

Optimalisasi Pekerjaan Badan Jalan Kereta Api antara Stasiun Barru – Stasiun Garongkong

Dasa Aprisandi*¹⁾

¹⁾Teknik sipil, Fakultas Teknik, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jl. Moch. Kahfi II, Jakarta, 12620, Indonesia
Email: dasa@istn.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan jalur kereta api Trans Sulawesi lintas Makassar - Parepare menggunakan timbunan tanah yang cukup tinggi, dengan ketinggian lima hingga tujuh meter. Adanya lahan yang belum bebas membuat kontraktor harus membuat strategi agar pekerjaan dapat selesai tepat waktu. Metode penelitian ini yaitu membandingkan produktivitas alat berat pada kondisi normal dengan kondisi setelah melakukan penambahan alat berat. Analisis yang dibahas adalah menentukan total volume tanah yang dibutuhkan dan waktu pelaksanaan kemudian dioptimalkan dengan penambahan alat berat dan waktu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui biaya dan waktu pelaksanaan yang optimum. Penambahan alat berat dioptimasi menjadi 10 unit *excavator*, 8 unit *vibro roller* dan 76 unit *dump truck*. Waktu pelaksanaan semula adalah 196,2 hari dengan biaya Rp. 8.319.374.000 dapat dioptimalkan menjadi 128 hari kalender dengan biaya Rp. 7.978.637.440, sehingga waktu penyelesaian lebih cepat dan biaya pelaksanaan menjadi lebih murah.

Kata kunci: alat berat, biaya, optimalisasi, waktu

1. Pendahuluan

Pembangunan jalur kereta api Makassar – Parepare menggunakan konstruksi *at grade* yaitu badan jalan kereta api berada di atas tanah dasar. Tanah dasar *existing* dikupas terlebih dahulu kemudian dilakukan penimbunan dan pemadatan tanah dengan ketinggian berkisar lima sampai tujuh meter. Badan jalan kereta api cukup tinggi dari permukaan tanah dasar dikarenakan pada jalur kereta api ini tidak ada perlintasan sebidang yang berpotensi menimbulkan kecelakaan di perlintasan dan mengganggu perjalanan kereta api.

Pembangunan *sidding track* ke arah Pelabuhan Garongkong dalam pelaksanaan pembangunannya memiliki beberapa kendala yang menghambat selama konstruksi, di antaranya ada beberapa lahan yang belum bebas, kondisi tanah dasar yang kurang baik, dan permintaan akses jalan petani di sekitar jalur KA untuk memudahkan aktivitas mereka. Lahan yang belum bebas sudah masuk dalam tahap konsinyasi yang merupakan ranahnya Pengadilan Tinggi Provinsi Sulawesi Selatan. Perbaikan tanah dasar juga harus dilakukan karena berdasarkan hasil pengujian tanah, didapatkan kondisi tanah yang kurang baik sehingga perlu dilakukan metode khusus untuk memperbaiki kondisi tanah tersebut. Kelompok Tani di Kecamatan Mangempang juga menuntut adanya *underpass* jalan tani, dan *box culvert* untuk pengairan irigasi agar tidak mengganggu produktivitas pertanian mereka.

Adanya kendala-kendala seperti di atas membuat *progress* pekerjaan menjadi terlambat, dan membuat biaya pelaksanaan pekerjaan menjadi bertambah. Pemberi kerja memberi tambahan waktu pelaksanaan kepada kontraktor selama 90 hari dan menginstruksikan untuk mengajukan perubahan item pekerjaan agar dapat mengakomodasi keinginan para petani dengan tidak menambah biaya tambahan dari pemberi kerja.

Beberapa referensi utama mengenai topik ini mencakup Metode *Crashing* yaitu teknik yang digunakan untuk mempercepat durasi proyek dengan menambahkan sumber daya seperti tenaga kerja atau jam kerja lembur, yang dapat meminimalkan durasi tanpa mengurangi kualitas. Implementasi metode tersebut sangat bergantung pada analisis detail dari masing-masing

proyek, termasuk identifikasi tugas-tugas kritis, alokasi sumber daya, dan evaluasi biaya tambahan yang diperlukan untuk percepatan.

