi/ jam	Produksi/ hari	Waktu Pekerjaan	Biaya
Galian I	Excavator (1 m3)	2	Rp 575.000	8	13841,98	106,67	1706,72	9 hari	Rp 82.800.000
	Dump Truck	12	Rp 87.500	8		3,86	1698,4		Rp 75.600.000
Galian II	Excavator (0,25 m3)	1	Rp 275.000	8	16393,28	30	240	69 hari	Rp 151.800.000
	Dump Truck	2	Rp 87.500	8		3,52	253,44		Rp 96.600.000
TOTAL								70 hari	Rp 407.200.000



Gambar 5.9 Sketsa Pergerakan Alat Berat pada Galian I



Gambar 5.10 Sketsa Pergerakan Alat Berat pada Galian II

3) Alternatif 3

Pada alternatif 3 digunakan alat berat untuk pekerjaan galian 2 berupa 2 unit excavator PC 200-8 kapasitas 1 m³ dan pada galian II menggunakan 2 unit excavator CAT 306E2 kapasitas 0,25 m³. Jumlah dump truck menyesuaikan produktivitas excavator tiap galian.

a. Pekerjaan Galian I

1. Excavator

Berikut ini adalah perhitungan untuk pekerjaan galian I menggunakan excavator Komatsu PC 200-8 kapasitas (1 m³).

$$\text{Jumlah Alat (n)} = 2 \text{ unit}$$

$$\text{Jam Kerja Alat} = 8 \text{ jam/hari}$$

$$\text{Volume Galian} = 13841,98 \text{ m}^3$$

$$\text{Produksi Excavator (Q)} = 106,67 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Biaya Sewa Alat per hari} = \text{Rp. } 4.600.000,00/\text{hari}$$

Produksi Excavator Keseluruhan :

$$= Q \times n$$

$$= 106,67 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ unit} \times 8 \text{ jam}$$

$$= 1706,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Waktu Kerja Excavator :

$$= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}}$$

$$= \frac{13841,98 \text{ m}^3}{1706,72 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 8,11 \approx 9 \text{ hari}$$

$$\text{Biaya Sewa Alat} = \text{Rp. } 4.600.000,00/\text{hari} \times 9 \text{ hari} \times 2 \text{ unit}$$

$$= \text{Rp. } 82.800.000,00$$

Pada pekerjaan galian I excavator digunakan untuk menggali sekaligus memuat ke dump truck.

2. Dump Truck

$$\text{Volume muatan galian} = 13841,98 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu kerja excavator} = 9 \text{ hari}$$

$$\text{Produksi excavator} = 1706,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produksi DT per jam} = 3,86 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Produksi DT per hari} = 3,86 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam}$$

$$= 30,88 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Biaya Sewa Alat per hari = Rp. 700.000,00/hari

Menentukan jumlah dump truck

$$= \frac{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}}{\text{Produktivitas Dump Truck per Hari}}$$

$$= \frac{1706,72 \text{ m}^3/\text{hari}}{30,88 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 55,25 \approx 56 \text{ rit DT per hari}$$

Jumlah DT menyesuaikan siklus DT :

$$= \frac{\text{Jumlah DT per hari}}{\text{Jumlah siklus DT per hari}}$$

$$= \frac{56 \text{ unit}}{5 \text{ siklus}}$$

$$= 11,2 \approx 12 \text{ unit DT per hari}$$

Produksi dump truck keseluruhan :

$$= Q \times n$$

$$= 3,86 \text{ m}^3/\text{jam} \times 56 \text{ rit} \times 8 \text{ jam}$$

$$= 1729,28 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Waktu kerja dump truck :

$$= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Jumlah Alat} \times \text{Produksi per Hari}}$$

$$= \frac{13841,98 \text{ m}^3}{56 \times 30,88}$$

$$= 8,00 \text{ hari} \approx 8 \text{ hari}$$

Durasi pekerjaan dump truck menyesuaikan durasi pekerjaan excavator yaitu selama 9 hari.

$$\text{Biaya Sewa Alat} = \text{Rp. } 700.000,00/\text{hari} \times 9 \text{ hari} \times 12 \text{ unit}$$

$$= \text{Rp. } 75.600.000,00 -$$

Total biaya sewa pada pekerjaan galian 1 :

$$= \text{sewa excavator} + \text{sewa dump truck}$$

$$= \text{Rp. } 82.800.000 + \text{Rp. } 75.600.000$$

$$= \text{Rp. } 158.400.000,00 -$$

$$\text{Durasi pekerjaan} = 9 \text{ hari}$$

b. Pekerjaan Galian II

1. Excavator

Berikut ini adalah perhitungan untuk pekerjaan galian II menggunakan excavator Caterpillar CAT 306E2 kapasitas (0,25 m³).

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Alat (n)} &= 2 \text{ unit} \\ \text{Jam Kerja Alat} &= 8 \text{ jam/hari} \\ \text{Volume Galian} &= 16393,28 \text{ m}^3 \\ \text{Produksi Excavator (Q)} &= 30 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Biaya Sewa Alat per hari = Rp. 2.200.000,00/hari

Produksi Excavator Keseluruhan :

$$\begin{aligned} &= Q \times n \\ &= 30 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ unit} \times 8 \text{ jam} \\ &= 480 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Kerja Excavator} &= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}} \\ &= \frac{16393,28 \text{ m}^3}{480 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 34,15 \approx 35 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Sewa Alat} &= \text{Rp.} 2.200.000,00/\text{hari} \times 35 \text{ hari} \times 2 \text{ unit} \\ &= \text{Rp.} 154.000.000,00 \end{aligned}$$

Pada pekerjaan galian I excavator digunakan untuk menggali sekaligus memuat ke dump truck.

2. Dump Truck

$$\text{Volume muatan galian} = 16393,28 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu kerja excavator} = 35 \text{ hari}$$

$$\text{Produksi excavator} = 480 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produksi DT per jam} = 3,52 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Produksi DT per hari} &= 3,52 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam} \\ &= 28,16 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Biaya Sewa Alat per hari} = \text{Rp.} 700.000,00/\text{hari}$$

Menentukan jumlah dump truck :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Produksi Excavator Keseluruhan}}{\text{Produktivitas Dump Truck per Hari}} \\ &= \frac{480 \text{ m}^3/\text{jam}}{28,16 \text{ m}^3/\text{hari}} \end{aligned}$$

$$= 17 \text{ rit DT per hari}$$

Jumlah DT menyesuaikan siklus DT :

$$= \frac{\text{Jumlah DT per hari}}{\text{Jumlah siklus DT per hari}}$$

$$= \frac{17 \text{ unit}}{5 \text{ siklus}}$$

$$= 3,4 \approx 4 \text{ unit DT per hari}$$

Produksi dump truck keseluruhan :

$$= Q \times n$$

$$= 3,52 \text{ m}^3/\text{jam} \times 17 \text{ rit} \times 8 \text{ jam}$$

$$= 478,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Waktu kerja dump truck :

$$= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Jumlah Alat} \times \text{Produksi per Hari}}$$

$$= \frac{16393,28 \text{ m}^3}{17 \times 28,16 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 34,24 \text{ hari} \approx 35 \text{ hari}$$

$$\text{Biaya Sewa Alat} = \text{Rp. } 700.000,00/\text{hari} \times 35 \text{ hari} \times 4 \text{ unit}$$

$$= \text{Rp. } 98.000.000,00 -$$

Total biaya sewa pada pekerjaan galian II :

$$= \text{sewa excavator} + \text{sewa dump truck}$$

$$= \text{Rp. } 154.000.000 + \text{Rp. } 98.000.000$$

$$= \text{Rp. } 252.000.000,00 -$$

$$\text{Durasi pekerjaan} = 35 \text{ hari}$$

c. Akumulasi Perhitungan Alternatif 3 :

$$\text{Biaya sewa alat} = \text{sewa alat galian I} + \text{sewa alat galian II}$$

