

Analisis Daya Dukung Tanah Pada Jalan Terhadap Beban Truk Pengangkut Batubara di Kecamatan Barangin Kota Sawahlunto

Dian Hadiyansyah¹⁾, Dini Elishabet²⁾, Afni Nelvi³⁾, Rusnoviandi⁴⁾, Hedsing Cressendo^{5)*}, Annisa Intan Yustisia Rahmalina⁶⁾

¹²³⁴⁵⁶Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang, Indonesia.

dian.hadiyansyah@gmail.com ; dinielishabet6@gmail.com; afninelvi@gmail.com;
rusnoviandi.lubis@gmail.com ; hedsing.cressendo@gmail.com*; intan020893@gmail.com

ABSTRAK

Jalan mengalami kerusakan berupa amblesan/pergerakan tanah yang dilalui oleh truk pengangkut batubara dengan frekuensi kendaraan dan tonase beban truk yang tinggi. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis sifat fisik dan mekanik tanah, menganalisis tonase beban truk, dan mengidentifikasi penyebab terjadinya amblesan/pergerakan tanah. Metode yang digunakan yaitu undisturbed sampel dengan mengambil sampel tanah tak terganggu. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data didapatkan sifat fisik dan mekanik tanah km 139+000 dengan kadar air 31%, berat isi tanah 0,47 gr/cm³, berat jenis tanah 2,58 gr/cm², dan uji geser langsung dengan nilai sudut geser dalam 22,72°. Lokasi Km 143+000 dengan kadar air 37%, berat isi tanah 0,47 gr/cm³, berat jenis tanah 2,59 gr/cm², dan uji geser langsung dengan nilai sudut geser dalam yaitu 25,37°. Lokasi Km 143+400 dengan kadar air 49%, berat isi tanah 0,48 gr/cm³, berat jenis 2,65 gr/cm², dan uji geser langsung dengan nilai sudut geser dalam 22,81°. Berdasarkan penggolongan tanah klasifikasi ASTM D km 139+000, km 143+000 dan km 143+400 termasuk kedalam jenis tanah lempung. Tonase truk batubara diperoleh sebesar 35.000 kg dengan nilai *ground pressure* alat angkut yaitu 781,45 kPa, yang nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan nilai daya dukung ijin tanah yaitu 96,82 kPa pada km 139+000, 135,43 kPa pada km 143+000 dan 128,04 kPa pada km 143+400. Oleh karena itu tanah dinyatakan tidak mampu menahan beban yang berada di atasnya sehingga penyebab terjadinya amblesan/pergerakan tanah dikarenakan daya dukung tanah yang rendah dan tonase beban truk yang tinggi.

Kata kunci: Jalan, Sifat Fisik & Mekanik Tanah, *Ground Pressure*, Daya Dukung Tanah

ABSTRACT

The road experienced damage in the form of subsidence/ground movement passed by trucks carrying coal with high vehicle frequency and truck load tonnage. The aim of this research is to analyze the physical and mechanical properties of the soil, analyze the tonnage of truck loads, and identify the causes of subsidence/ground movement. The method used is undisturbed sampling by taking undisturbed soil samples. Based on the results of data processing and analysis, it was found that the physical and mechanical properties of the soil were km 139+000 with a water content of 31%, the bulk density of the soil was 0.47 gr/cm³, the specific gravity of the soil was 2.58 gr/cm², and direct shear test with a shear angle value of 22.72°. Location Km 143+000 with a water content of 37%, soil density 0.47 gr/cm³, soil density 2.59 gr/cm², and direct shear test with internal shear angle values namely 25.37°. Location Km 143+400 with a water content of 49%, soil density 0.48 gr/cm³, specific gravity 2.65 gr/cm², and direct shear test with a shear angle value of 22.81°. Based on the ASTM soil classification D km 139+000, km 143+000 and km 143+400 are included in the clay soil type. The tonnage of the coal truck was obtained at 35,000 kg with the ground pressure value of the transport equipment being 781.45 kPa, which is a higher value than the land permit carrying capacity value of 96.82 kPa at km 139+000, 135.43 kPa at km 143+000 and 128.04 kPa at km 143+400. Therefore, the soil is declared unable to support the load above it, so the cause of land subsidence/movement is due to the low bearing capacity of the soil and the high tonnage of the truck load.

Keywords: Roads, Physical & Mechanical Properties of Soil, *Ground Pressure*, Soil Bearing Capacity

PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana penting dalam transportasi yang dapat berpengaruh terhadap kemajuan bidang ekonomi, sosial, budaya maupun politik di suatu wilayah. Seiring kenaikan perekonomian masyarakat, kondisi jalan yang dilalui oleh volume lalu lintas yang tinggi dan berulang-ulang akan mempengaruhi kondisi konstruksi jalan dan mengakibatkan penurunan kualitas jalan sehingga berdampak pada keamanan, kenyamanan dan kelancaran dalam berlalu lintas (Ichsan, 2014). Salah satu kekuatan suatu konstruksi ditentukan oleh kualitas bahan dasar yang digunakan, seperti pada suatu konstruksi jalan, kualitas tanah asli sebagai bahan dasar (*subgrade*) juga sangat menentukan kekuatan jalan.