Penelitian sejenis sebelumnya telah dilakukan oleh Muhammad Haykal, et al (2024) yang menghasilkan manajemen alat berat serta pemilihan metode pemanfaatannya perlu untuk diperhatikan agar dapat menghemat biaya terhadap pengoperasiannya. Waktu pekerjaan yang dihasilkan dengan menerapkan pola pemuatan *parallel cut with turn and back (double stopping)* sebesar 159 hari, dan hasil analisa diperoleh pola pemuatan *double stopping* ini dapat menekan waktu siklus kerja alat berat sehingga meningkatkan produktivitas harian alat berat lebih cepat 25 hari dari durasi atau waktu rencana sebesar 184 hari kerja. Singkatnya durasi penyelesaian pekerjaan proyek menghasilkan biaya yang dikeluarkan semakin hemat. Pola pemuatan yang diterapkan sampai selesai diperoleh penghematan penggunaan alat berat sebesar Rp. 369,636,550.82.-.

Penelitian ini mengambil topik tentang optimalisasi pekerjaan badan jalan kereta api antara Stasiun Barru – Stasiun Garongkong dengan tujuan mendapatkan biaya dan waktu yang optimum.

2. Metode

Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah metode penelitian kuantitatif dengan keterangan deskriptif. Yaitu metode penelitian dengan metode survei yang dalam mengumpulkan data dengan perlakuan seperti tes atau wawancara terstruktur untuk mendapatkan data atau variabel. Wawancara dilakukan pada beberapa tenaga ahli yang terlibat pada proyek tersebut seperti dari perwakilan kontraktor, konsultan maupun pemberi kerja. Pertanyaan yang diajukan berupa kendala dan strategi dalam mengatasi permasalahan. Studi kepustakaan juga dilakukan dengan mencari data informasi dari beberapa penelitian dan literatur-literatur yang berkaitan dengan tata letak fasilitas dan juga tentang alat-alat berat, metode kerja penimbunan dan pemadatan tanah, waktu siklus, dan faktor yang mempengaruhi efektivitas alat berat. Studi kasus pada proyek ini untuk mendapatkan gambaran secara detail yang dilakukan oleh kontraktor pelaksana.

Analisis yang dilakukan dengan menghitung produktivitas alat berat pada pekerjaan penimbunan dan pemadatan tanah untuk badan jalan kereta api. Alat berat yang digunakan seperti *excavator, bulldozer, vibro roller* dan *dump truck*. Produktivitas yang dihitung dalam kondisi normal kemudian dilakukan optimalisasi dengan penambahan alat berat untuk mendapatkan biaya dan waktu pelaksanaan. Hasil analisis hanya mendapatkan untuk pekerjaan penimbunan tanah dan pemadatan badan jalan kereta api saja, tidak untuk semua pekerjaan.

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Mangempang Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan pada Km.0+000 s.d. Km.1+900P yang merupakan jalur kereta api lintas Makassar – Parepare pada petak Stasiun Barru – Stasiun Garongkong.

3. Hasil dan Pembahasan

Studi kasus dilakukan pada proyek pembangunan jalan kereta api lintas Makassar – Parepare pada Km.0+000 s.d. Km.1+900 P sepanjang 1,9 kilometer. Kondisi lahan di sini adalah sawah-sawah milik warga dan di beberapa lokasi tertentu terdapat tanah lunak yang harus dilakukan perbaikan tanah dasar. Pekerjaan badan jalan menggunakan timbunan tanah yang memiliki tahapan pekerjaan seperti : pengukuran, *stripping* tanah dasar, perbaikan tanah dasar, dan penimbunan tanah yang dipadatkan. Ketinggian tanah timbunan bervariasi antara 5 sampai 7 meter dengan volume total 311,494.92 m³. Dalam proses pekerjaan badan jalan ini diperlukan alat berat *excavator, bulldozer, vibro roller*, dan *dump truck*.

Produktivitas Alat

Excavator

Dimana pada perhitungan ini menggunakan *excavator* dengan kapasitas *bucket* 0.9m³ untuk pekerjaan *stripping* tanah dasar, pemancangan *dolken*, dan *stripping* lereng timbunan.