$$= \text{Rp. } 158.400.000 + \text{Rp. } 252.000.000$$

$$= \text{Rp. } 410.400.000,00 -$$

$$\text{Durasi pekerjaan} = \text{Durasi galian I} + \text{Durasi galian II}$$

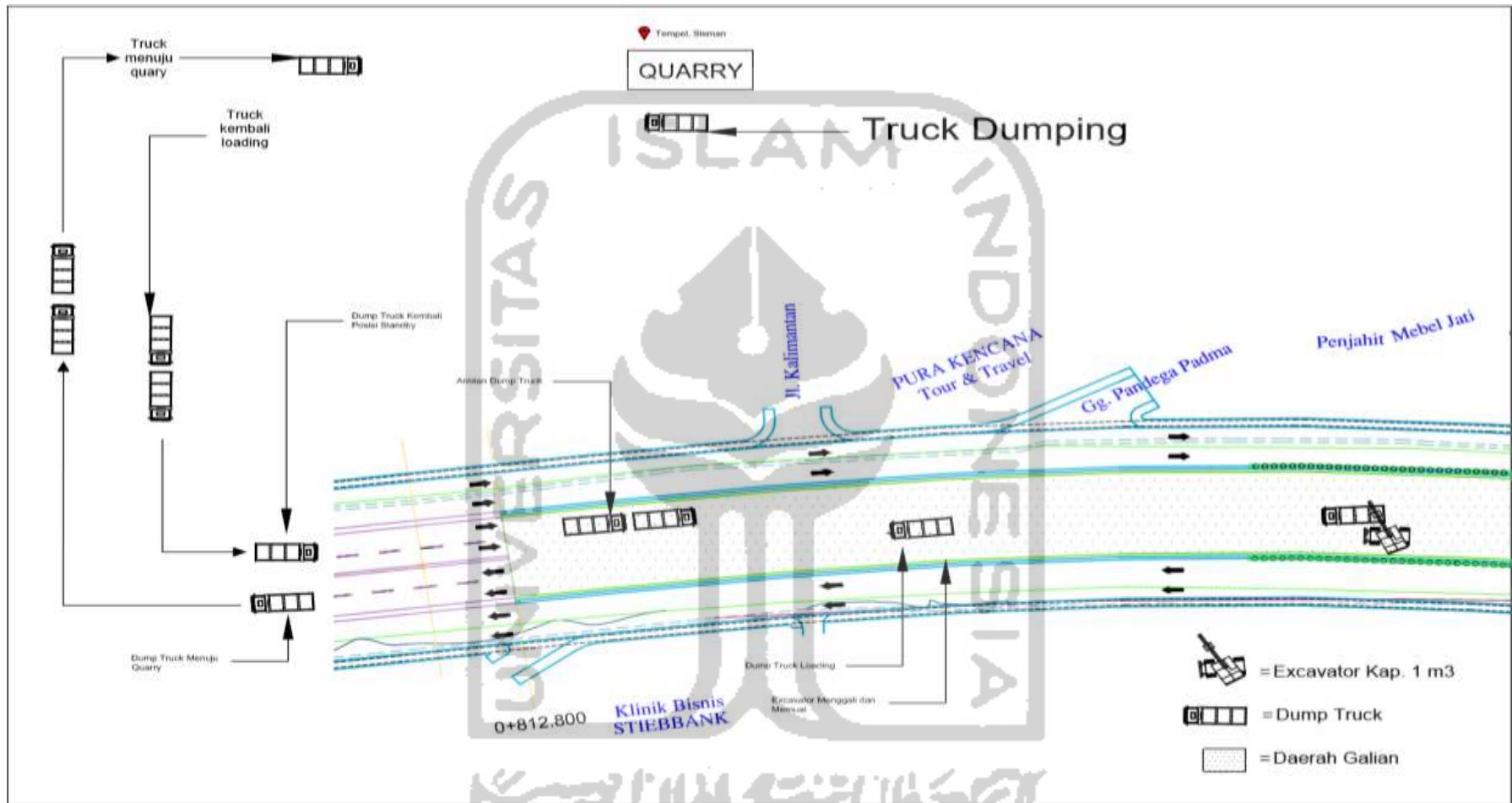
$$= 9 \text{ hari} + 35 \text{ hari}$$

$$= 44 \text{ hari}$$

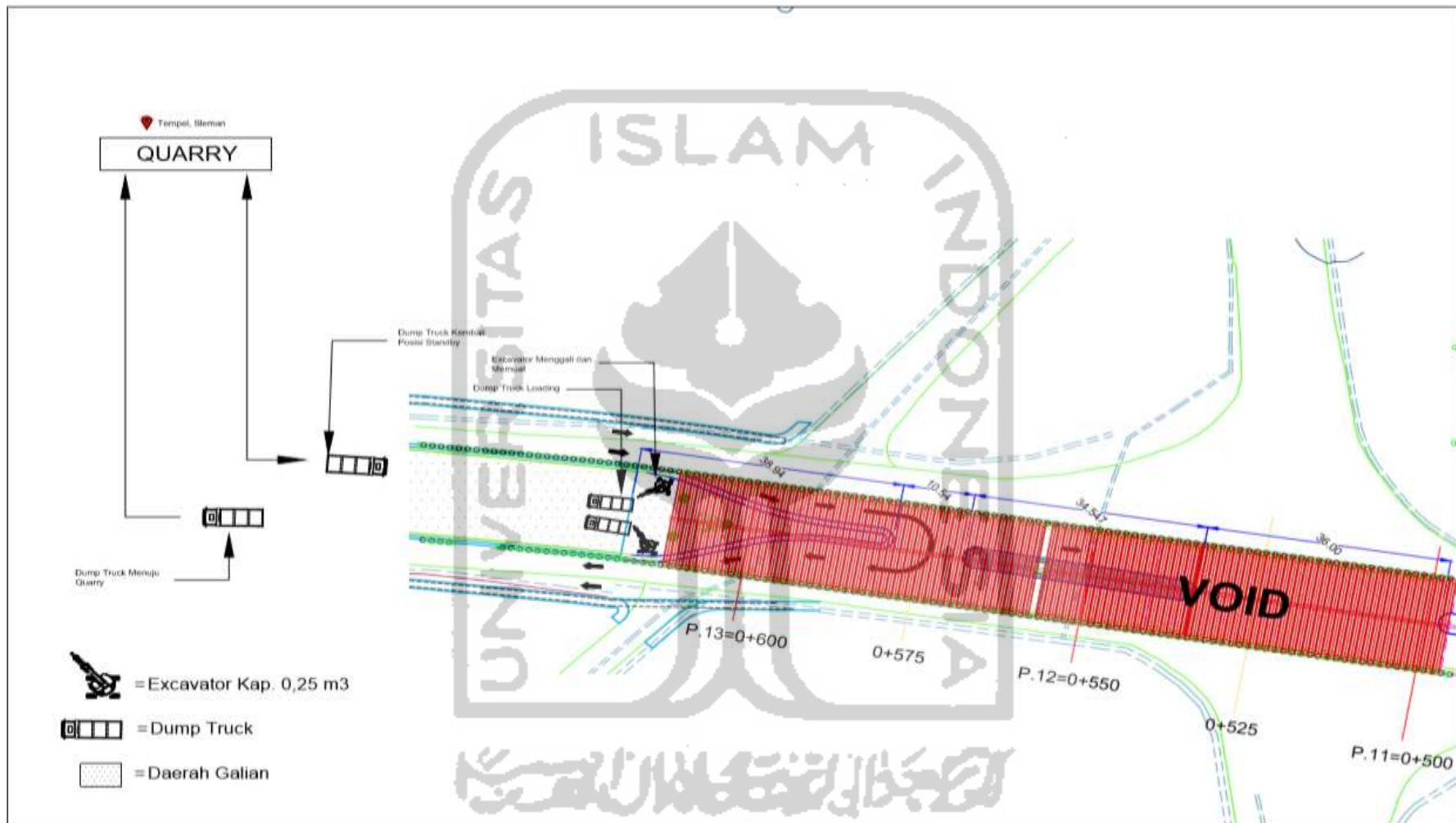
Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan kombinasi alat berat alternatif 3 pada Tabel 5.8 dan sketsa pergerakan alat pada Gambar 5.11 – 5.12.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Alternatif 3

Pekerjaan	Jenis Alat	Jumlah	Biaya Sewa/ jam	Jam Kerja / hari	Volume	Produksi/ jam	Produksi/ hari	Waktu Pekerjaan		Biaya
Galian I	Excavator (1 m3)	2	Rp 575.000	8	13841,98	106,67	1706,72	8,11	9 hari	Rp 82.800.000
	Dump Truck	12	Rp 87.500	8		3,86	30,88	8,00		Rp 75.600.000
Galian II	Excavator (0,25 m3)	2	Rp 275.000	8	16393,28	30	480	34,15	35 hari	Rp 154.000.000
	Dump Truck	4	Rp 87.500	8		3,52	28,16	34,24		Rp 98.000.000
TOTAL								44 hari	Rp 410.400.000	



Gambar 5.11 Sketsa Pergerakan Alat Berat pada Galian I



Gambar 5.12 Sketsa Pergerakan Alat Berat pada Galian II

5.3 Pembahasan

5.3.1 Perbandingan Waktu dan Biaya

Setelah melakukan 3 analisis alternatif kombinasi alat berat, langkah selanjutnya membandingkan hasil analisis tersebut dengan kondisi di lapangan (*existing*) untuk melihat perbedaan durasi pekerjaan dan biaya sewa dari masing-masing kombinasi alat berat. Berikut adalah perbandingan antara kondisi dilapangan (*existing*) dengan 3 alternatif analisis kombinasi alat berat.

1. Kondisi *Existing*

Berdasarkan data dan analisis diperoleh hasil rekapitulasi pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Perhitungan Kondisi di Lapangan (*existing*)

Pekerjaan	Jenis Alat	Jumlah Alat	Waktu Pekerjaan		Biaya
Galian I	Excavator (1 m ³)	2	2,42	17 hari	Rp 151.700.000
	Dump Truck	7	minggu		
Galian II	Excavator (0,25 m ³)	1	9,85	69 hari	Rp 393.300.000
	Dump Truck	5	minggu		
TOTAL			13 minggu	86 hari	Rp 545.000.000

Pada kondisi dilapangan (*existing*) durasi pekerjaan dapat dikerjakan selama 86 hari dengan total biaya sebesar Rp 545.000.000. Waktu dan biaya tersebut merupakan hasil perhitungan secara teoritis. Jenis dan jumlah alat berat yang digunakan merupakan data primer yang didapat dari pengamatan langsung. Hasil rekapitulasi (*existing*) ini akan dijadikan pembanding dengan analisis alternatif kombinasi alat berat untuk mendapatkan selisih durasi pekerjaan dan biaya sewa alat berat.

2. Alternatif 1

Berikut adalah hasil rekapitulasi analisis alternatif kombinasi alat berat pada Tabel 5.10

Tabel 5. 10 Rekapitulasi Hasil Analisis Alternatif 1

Pekerjaan	Jenis Alat	Jumlah Alat	Waktu Pekerjaan	Biaya
Galian I	Excavator (1 m ³)	3	4,87 hari	Rp 82.800.000
	Dump Truck	17	4,87 hari	Rp 72.400.000
Galian II	Excavator (0,25 m ³)	2	30,85 hari	Rp 154.000.000
	Dump Truck	4	30,85 hari	Rp 98.000.000
TOTAL			41 hari	Rp 406.200.000

Pada perhitungan alternatif 1 pekerjaan dapat diselesaikan dalam waktu 41 hari dengan biaya sebesar Rp 406.200.000. Berikut adalah rincian perbedaan dengan kondisi di lapangan (*existing*).

Selisih Durasi Pekerjaan = 86 hari – 41 hari

= 45 hari

Perbandingan Durasi = $\frac{45 \text{ hari} - 86 \text{ hari}}{86 \text{ hari}} \times 100\%$

= -47,67 %

Selisih Biaya Alat = Rp 545.000.000 - Rp 406.200.000

= Rp 138.800.000

Perbandingan Biaya = $\frac{\text{Rp } 406.200.000 - \text{Rp } 545.000.000}{\text{Rp } 545.000.000} \times 100\%$

= -25,46 %

3. Alternatif 2

Berikut adalah hasil rekapitulasi analisis alternatif kombinasi alat berat pada Tabel 5.11

Tabel 5. 11 Rekapitulasi Hasil Analisis Alternatif 2

Pekerjaan	Jenis Alat	Jumlah Alat	Waktu Pekerjaan	Biaya
Galian I	Excavator (1 m ³)	2	8,30 hari	Rp 82.800.000
	Dump Truck	12	8,30 hari	Rp 75.600.000
Galian II	Excavator (0,25 m ³)	1	68,53 hari	Rp 151.800.000
	Dump Truck	2	68,53 hari	Rp 96.600.000
TOTAL			78 hari	Rp 407.200.000

Pada perhitungan alternatif 2 pekerjaan dapat diselesaikan dalam waktu 78 hari dengan biaya sebesar Rp 407.200.000. Berikut adalah rincian perbedaan dengan kondisi di lapangan (*existing*).

$$\begin{aligned} \text{Selisih Durasi Pekerjaan} &= 86 \text{ hari} - 78 \text{ hari} \\ &= 8 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\text{Perbandingan Durasi} = \frac{78 \text{ hari} - 86 \text{ hari}}{86 \text{ hari}} \times 100\%$$

$$= -9,30 \%$$

$$\text{Selisih Biaya Alat} = \text{Rp } 545.000.000 - \text{Rp } 407.200.000$$

$$= \text{Rp } 137.800.000$$

$$\text{Perbandingan Biaya} = \frac{\text{Rp } 407.200.000 - \text{Rp } 545.000.000}{\text{Rp } 545.000.000} \times 100\%$$

$$= -25,28 \%$$

4. Alternatif 3

Berikut adalah hasil rekapitulasi analisis alternatif kombinasi alat berat pada Tabel 5.12

Tabel 5. 12 Rekapitulasi Hasil Analisis Alternatif 3

Pekerjaan	Jenis Alat	Jumlah Alat	Waktu Pekerjaan	Biaya
Galian I	Excavator (1 m ³)	2	8,11 hari	Rp 82.800.000
	Dump Truck	12	8,11 hari	Rp 75.600.000
Galian II	Excavator (0,25 m ³)	2	34,24 hari	Rp 154.000.000
	Dump Truck	4	34,24 hari	Rp 98.000.000
TOTAL			44 hari	Rp 410.400.000

Pada perhitungan alternatif 3 pekerjaan dapat diselesaikan dalam waktu 44 hari dengan biaya sebesar Rp 410.400.000 Berikut adalah rincian perbedaan dengan kondisi di lapangan (*existing*).

Selisih Durasi Pekerjaan = 86 hari – 44 hari

= 42 hari

Perbandingan Durasi = $\frac{42 \text{ hari} - 86 \text{ hari}}{86 \text{ hari}} \times 100\%$

= -51,16 %

Selisih Biaya Alat = Rp 545.000.000 - Rp 410.400.000

= Rp 134.600.000

Perbandingan Biaya = $\frac{\text{Rp } 410.400.000 - \text{Rp } 545.000.000}{\text{Rp } 545.000.000} \times 100\%$

= -24,77 %

3.2.2 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Alat Berat

Dari perhitungan analisis alternatif kombinasi alat berat dapat dilihat perbandingan antara jumlah unit alat berat, durasi pekerjaan dan biaya sewa alat berat. Pada hasil analisis tersebut, perhitungan

Tabel 5. 13 Rekapitulasi Perbandingan dengan Kondisi Existing

Keterangan		Existing	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Biaya	Rp	545.000.000	406.200.000	407.200.000	410.400.000
	%	100%	-25,46%	-25,38%	-24,77%
Waktu	Hari	86 hari	41 hari	78 hari	44 hari
	%	100%	-47,67%	-9,30%	-51,16%
Jenis Alat	G I	- 2 Exca 1 m ³ - 7 DT	- 3 Exca 1 m ³ - 17 DT	- 2 Exca 1 m ³ - 12 DT	- 2 Exca 1 m ³ - 12 DT
	G II	- 1 Exca 0,25 m ³ - 5 DT	- 2 Exca 0,25 m ³ - 4 DT	- 1 Exca 0,25 m ³ - 2 DT	- 2 Exca 0,25 m ³ - 4 DT

Dari Tabel 5.13 dapat dilihat hasil rekapitulasi perbandingan tersebut memiliki perbedaan durasi pekerjaan dan biaya sewa alat. Mengacu pada perhitungan perbandingan kondisi existing dengan kondisi alternatif, jika diperoleh nilai negatif (-) maka durasi pekerjaan bisa diselesaikan lebih singkat dan biaya yang dikeluarkan lebih kecil, sedangkan jika diperoleh nilai positif (+), maka durasi pekerjaan diselesaikan lebih lama dan dengan biaya yang lebih besar

Dari segi biaya, perhitungan alternatif 1 memiliki selisih biaya yang terbesar dan durasi pekerjaan yang cepat dibandingkan kondisi *existing* dan perhitungan alternatif lainnya. Maka dari itu kombinasi alat pada alternatif 1 direkomendasikan untuk pekerjaan galian tanah pada proyek underpass Kentungan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis perhitungan alternatif dapat dilihat perbedaan antara jumlah unit alat berat yang digunakan. Penentuan jumlah alat berat tersebut disesuaikan dengan kondisi medan sebenarnya dilapangan, sehingga metode *trial and error* yang diterapkan masih memiliki lingkup batasan. Berikut adalah kesimpulan dari masalah yang dirumuskan:

1. Dari perhitungan, analisis alternatif 1 yang menggunakan alat berat berupa 3 unit excavator kapasitas 1 m³ dan 17 dump truck untuk pekerjaan galian I serta 2 unit excavator kapasitas 0,25 m³ dan 4 dump truck untuk pekerjaan galian II lebih optimal dibandingkan kombinasi existing.
2. Pada kondisi existing membutuhkan biaya sebesar Rp 545.000.000 dengan durasi pekerjaan selama 86 hari. Pada perhitungan analisis alternatif 1 didapatkan biaya sebesar Rp 406.200.000 dengan durasi pekerjaan selama 41 hari. Jika dibandingkan, kondisi alternatif 1 memiliki perbedaan biaya sebesar -25,46% atau sebesar Rp 138.800.000 dan selisih waktu sebesar -47,67% atau selama 45 hari.

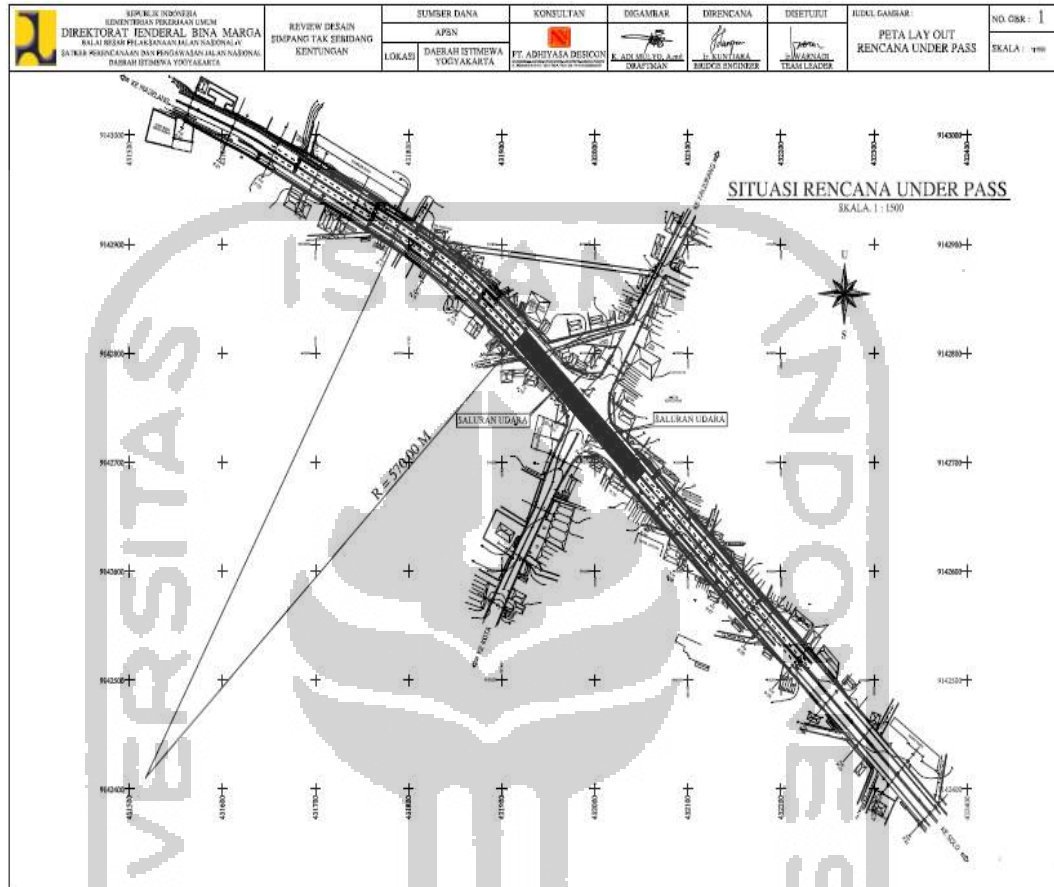
6.2 Saran

Dalam pekerjaan galian tanah sebaiknya mempertimbangkan kondisi medan yang dikerjakan untuk menyesuaikan kebutuhan alat beratnya, karena setiap alat berat memiliki batas pergerakan masing-masing. Lokasi pembuangan (*quarry*) berperan penting dalam produktivitas karena jarak pembuangan menentukan jumlah kebutuhan alat berat yang berkaitan dengan produktivitas dan biaya operasional pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

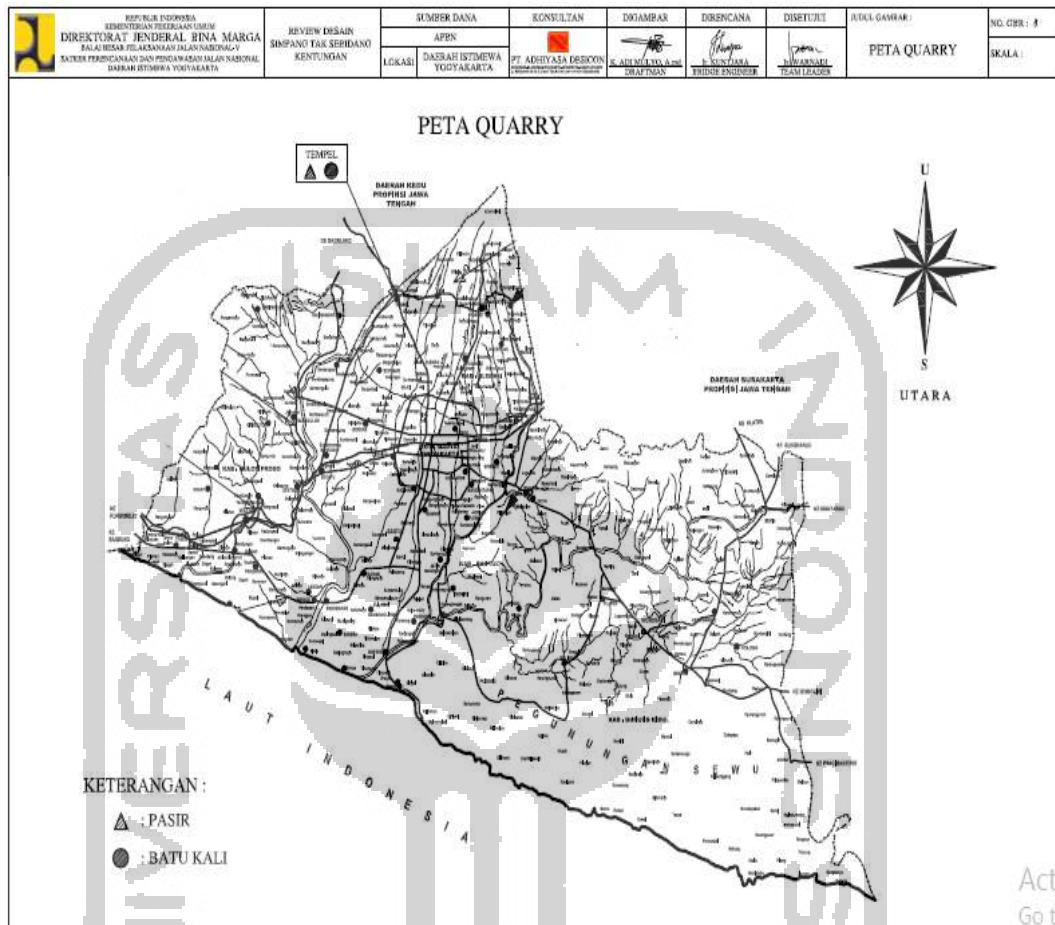
- Cleland, D.I. dan King, W.R. 1987. *System Analysis and Project Management*. Mc Graw-Hill. New York.
- Putra, D. H. 2018. *Analisis Produktivitas Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Pemindahan Tanah Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Hukum UII*. Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Novty, T. 2017. *Analisis Efisiensi Dump Truck Pada Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Galian dan Timbunan Tanah*. Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sanjaya, M. A. 2018. *Perencanaan Kebutuhan Alat Berat Untuk Menentukan Biaya Optimum Pekerjaan Galian-Timbunan*. Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Rochmanhadi. 1986. *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Rostiyanti. S.F. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi I*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Wilopo, D. 2009. *Metode Konstruksi Dan Alat Berat*. Universitas Indonesia (UI Press). Jakarta
- Rostiyanti. S.F. 2002. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi II*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Wigromo, H. Y. dan Suryadharma, H. 1998. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- PC330 Hydraulic Excavator Caterpillar Specification & Dimension. (Online). (Tidak Diterbitkan).
https://www.cat.com/id_ID/products/new/equipment/excavators/medium-excavators/2190244213270364.html. Diakses 11 April 2019.
- Azwar, Saiffudin. 2004. *Metode Penelitian*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Sugiyono. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Alfabeta, Bandung.
- Kusjadmikahadi, R. Amperawan. 1999. *Studi Keterlambatan Kontraktor dalam Pelaksanaan Proyek Konstruksi di Daerah Istimewa Yogyakarta*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nazir, Mohammad. 2014. *Metode Penelitian*. Ghallia Indonesia, Bogor.

Lampiran 1 Situasi Rencana Underpass



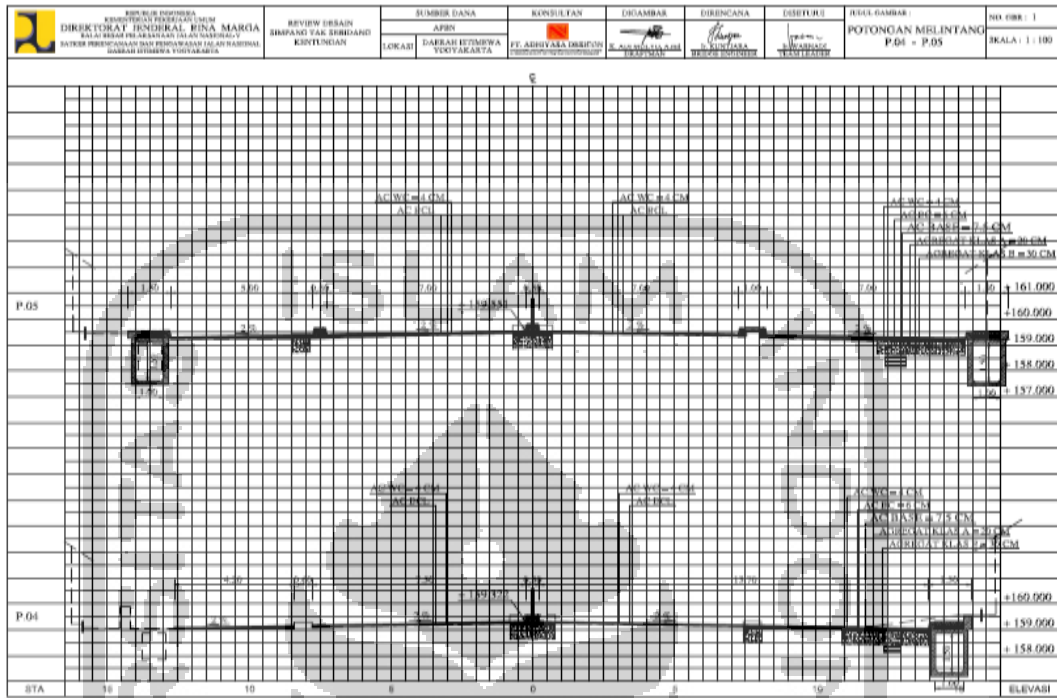
Gambar L-1.1 Gambar Desain Situasi Rencana Underpass

Lampiran 2 Peta Pembungan Tanah (Quarry)