Produksi *excavator* :

$$Q_e = \frac{q \times 60 \times E}{CT} \quad (1)$$

Perhitungan *job factor* :

1. Faktor gabungan cuaca dan operator (FCO) digunakan 0,783. Dikarenakan cuaca di lokasi proyek terang, panas, dan berdebu. Dan operator diasumsikan baik.
2. Faktor gabungan alat dan medan (FAM) digunakan 0,805. Pada kondisi ini alat diasumsikan dalam kategori ringan.
3. Faktor material (FM) diambil 1,20. Pada pekerjaan ini tingkat pekerjaan yang dilakukan *excavator* adalah mudah.
4. Faktor besaran traksi (FBT) diambil 0,9. Pada pekerjaan ini jenis permukaan tanah liat lempung.

Sehingga *job factor* :

$$\begin{aligned} E &= FCO \times FAM \times FM \times FBT \\ &= 0.783 \times 0.805 \times 1.20 \times 0.9 \\ &= 0.681 \end{aligned}$$

Waktu siklus

Excavator pada pemuatan material melakukan empat gerakan/empat komponen waktu yaitu :

- a. Waktu mengisi *bucket*
- b. Waktu putar bermuatan
- c. Waktu membongkar beban
- d. Waktu putar kosong

Dalam penelitian ini diambil waktu siklus (CT) sebesar 0,35 menit dengan asumsi sudut buang 180 dan kapasitas *bucket* 0.9 m³. faktor kedalaman *stripping*/galian juga mempengaruhi waktu siklus. Faktor galian dapat dihitung dengan rumus :

$$R = 400/900 = 44 \%$$

$$R = 0.8$$

$$\text{Jadi waktu siklus} = 0.35 \times 0.8 = 0.31 \text{ menit}$$

Sehingga produktivitas *excavator* per jam dapat dihitung sebagai berikut :

$$Q_e = \frac{q \times 60 \times E}{CT} \quad (1)$$

$$Q_e = \frac{(q \times K) \times 60 \times E}{0.31} = \frac{(0.9 \times 0.6) \times 60 \times 0.681 E}{0.31} = 88.935 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produktivitas *excavator* per hari = 88.935 m³/jam x 8 jam = 711.48 m³

Bulldozer

Di mana pada perhitungan ini menggunakan *bulldozer* dengan spesifikasi :

Tenaga penggerak (Pw) 75 HP, Lebar pisau (L) 3.175 m, Tinggi pisau (H) 1.3m, Kapasitas pisau (q) 5,4 m³.

Kapasitas produksi/jam, untuk meratakan :

$$Q = ((1 \times \{n(L - L_0) + L_0\} \times F_b \times F_m \times F_a \times 60) / (N \times n \times TS)) \quad (2)$$

$$Q = ((30 \times \{5(3.175 - 0.3) + 0.3\} \times 1 \times 1 \times 0.83 \times 60) / (1 \times 5 \times 1))$$

$$Q = 4298.24 \text{ m}^2/\text{jam}$$

Kapasitas produksi/hari, untuk meratakan : 4298.24m²/jam x 8 jam = 39,425.92 m²

Vibro roller

Kapasitas produksi/jam, untuk memadatkan :

$$Q = \frac{W \times V \times H \times 1000 \times E}{N} \quad (3)$$

$$Q = \frac{0.8 \times 1.6 \times 0.4 \times 1000 \times 0.9}{8} = 57.6 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

Kapasitas produksi/hari, untuk memadatkan : 57.6 m³/jam x 8 jam = 460.8 m³

Dump truck

Dump truck digunakan untuk mengangkut tanah dari lokasi *quary* ke lokasi proyek pekerjaan timbunan. Adapun *dump truck* yang digunakan adalah kapasitas 20m³.

Produksi excavator :

Perhitungan *job factor* :

- Faktor gabungan cuaca dan operator (FCO) digunakan 0,783. Dikarenakan cuaca dilokasi proyek terang, panas, dan berdebu. Dan operator diasumsikan baik.
- Faktor gabungan alat dan medan (FAM) digunakan 0,805. Pada kondisi ini alat diasumsikan dalam kategori ringan.
- Faktor material (FM) diambil 1,20. Pada pekerjaan ini tingkat pekerjaan yang dilakukan *excavator* adalah mudah.
- Faktor besaran traksi (FBT) diambil 0,56. Pada pekerjaan ini jenis permukaan tanah datar tanpa perkerasan.