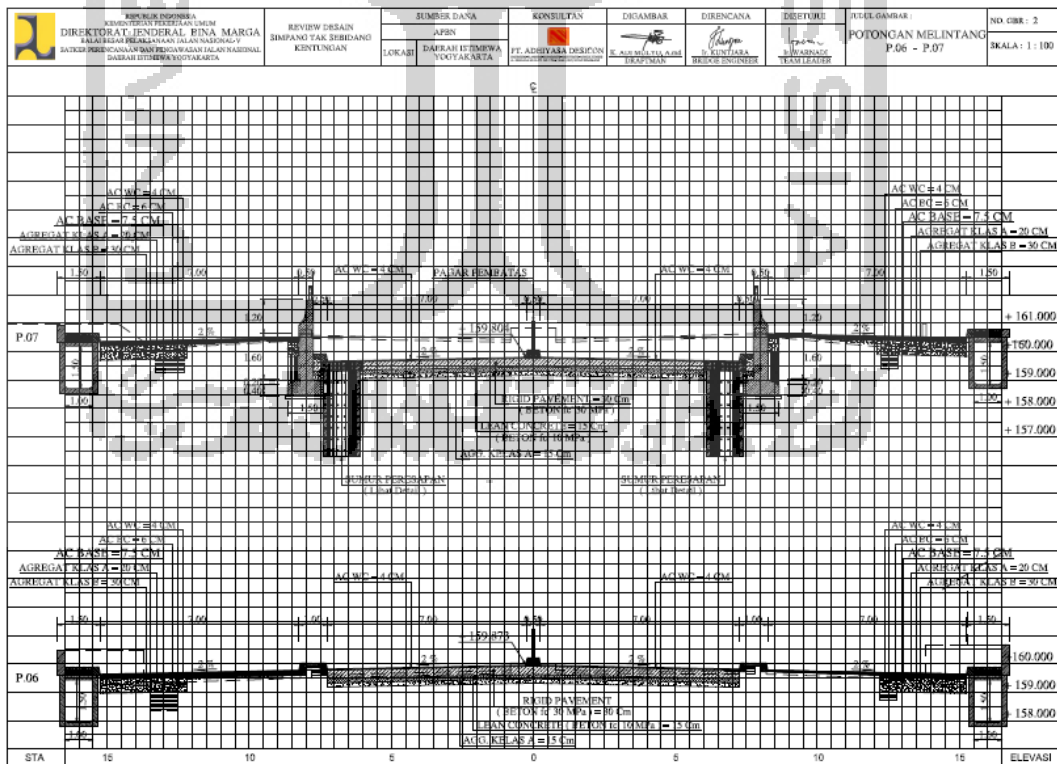


Gambar L-2.1 Peta Quarry

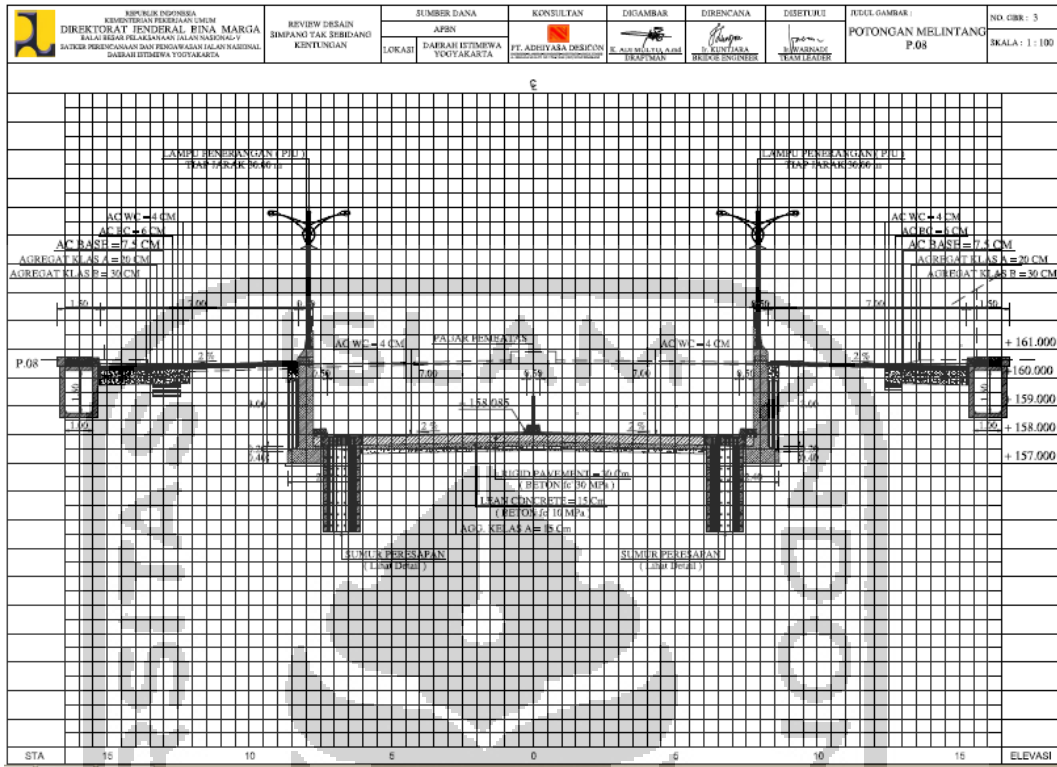
Lampiran 3 Gambar Penampang Melintang (Cross Section)



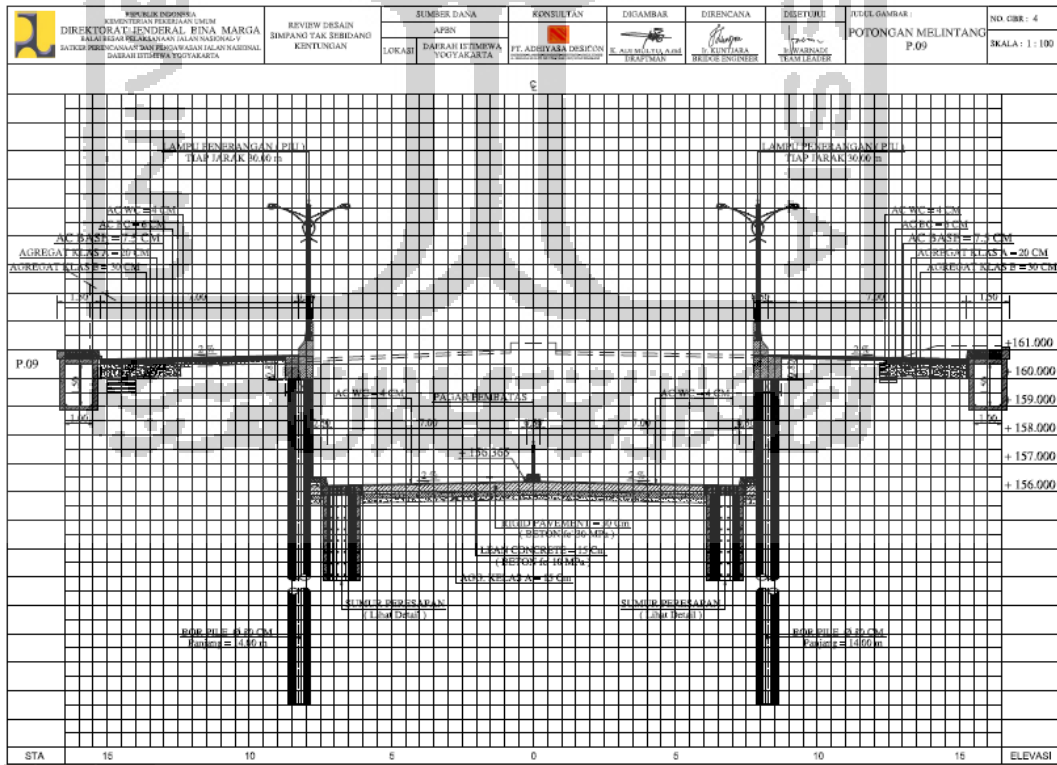
Gambar L-3. 1 Penampang Melintang P.04 – P.05



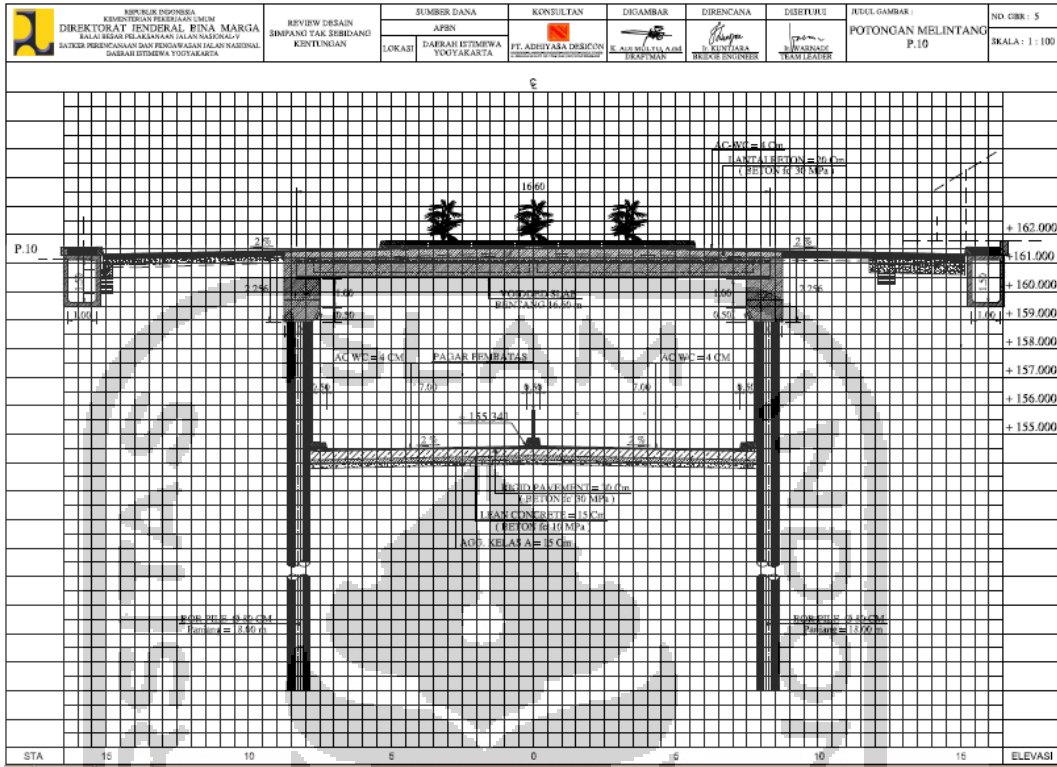
Gambar L-3. 2 Penampang Melintang P.06 – P.07