Sehingga *job factor* :

$$\begin{aligned} E &= FCO \times FAM \times FM \times FBT \\ &= 0.783 \times 0.805 \times 1.20 \times 0.56 \\ &= 0.514 \end{aligned}$$

Waktu untuk mengangkut material ;

- Jarak angkut *dump truck* (D1) = 15 km
- Kecepatan rata-rata *dump truck* bermuatan (V1) = 40 km/jam
- Jadi waktu untuk mengangkut material = $15/40 \times 60 = 22.5$ menit

Waktu yang dibutuhkan untuk posisi pengisian :

Waktu buang = 2 menit

Waktu tunggu = 3 menit

Waktu kembali:

Jarak angkut *dump truck* (D2) = 15 km

Kecepatan rata-rata *dump truck* bermuatan (V2) = 60 km/jam

Jadi waktu untuk mengangkut material = $15/60 \times 60 = 15$ menit

Jadi waktu siklus :

$$CTD = n \times CTE + \frac{D1}{V1} + t1 + \frac{D2}{V2} + t2 \quad (4)$$

$$CTD = 20.535 + 22.5 + 15 + 2 + 3 = 63.035 \text{ menit}$$

Jadi produktivitas satu unit *dump truck* = 7 rit x 20 m³ = 140 m³

Tabel 1. Rekapitulasi produktivitas alat berat

Alat Berat	Produktivitas per hari
<i>Excavator</i>	711.48 m ³
<i>Bulldozer</i>	39,425.92 m ²
<i>Vibro Roller</i>	460.8 m ³
<i>Dump Truk</i>	140 m ³

Menghitung Waktu Pekerjaan

Berdasarkan perhitungan produktivitas masing-masing alat berat di atas, maka dapat didapat waktu penyelesaian pekerjaan. Di sini akan diulas durasi pekerjaan dengan jadwal pelaksanaan yang telah ditentukan oleh pelaksana proyek.

Optimalisasi Penambahan Alat Berat

Excavator

Berdasarkan perhitungan produktivitas alat berat *excavator* per hari adalah 711.48 m³. *Excavator* digunakan untuk pekerjaan *stripping* tanah sedalam 50 cm dengan volume sesuai kontrak adalah 29,078.395 m³. Penyelesaian pekerjaan *stripping* tanah, dapat dijabarkan sesuai perhitungan di bawah ini :

$29,078.395 \text{ m}^3 : 711.48 \text{ m}^3 = 41$ unit *excavator* jika dikerjakan dalam 1 hari.

Sedangkan excavator yang dapat disiapkan oleh kontraktor pelaksana adalah 4 unit. Sehingga : $4 \times 711.48 \text{ m}^3 = 2845,92 \text{ m}^3/\text{hari}$. Jadi total waktu pelaksanaan yang dapat diselesaikan dengan 4 unit *excavator* adalah : $29,078.395 \text{ m}^3 : 2845,92 \text{ m}^3 = 10,2$ hari. Pihak pemilik proyek menginginkan pekerjaan *stripping* tanah dapat diselesaikan dalam waktu 7 hari, sehingga *excavator* yang harus disiapkan adalah :

$$29,078.395 \text{ m}^3 : 7 \text{ hari} = 4155 \text{ m}^3$$

$$4155 \text{ m}^3 : 711.48 \text{ m}^3 = 5.8 \text{ dibulatkan menjadi } 6 \text{ unit } \textit{excavator}.$$

Sedangkan untuk pekerjaan galian tanah adalah :

$$7,413.79 \text{ m}^3 : 7 \text{ hari} = 2471.26 \text{ m}^3$$

$$2471.26 \text{ m}^3 : 711.48 \text{ m}^3 = 3.47 \text{ dibulatkan menjadi } 4 \text{ unit } \textit{excavator}$$

Vibro Roller

Berdasarkan perhitungan produktivitas alat berat *vibro roller* per hari adalah 460.8 m^3 . *Vibro roller* digunakan untuk pekerjaan pemadatan timbunan tanah CBR 10 dan CBR 6 tanah dengan volume sesuai kontrak adalah 6050 m^3 dan $311,494.92 \text{ m}^3$ sehingga totalnya adalah $317,544.92 \text{ m}^3$. Penyelesaian pekerjaan, dapat dijabarkan sesuai perhitungan di bawah ini :

$$317,544.92 \text{ m}^3 : 460.8 \text{ m}^3 = 690 \text{ unit } \textit{vibro roller} \text{ jika dikerjakan dalam } 1 \text{ hari.}$$

Sedangkan *vibro roller* yang dapat disiapkan oleh kontraktor pelaksana adalah 5 unit. Sehingga : $5 \times 460.8 \text{ m}^3 = 2304 \text{ m}^3/\text{hari}$. Jadi total waktu pelaksanaan yang dapat diselesaikan dengan 5 unit *vibro roller* adalah : $317,544.92 \text{ m}^3 : 2304 \text{ m}^3 = 138$ hari. Pihak pemilik proyek menginginkan pekerjaan pemadatan tanah dapat diselesaikan dalam waktu 90 hari, sehingga *bulldozer* yang harus disiapkan adalah :

$$317,544.92 \text{ m}^3 : 90 \text{ hari} = 3528.3 \text{ m}^3$$

$$3528.3 \text{ m}^3 : 460.8 \text{ m}^3 = 7.7 \text{ dibulatkan menjadi } 8 \text{ unit } \textit{bulldozer}.$$

Dump Truck

Berdasarkan perhitungan produktivitas *dump truck* perhari adalah 140 m^3 . *Dump truck* digunakan untuk pekerjaan pengiriman timbunan tanah CBR 10 dan CBR 6 tanah dengan volume sesuai kontrak adalah 6050 m^3 dan $311,494.92 \text{ m}^3$ sehingga totalnya adalah $317,544.92 \text{ m}^3$. Penyelesaian pekerjaan, dapat dijabarkan sesuai perhitungan di bawah ini :

$$317,544.92 \text{ m}^3 : 140 \text{ m}^3 = 2269 \text{ unit } \textit{dump truck} \text{ jika dikerjakan dalam } 1 \text{ hari.}$$

Sedangkan *dump truck* yang dapat disiapkan oleh kontraktor pelaksana adalah 60 unit. Sehingga : $60 \times 140 \text{ m}^3 = 8400 \text{ m}^3/\text{hari}$. Jadi total waktu pelaksanaan yang dapat diselesaikan dengan 60 unit *dump truck* adalah : $317,544.92 \text{ m}^3 : 8400 \text{ m}^3 = 37.8$ hari. Pihak pemilik proyek menginginkan pekerjaan pemadatan tanah dapat diselesaikan dalam waktu 30 hari, sehingga *dump truck* yang harus disiapkan adalah :

$$317,544.92 \text{ m}^3 : 30 \text{ hari} = 10585 \text{ m}^3$$

$$10585 \text{ m}^3 : 140 \text{ m}^3 = 75.6 \text{ dibulatkan menjadi } 76 \text{ unit } \textit{dump truck}$$

Tabel 2. Perbandingan Jumlah Alat Berat (unit)

Alat Berat	Jumlah (unit)	
	N	O
<i>Excavator</i>	4	6
<i>Excavator</i>	1	4
<i>Vibro Roller</i>	5	8
<i>Dump truck</i>	60	76

Keterangan : N= Normal , O= Optimalisasi

Tabel 3. Perbandingan Waktu Pelaksanaan (hari)

Pekerjaan	Waktu Normal	Setelah Optimalisasi
Stripping 50 cm	10,2	7
Galian tanah	10,2	1
Timbunan tanah	138	90
Pemadatan	37.8	30
Total	196.2	128

Perhitungan Biaya

Biaya alat berat dihitung berdasarkan biaya sewa ditambah dengan mobilisasi dan demobilisasi dengan rincian :

Excavator

biaya sewa per jam = Rp. 501,075

biaya mobilisasi dan demobilisasi = Rp. 5,000,000

biaya sewa per hari = 8 jam x Rp. 501,075 = Rp. 4,008,600

Bulldozer

biaya sewa per jam = Rp. 538,985

biaya mobilisasi dan demobilisasi = Rp. 5,000,000

biaya sewa per hari = 8 jam x Rp. 538,985 = Rp. 4,311,880

Vibro roller

biaya sewa per jam = Rp. 742,969

biaya mobilisasi dan demobilisasi = Rp. 5,000,000

biaya sewa per hari = 8 jam x Rp. 742,969 = Rp. 5,943,752

Dump truck

biaya sewa per jam = Rp. 159,000

biaya mobilisasi dan demobilisasi = Rp. 5,000,000

biaya sewa per hari = 8 jam x Rp. 159,000 = Rp. 1,272,000

Dalam kondisi normal terdapat biaya *excavator* sejumlah Rp. 755,599,600, biaya *bulldozer* Rp.552,425,600, biaya *vibro roller* Rp.4,106,188,880, dan *dump truck* Rp.2,905,160,000. Hasil

analisis setelah optimalisasi menjadi biaya *excavator* Rp. 266,550,400, *bulldozer* Rp. 522,425,600, biaya *vibro roller* Rp. 4,284,501,440, dan *dump truck* Rp. 2,905,160,000.