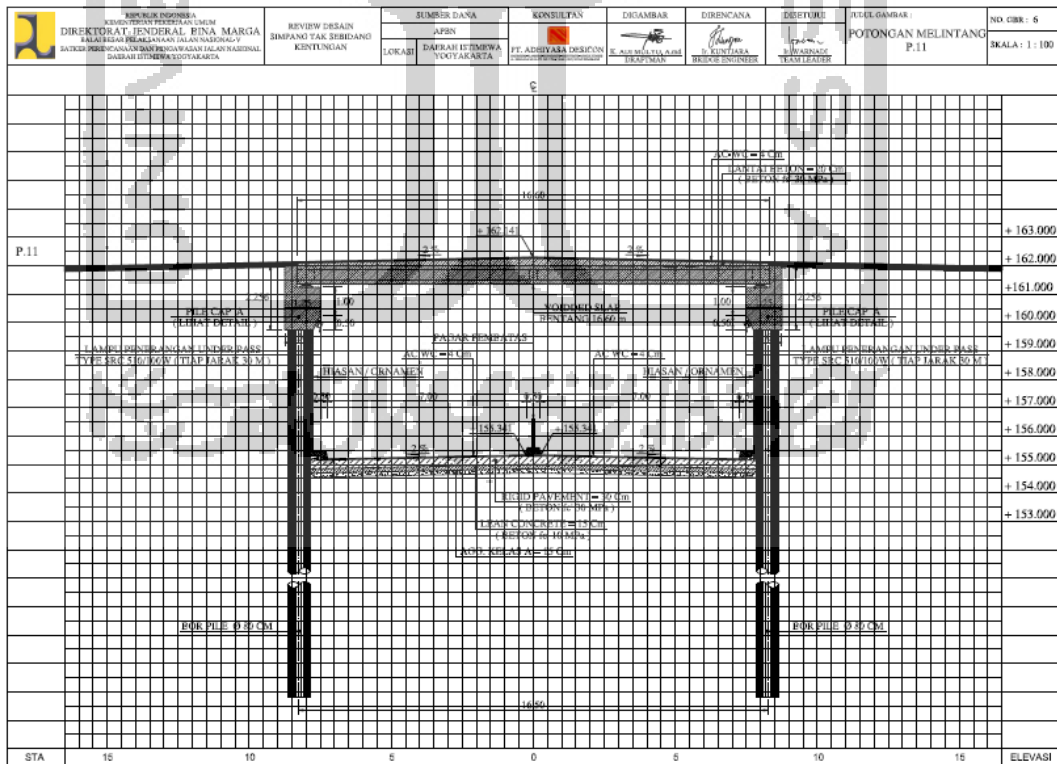
Gambar L-3. 3 Penampang Melintang P.08



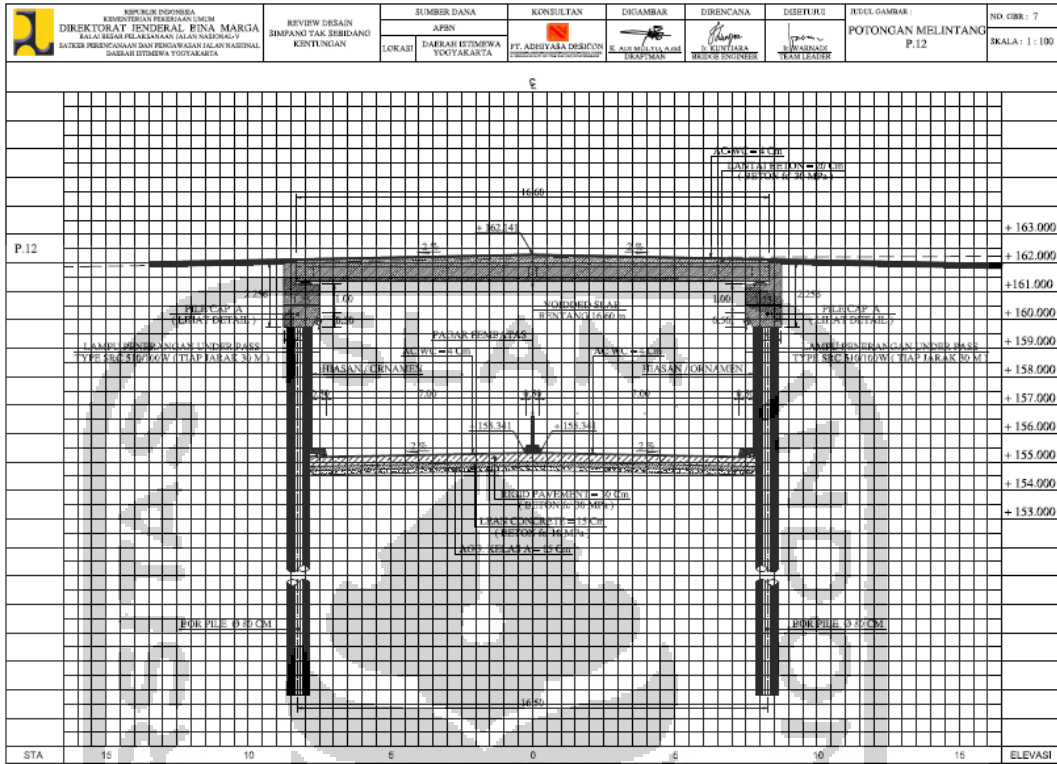
Gambar L-3. 4 Penampang Melintang P.09



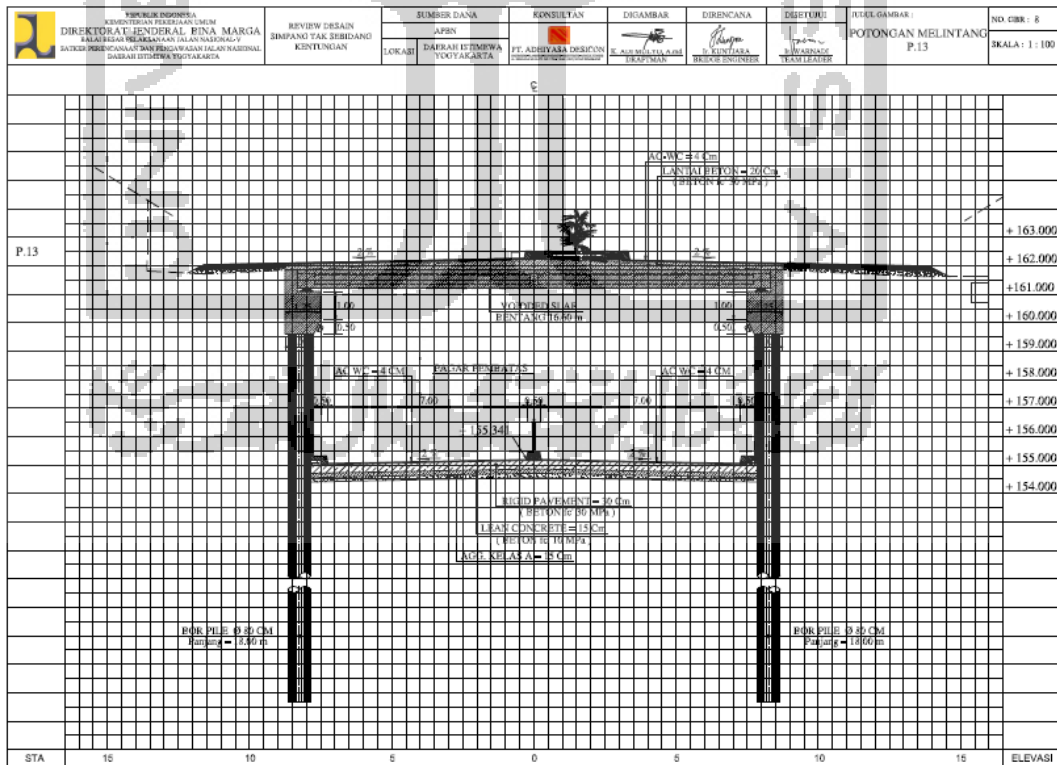
Gambar L-3. 5 Penampang Melintang P.10



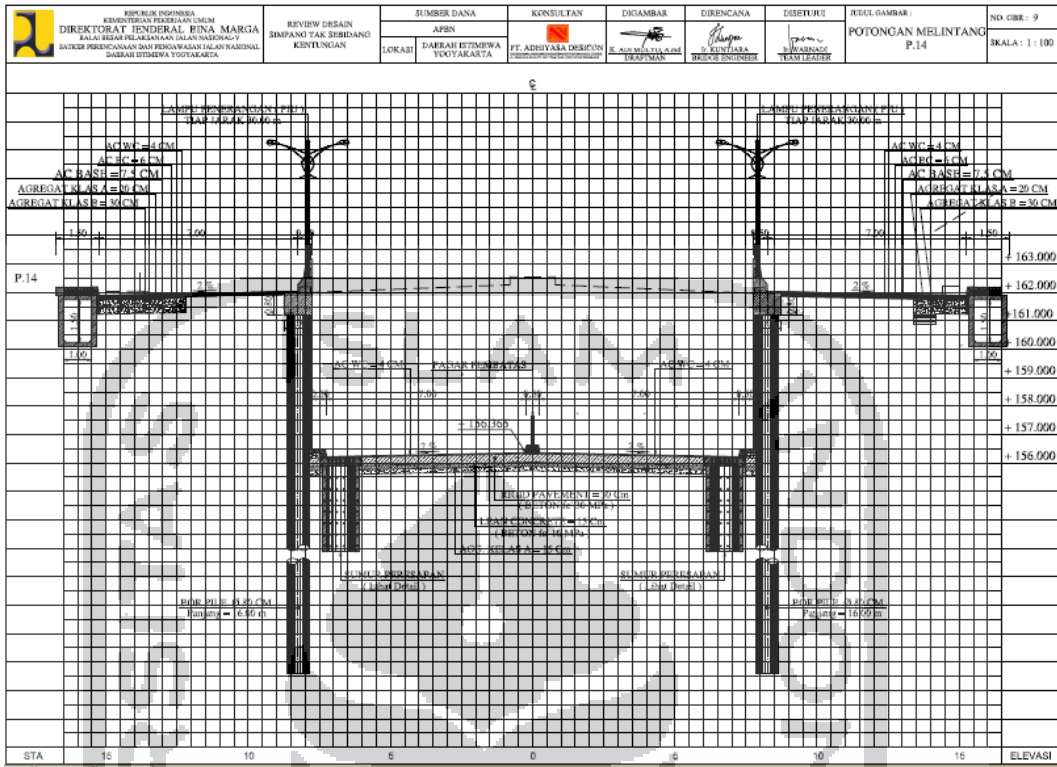
Gambar L-3. 6 Penampang Melintang P.11



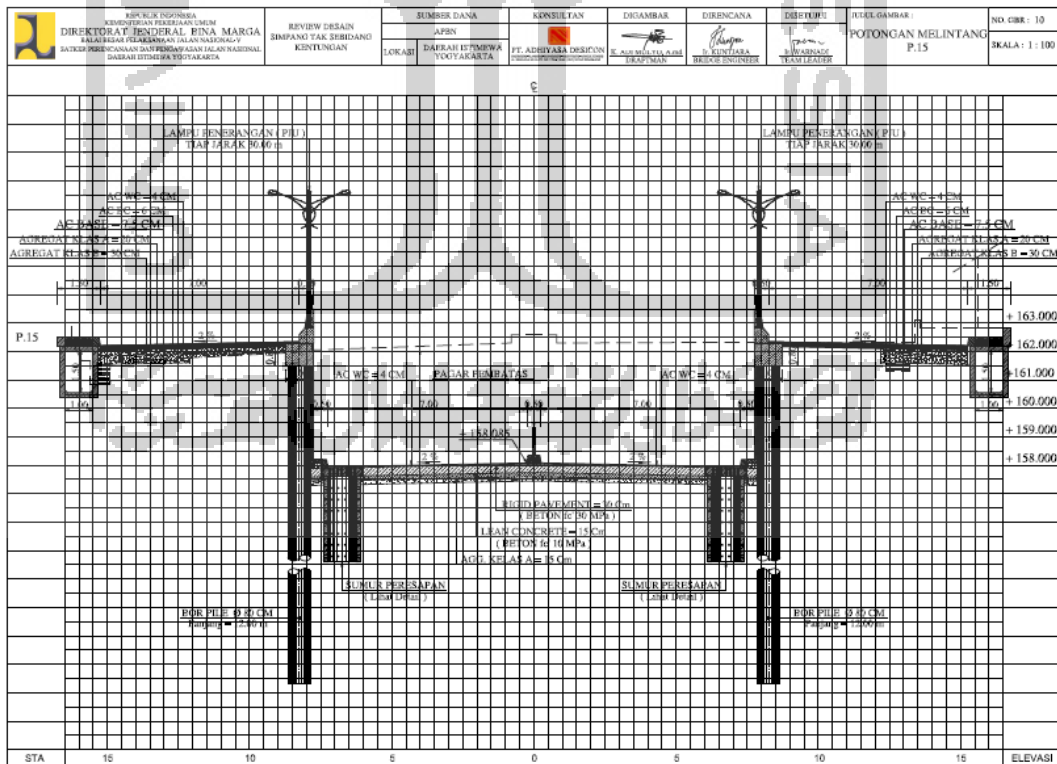
Gambar L-3. 7 Penampang Melintang P.12



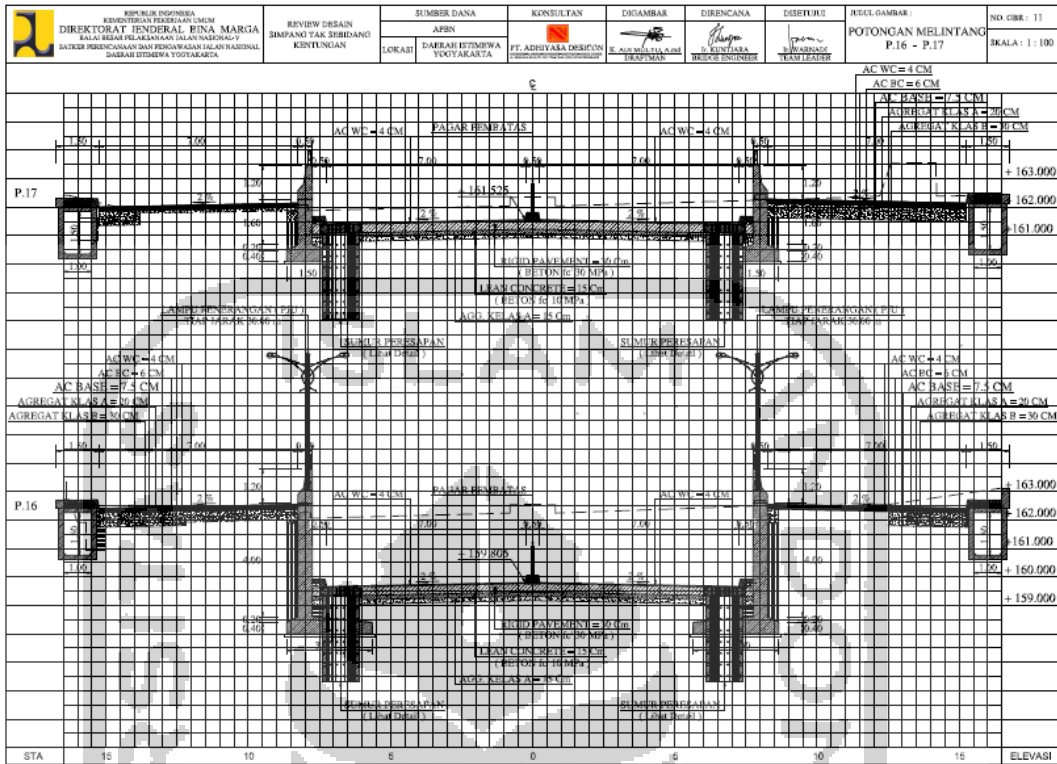
Gambar L-3. 8 Penampang Melintang P.13



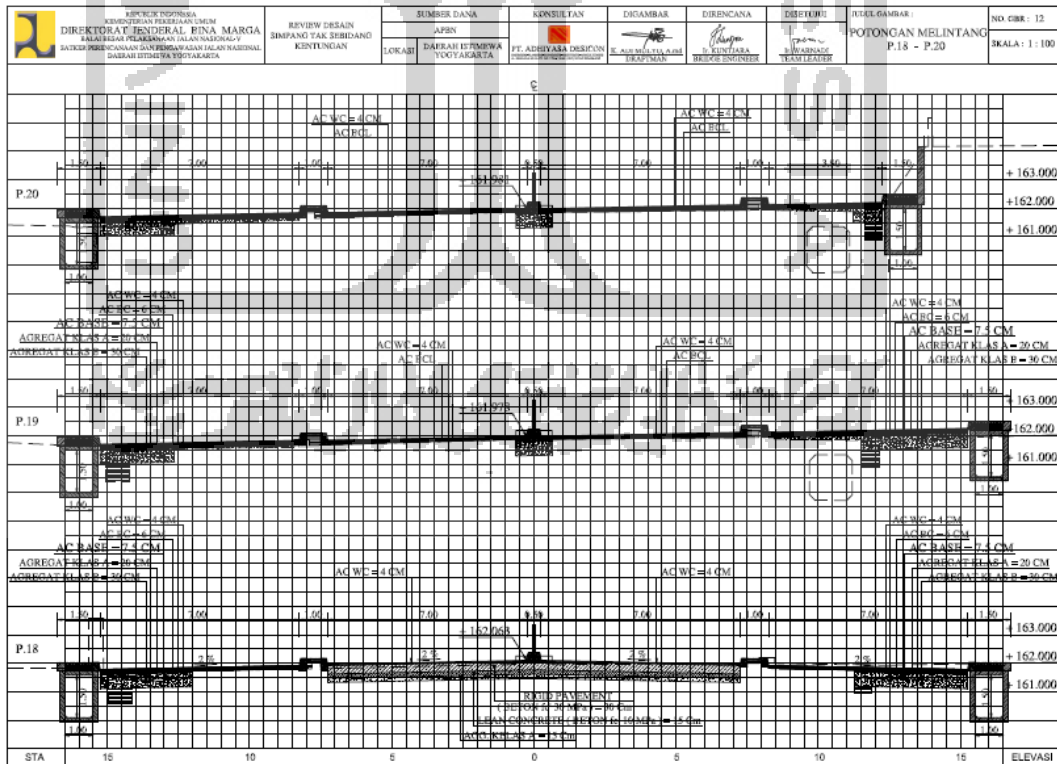
Gambar L-3. 9 Penampang Melintang P.14



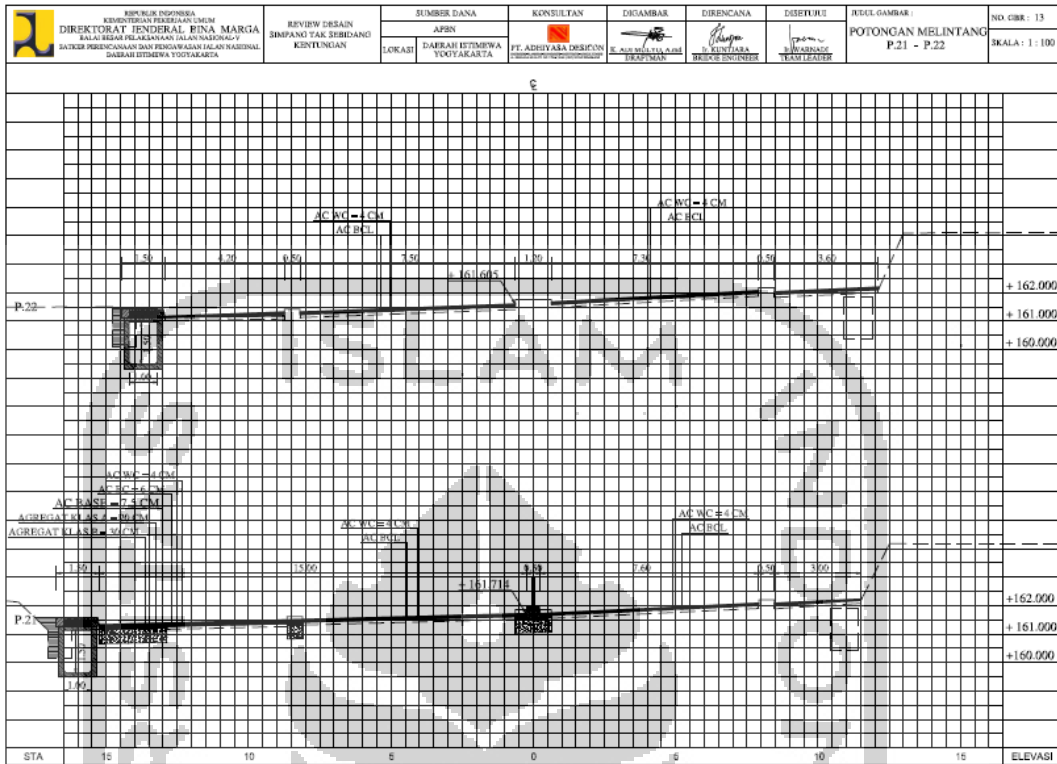
Gambar L-3. 10 Penampang Melintang P.15



Gambar L-3. 11 Penampang Melintang P.16 – P.17

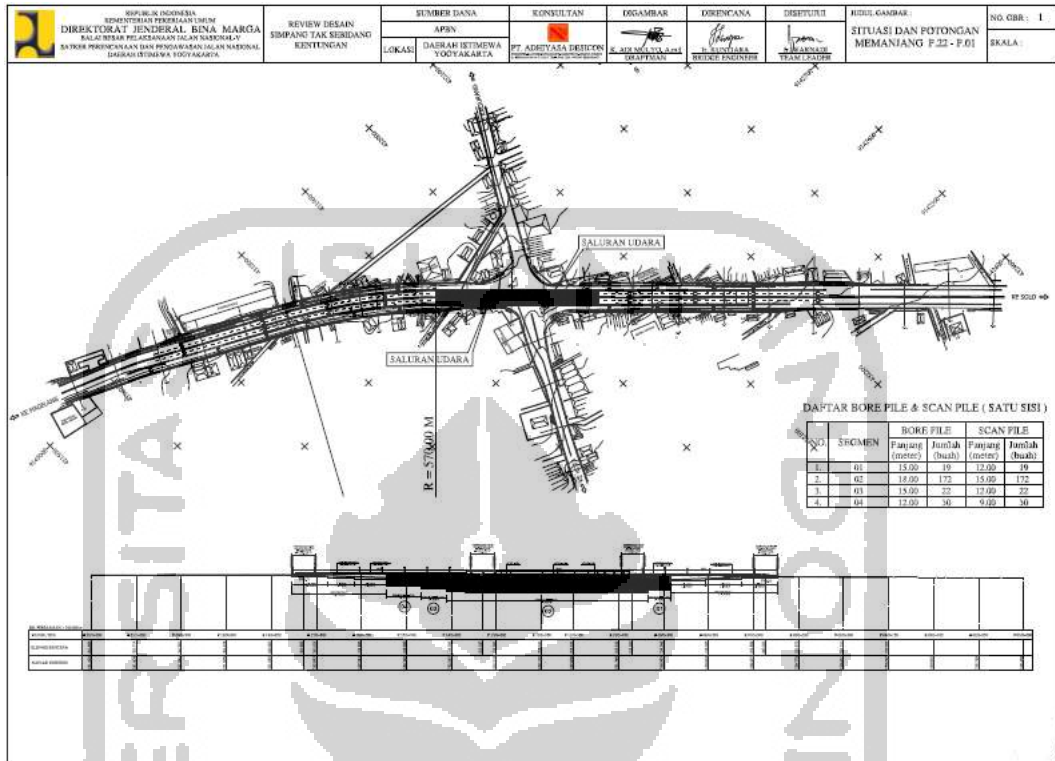


Gambar L-3. 12 Penampang Melintang P.18 – P.20

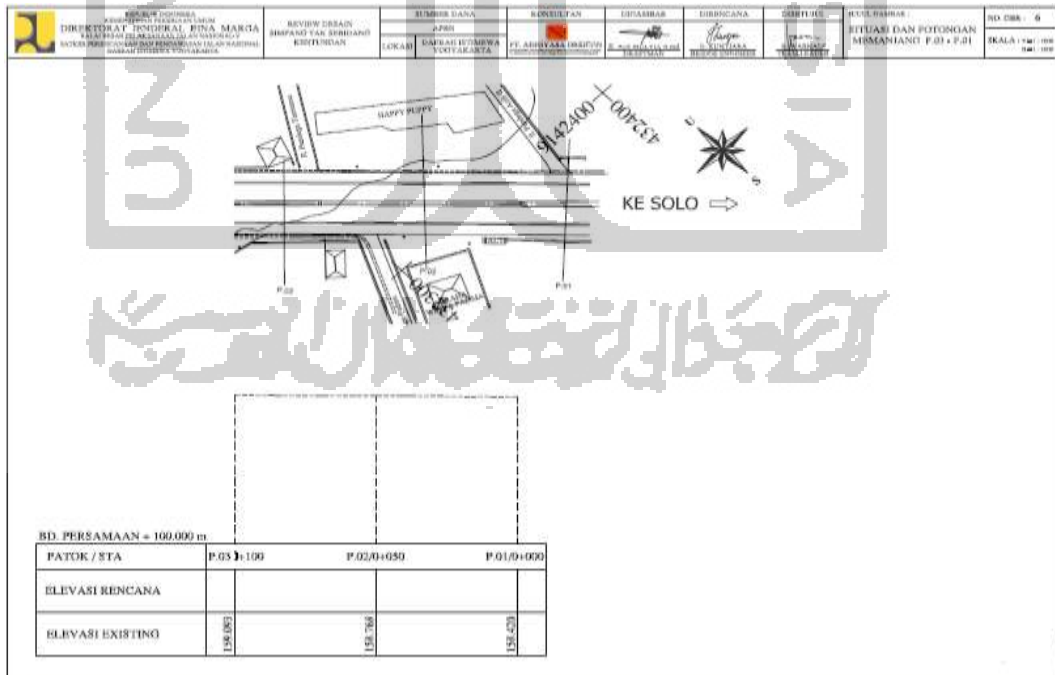


Gambar L-3. 13 Penampang Melintang P.18 – P.20