Jadi jika tidak ada penambahan alat berat menghabiskan biaya pekerjaan sebesar Rp. 8,319,374,000 sedangkan dengan penambahan alat berat biaya pekerjaan sebesar Rp. 7,978,637,440 dapat menghemat sebesar Rp. 340,736,560 atau 4.01 %.

Penambahan alat berat *excavator* menghasilkan biaya yang lebih rendah dari kondisi normal, karena semakin bertambah alat maka waktu penyelesaian menjadi lebih cepat. Sedangkan pada alat berat *vibro roller* justru biaya semakin bertambah. Alat berta *bulldozer* dan *dump truck* memiliki biaya yang sama dengan kondisi normal.

Hasil analisis optimalisasi alat berat pada pekerjaan penimbunan dan pemadatan tanah badan jalan kereta api menunjukkan bahwa waktu pelaksanaan menjadi lebih cepat. Apabila tidak dilakukan optimalisasi akan membutuhkan waktu penyelesaian selama 196 hari, sedangkan setelah dilakukan optimalisasi menjadi 128 hari.

Simpulan

1. Berdasarkan perhitungan optimalisasi yang dilakukan, didapat bahwa adanya penambahan alat berat berupa *excavator* 10 unit, *vibro roller* 8 unit, dan *dump truck* 76 unit. Waktu pelaksanaan yang semula 196,2 hari dapat dioptimalisasi menjadi 128 hari kalender, sehingga waktu penyelesaian menjadi lebih cepat.
2. Biaya pekerjaan sebelum dioptimalisasi sebesar Rp. 8,319,374,000 sedangkan setelah dioptimalisasi sebesar Rp. 7,978,637,440 dapat menghemat sebesar Rp. 340,736,560 atau 4.01 %.

Daftar Pustaka

- Ahmad Kholil. (2012). *Alat Berat*. PT. Remaja Rosdakarya Offset. Bandung.
- Ayusha, Joko Setiono, Suhariyanto. (2023). *Optimasi Penggunaan Alat Berat (Studi Kasus : Pekerjaan Galian dan Timbunan Pembangunan Landfill Cella ERIC-I Jombang)*. JOS-MRK, Volume 4 Nomor 1 Maret 2023, 166-173.
- Ervianto, W. (2015). *Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi*. Andi. Yogyakarta.
- Haykal, M, & Kusman, M.R. (2024). Optimalisasi Produktivitas dan Biaya Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Galian untuk Saluran Drainase Proyek Pelebaran Jalan Batu Aji – Kuaro Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik SILITEK*, 4(01), 7-13. <https://doi.org/10.51135/jts.v4i01.121>
- I Komang Alit Aprinata, dkk. (2023). *Alternatif Alat Berat pada Pembangunan Hotel Samara Kota Batu*. Seminar Nasional 2023, Sinergitas Era Digital 5.0 dalam Pembangunan Teknologi Hijau Berkelanjutan, ISSN 2406-9051.
- Rahardyan, RB, dkk. (2022). *Optimasi Penggunaan Alat Berat pada Proyek Pembangunan Bendungan Bendo Ponorogo*. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi Polinema*. Volume 3, Nomor 2, Halaman 80-86.
- Zulkarnaen, Fitrayuddin. (2023). *Optimasi Pemindahan Tanah Mekanis untuk Meningkatkan Kinerja Waktu dan Biaya (Studi kasus: Proyek Jalan Lingkar Selatan Lunyuk)*. *Jurnal Sainteka*, Volume 4 No 3 Oktober 2023, 9-14.
- Zurkiyah, Narwan Hidayat. (2020). *Studi Optimasi Waktu dan Biaya Alat Berat Pada Pekerjaan Pondasi Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Project Pembangunan Terminal LPG Pressurized 4 X 3000 MT Medan-Belawan*. *Progress in Civil Engineering Journal*, Volume 2 Nomor 1 2020, 1-7.