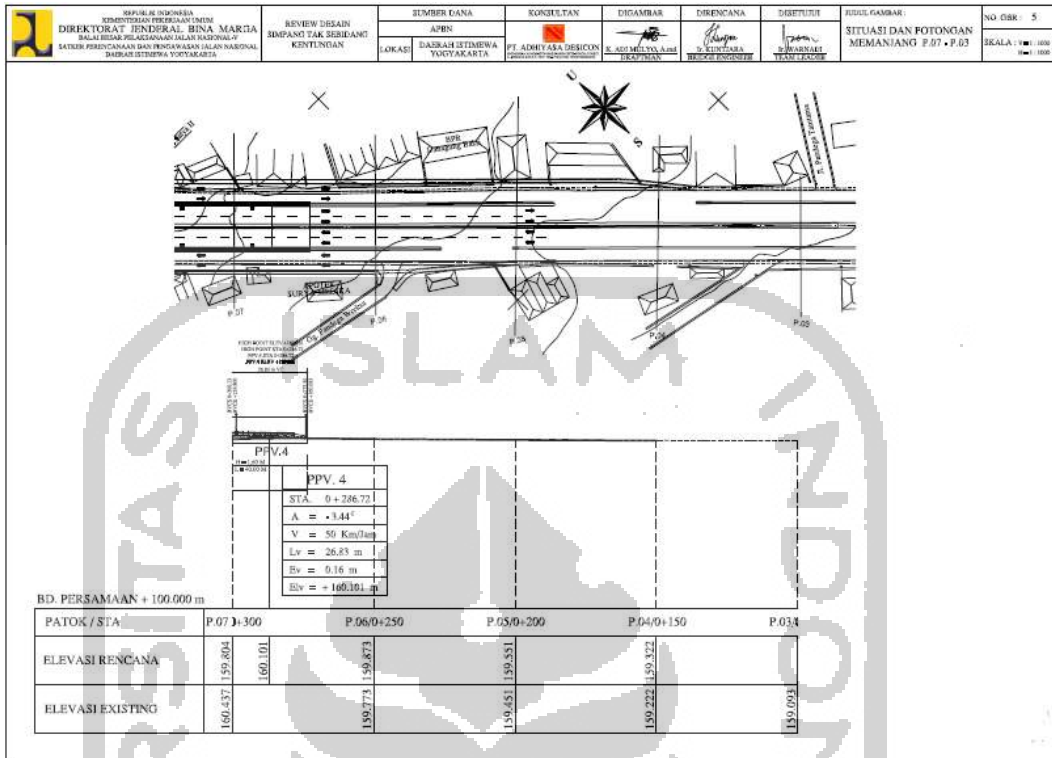
Lampiran 4 Situasi dan Potongan Memanjang



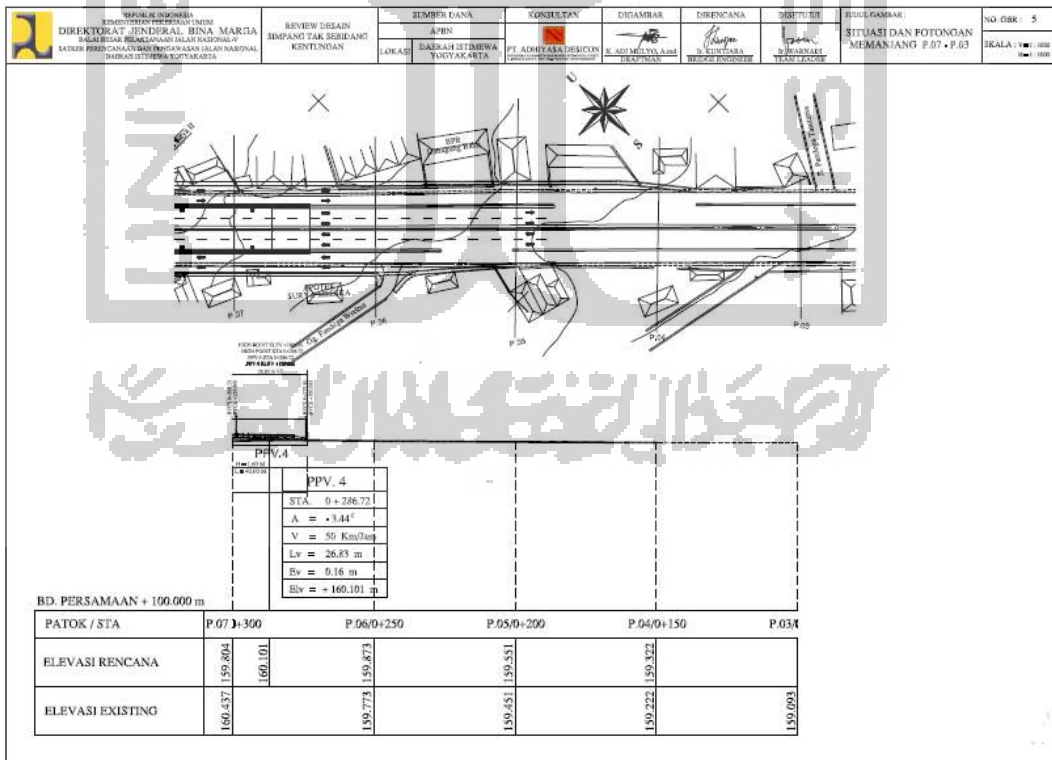
Gambar L-4.1 Gambar Situasi dan Potongan Memanjang



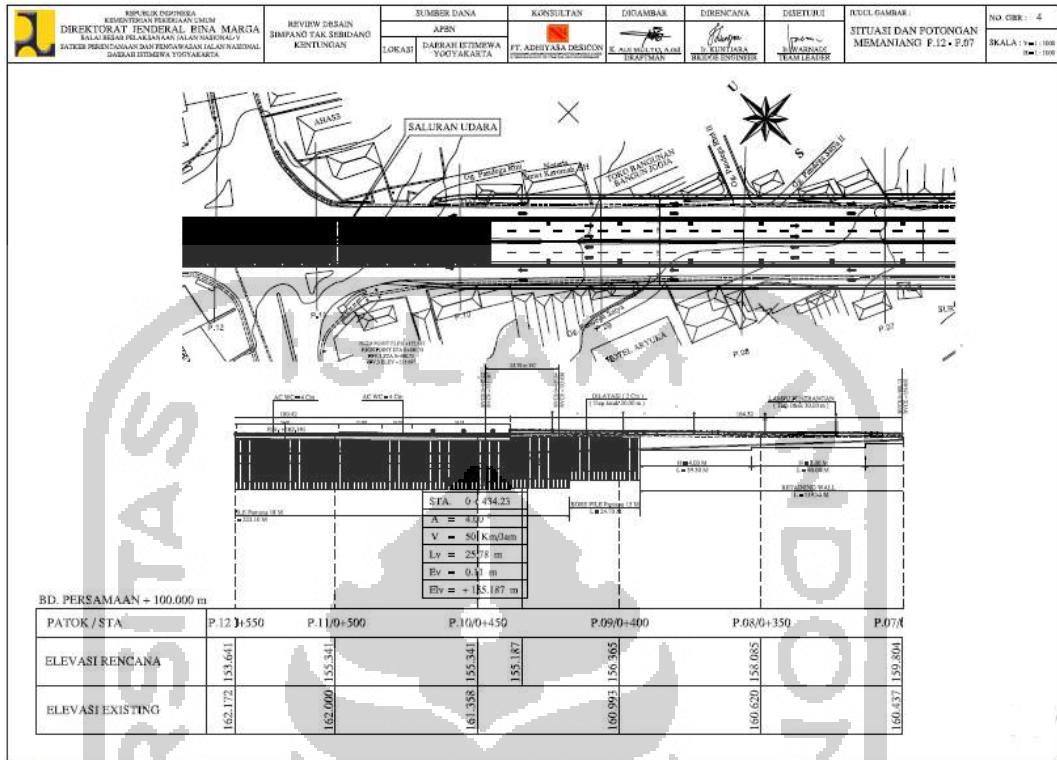
Gambar L-4.2 Potongan Memanjang P.01 – P.03



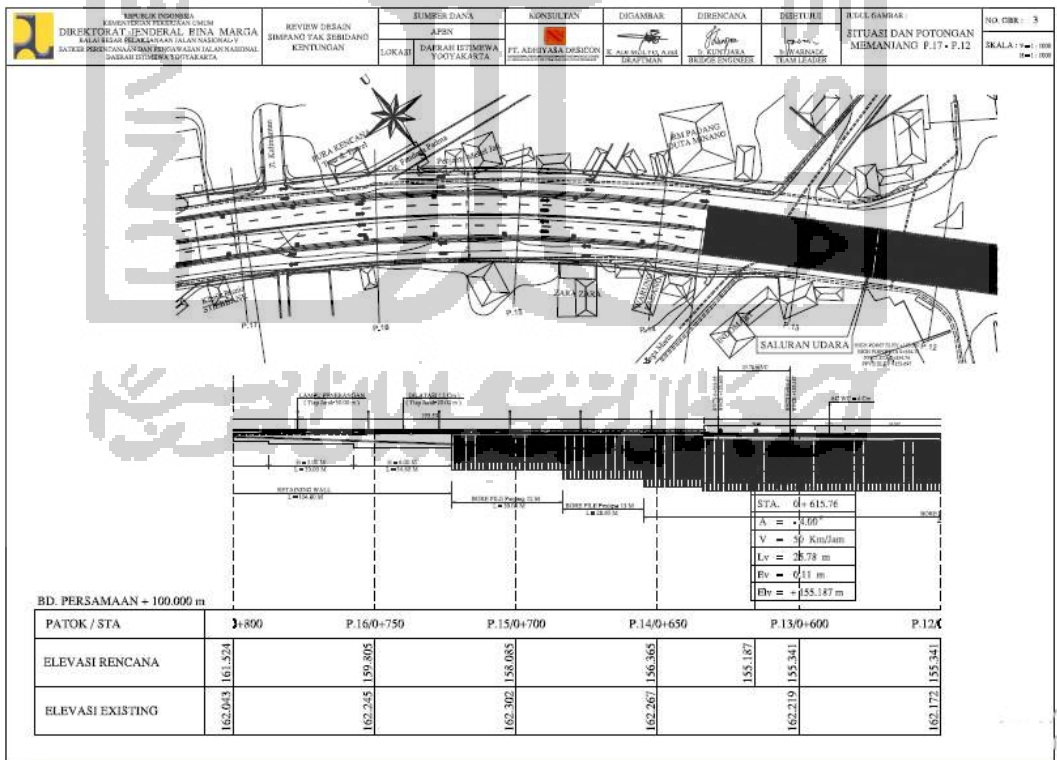
Gambar L-4.3 Potongan Memanjang P.01 – P.03



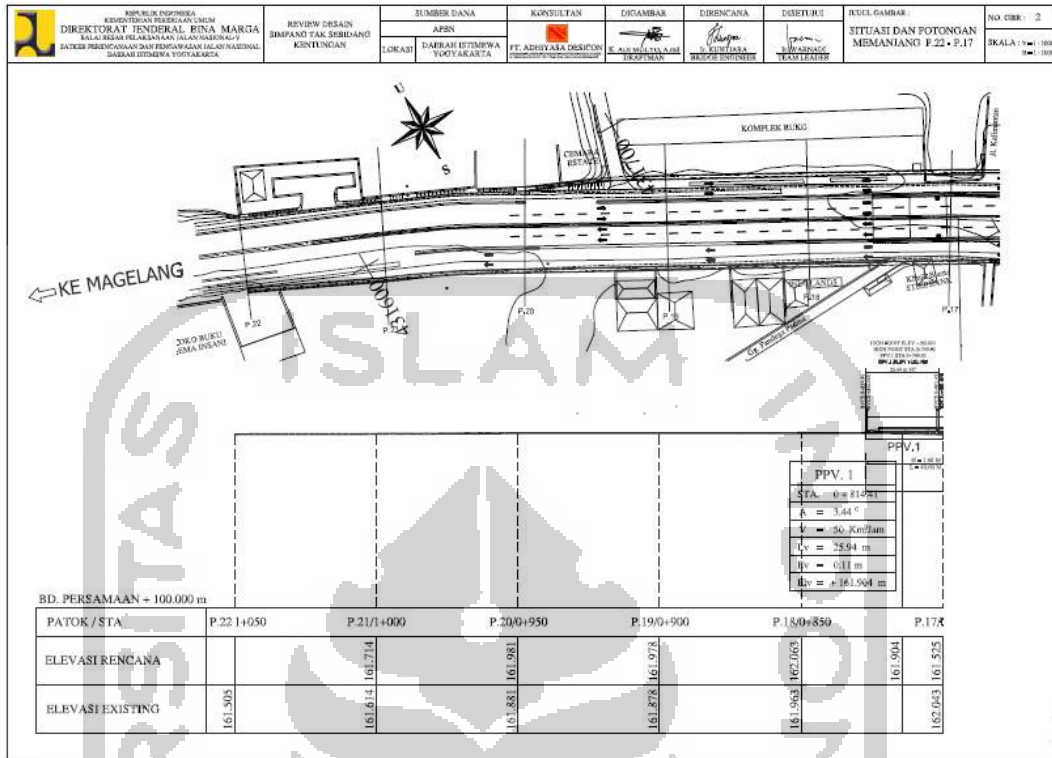
Gambar L-4.4 Potongan Memanjang P.03 – P.07



Gambar L-4.5 Potongan Memanjang P.07 – P.12



Gambar L-4.6 Potongan Memanjang P.12 – P.17



Gambar L-4.7 Potongan Memanjang P.17 – P.22

Lampiran 5 Jenis Alat Berat



Gambar L-5.1 Dump Truck



Gambar L-5.2 Excavator Caterpillar CAT 306E2



Gambar L-5. 3 Excavator Komatsu PC 200-8

UNIVERSITAS INDONESIA
UNIVERSITY OF INDONESIA

Lampiran 6 Kontrak Sewa Alat Berat

ISTAKA

ACM
S/13
S/13

**SURAT PERJANJIAN
SEWA MENYEWA ALAT
No KONT/SPSM-UPKTG/II/2019.005**

Pada hari ini, **Jum'at** tanggal **Satu Bulan Februari** tahun **Dua Ribu Sembilan Belas (01-02-2019)** kami yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Budi Suharno : Selaku Project Manager PT. Istaka Karya (Persero) Proyek Pembangunan Underpass Kentungan (Kalitirang) MYC, yang selanjutnya disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**.

2. Saptono Rahardjo : Selaku Pemilik Alat yang berkedudukan di Jl. Jambon III/14, Kricak, Yogyakarta bertindak untuk dan atas nama Pemilik Alat, yang selanjutnya disebut sebagai **PIHAK KEDUA**.

PIHAK KEDUA menurut pengakuannya sebagai pemilik Alat yang akan disewa PIHAK PERTAMA dan kedua belah pihak menyetujui mengadakan perjanjian Sewa Alat untuk keperluan PIHAK PERTAMA yang dipergunakan pada Proyek Pembangunan Underpass Kentungan (Kalitirang) MYC.

**PASAL 1
JENIS ALAT DAN HARGA SEWA**

1. 1 (satu) unit Excavator Type CAT306E2 Rp. 275.000/jam
2. 1 (satu) unit Dump Truck Rp. 87.500/jam
3. 1 (satu) unit Vibro roller 12 ton Rp. 300.000/jam
4. 1 (satu) unit self loader Rp 30.000.000,00 /bulan
5. 1 (satu) unit Excavator PC 200-8 Rp 575.000,00/jam

Harga sewa tersebut termasuk (Operator , BBM) sudah termasuk PPh 2%

**PASAL 2
CARA PEMBAYARAN**

Pembayaran dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Pembayaran dilakukan sesuai Jam kerja yang tercapai yang di tanda tangani wakil dari kedua belah pihak.
2. Pembayaran dilakukan dengan Transfer ke Bank Mandiri no.rek 137-000-537-2335 a.n CV. Cahaya Indra Laksana.

Gambar L-6.1 Kontrak Sewa Alat Berat

Lampiran 7 Data Pengamatan

Data Pengamatan (Excavator)

Excavator CAT 306E2

No	Tanggal	Gali	Putar	Gali	Putar
1	5/2/17	4,50	4,65	4,4	4,21
2	5/2/17	5,2	5,33	3,87	3,39
3	5/2/17	5,55	5,75	3,61	4,6
4	5/2/17	5,65	4,37	4,23	3,43
5	5/2/17	6,9	4,30	3,17	4,70
6	5/2/17	5,23	4,24	4,92	4,14
7	5/2/17	4,57	5,77	4,21	3,23
8	5/2/17	5,87	4,44	3,21	3,87
9	5/2/17	5,42	3,87	3,19	4,57
10	5/2/17	4,63	5,08	3,65	3,88

Excavator Komatsu PC200-8

No	Tanggal	Gali	Putar	Gali	Putar
1	8/2/17	7,55	5,78	3,63	4,6
2	8/2/17	5,2	4,65	4,07	4,39
3	8/2/17	5,02	5,33	4,1	4,77
4	8/2/17	5,23	4,21	4,42	4,14
5	8/2/17	6,89	4,14	3,21	4,87
6	8/2/17	6,67	5,61	4,08	4,88
7	8/2/17	5,42	5,87	4,19	4,57
8	8/2/17	3,79	6,87	4,81	5,23
9	8/2/17	6,7	4,58	3,17	4,70
10	8/2/17	5,65	4,37	4,23	5,14

ISTARDA

WIEKA

Gambar L-7.1 Data Pengamatan Waktu Siklus Excavator

Data Pengamatan (Dump Truck)

No	Tanggal	Loading	Berangkat		Dumping	Pulang		Jarak	Kec.
			Start	Finish		Start	Finish		
1	7/2 19	15.20	15.36	16.12	23.10	14.39	15.10	21 km	
2	7/2 19	16.10	16.40	17.10	22.10	14.47	15.39	21 km	
3	7/2 19	17.17	17.23	17.19	21.02	15.21	16.07	21 km	
4	10/2 19	18.01	18.52	19.09	22.20	16.17	16.59	21 km	
5	10/2 19	19.18	19.41	19.39	23.12	17.15	17.29	21 km	
6	11/2 19	19.12	18.21	19.14	23.10	17.22	18.02	21 km	
7	11/2 19	19.12	19.27	19.17	22.18	18.23	19.07	21 km	
8	12/2 19	19.14	18.41	19.23	21.06	19.35	20.18	21 km	
9	13/2 19	19.06	18.52	19.15	22.12	19.23	20.37	21 km	
10	13/2 19	19.18	19.42	19.39	23.14	19.37	20.16	21 km	

1. Berangkat : 51 menit (0,85 jam)

$$V = \frac{21 \text{ km}}{0,85 \text{ km/jam}} = 24,70 = 25 \text{ km/jam}$$

ISTANA
WIEKA

Gambar L-7.2 Data Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck

Lampiran 8 Surat Penelitian TA



Nomor : PD.03.07-PJNWIIIDY/P1.4/149
Lampiran : -
Hal : Permohonan Izin Penelitian TA &
Pengambilan Data Untuk TA

Yogyakarta, 22 April 2019

Kepada Yth. :
Ketua Prodi Teknik Sipil
Universitas Islam Indonesia
di -
YOGYAKARTA

Sesuai dengan Surat Rekomendasi Ketua Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Nomor : 116/Ka.Prodi PSTS/20/TA/IIW/2019, Tanggal 05 April 2019, bersama ini kami informasikan bahwa mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta :

No	Nama Mahasiswa	No. Mhs	Prodi
1	Yanuar Suryo Bismoko	12511259	Teknik Sipil

pada prinsipnya yang bersangkutan diizinkan untuk melakukan penelitian TA dan pengambilan data untuk TA pada Paket Pembangunan Underpass Kentungan (Kalurahan). Untuk itu mahasiswa dimaksud agar segera ke kantor PPK 1.4 Provinsi DIY untuk berkoordinasi.

Demikian kami sampaikan, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Pejabat Pembuat Komitmen 1.4 Provinsi DIY



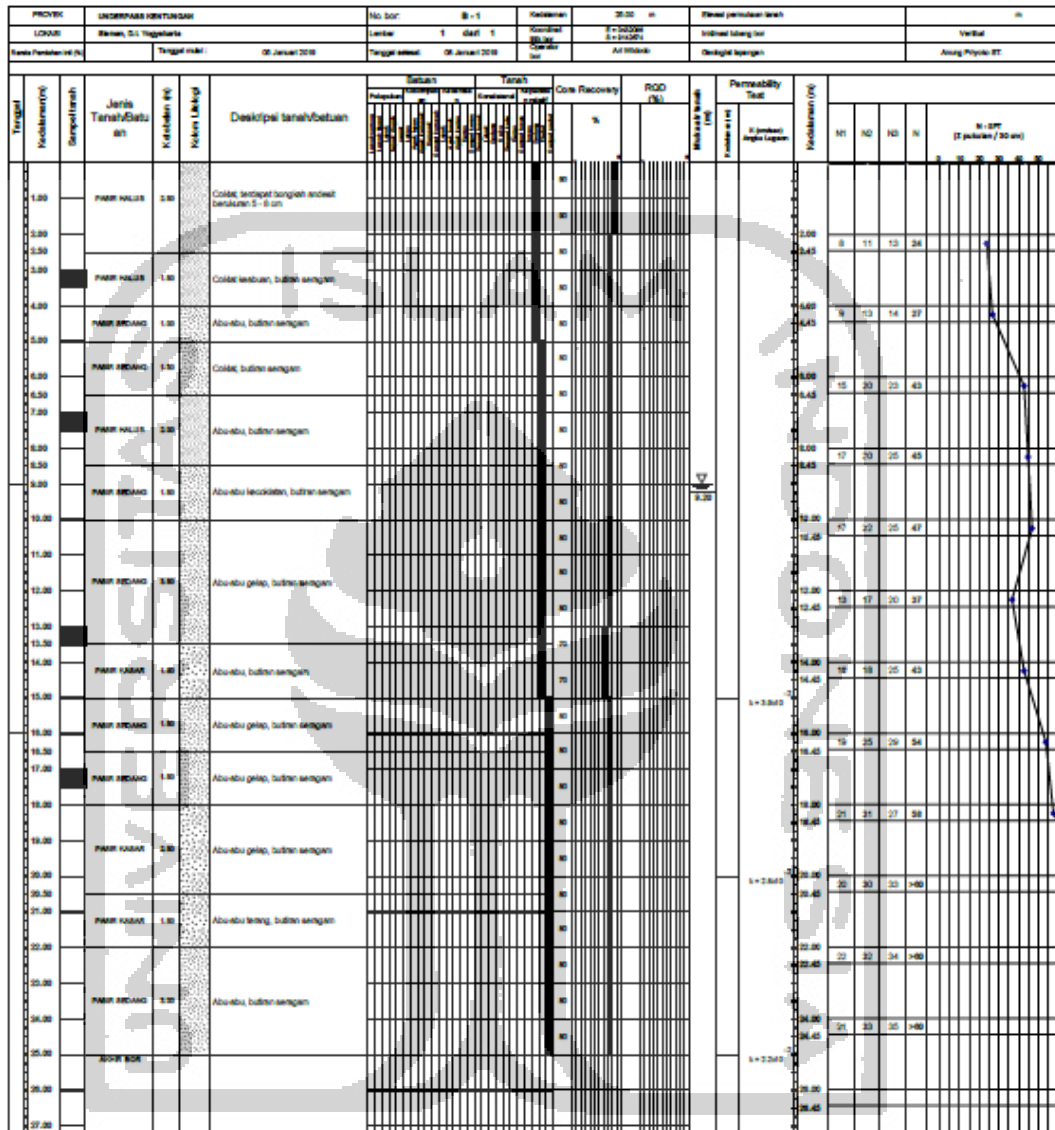
M. Syidik Hidayat, S.T., M.Eng.
NIP. 19630913 200912 1 001

Tembusan Yth.:

1. Kepala Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah Provinsi D. I. Yogyakarta;
2. PT. Istaka Karya (Persero);
3. PT. Wahana Mitra Amerta;
4. Yang bersangkutan.

Gambar L-8.1 Scan Surat Persetujuan Penelitian Tugas Akhir

Lampiran 9 Data Jenis Tanah



Gambar 9.1 Data Bore Log Jenis Tanah