Pada jalan Guguak Cino – Sawahlunto (lapangan segitiga) mengalami kerusakan di beberapa titik ruas jalan, yaitu jalan santur km 139+000, jalan durian li km 143+000, dan jalan lubang panjang km 143+400 berupa amblesan/pergerakan tanah. Jalan ini merupakan jalur utama yang dilalui truk pengangkut batubara dengan tonase muatan truk pengangkut batubara yang melewati jalan tersebut dari sawahlunto menuju Teluk Bayur Kota Padang. Menurut Keputusan Gubernur Sumatera Barat Nomor 620 – 357 2023 tentang penetapan status ruas jalan menurut fungsi dan statusnya sebagai jalan provinsi pada ruas jalan Guguak Cino – Sawahlunto (lapangan segitiga) termasuk kelas jalan III B dengan fungsi jalan sebagai jalan Kolektor Primer III dengan muatan sumbu terberat yang diizinkan adalah 8 ton.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah di ruas jalan Guguak Cino – Sawahlunto (lapangan segitiga) untuk dapat diklasifikasikan berdasarkan penggolongan jenis tanah, mengetahui berapa tonase truk batubara yang lewat di ruas jalan Guguak Cino – Sawahlunto (lapangan segitiga), dan mengetahui faktor penyebab terjadinya amblesan/pergerakan tanah.

METODE

Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari observasi dilapangan dan pengujian tanah dilaboratorium. Data sekunder diperoleh dari studi literature yang berhubungan dengan kondisi permasalahan dilapangan.

- a. Data primer
 - Sampel tanah
 - Uji laboratorium meliputi: kadar air, berat isi, berat jenis, uji geser langsung
- b. Data sekunder
 - Tonase truk batubara
 - Peta geologi
 - Peta sebaran lempung bermasalah
 - Spesifikasi dump truk

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. Studi lapangan
 - a. melakukan pengambilan sampel tanah di tempat penelitian
 - b. pengujian sampel tanah dilaboratorium
2. Studi pustaka
studi pustaka adalah mengumpulkan data yang dibutuhkan dengan membaca buku – buku literature yang berkaitan dengan masalah yang akan dibahas dan data – data sehingga dapat digunakan sebagai landasan dalam pemecahan masalah yang akan dibahas nantinya.

Analisis Data

Setelah tahapan pengumpulan dan pengolahan data maka selanjutnya analisis data. Pada proses analisis data yang dilakukan yaitu perhitungan kadar air, berat isi, berat jenis, geser langsung, perhitungan *ground pressure* alat angkut dan daya dukung ijin tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji sifat fisik dan mekanik

- Kadar Air (ASTM D 2216-71)

Tabel 1. Hasil Pengujian Kadar Air

Keterangan	Km 139 + 000	Km 143 + 000	Km 143 + 400
Kadar air %	37 %	49%	31%

Hasil tersebut menunjukkan bahwa tanah memiliki kandungan air yang cukup tinggi. Menurut Bras M Das berdasarkan pengklasifikasian tanah maka tanah tersebut tergolong tanah lempung karna kadar air berkisar antara 30-50 %.

- Berat Isi (ASTM D 2937-83)

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Isi

Keterangan	Km 139 + 000	Km 143 + 000	Km 143 + 400
Berat isi (gr/cm^3)	0,47	0,47	0,48

- Berat Jenis (ASTM D 858-58)

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis

Keterangan	Km 139 + 000	Km 143 + 000	Km 143 + 400
Berat jenis tanah (gr/cm^2)	2,58	2,65	2,59

Dari hasil perhitungan berat jenis tanah didapatkan berat jenis tanah yaitu 2,58 gr/cm^2 km 139+000, 2,65 gr/cm^2 km 143+000, 2,59 gr/cm^2 km 143+400. Menurut Bras M Das berdasarkan pengklasifikasian berat jenis tanah maka tanah tersebut tergolong tanah lempung organik.

- Geser Langsung (ASTM D 3080-82)

1. Hasil Pengujian Titik km 139 + 000

Tabel 4. Hasil Pengujian Geser Langsung lokasi km 139 + 000

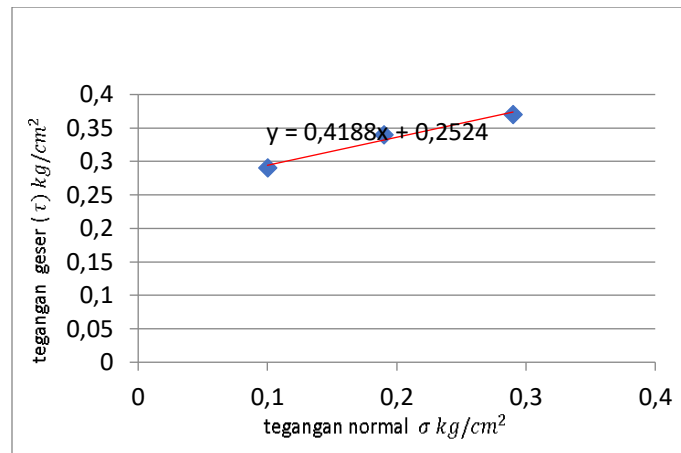
No	Beban (kg) N	Tegangan geser ($\tau \text{ kg}/\text{cm}^2$)	Tegangan normal ($\sigma \text{ kg}/\text{cm}^2$)	Kohesi C	Sudut geser dalam ϕ
1	3	0,29	0,10	0,26	20,16
2	6	0,34	0,19		
3	9	0,37	0,29		

Nilai tegangan geser dan tegangan normal didapatkan dari perhitungan pada bab sebelumnya. Dari tabel diatas dapat dilihat nilai tegangan geser maksimum yaitu:

Beban 3 kg = 0,29

Beban 6 kg = 0,34

Beban 9 kg = 0,37



Gambar 1. Grafik Direct Shear 1

Dari grafik gambar 5.1 hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser, tiga titik biru yang diperoleh membentuk garis lurus yang memotong sumbu vertikal pada harga C dan sumbu horizontal maka didapat:

$$y = 0,4188 x + 0,2524$$

$$\tau = \sigma \tan \phi + C$$

$$\tau = 0,2524 \sigma \tan + 0,4188$$

$$C = 0,2524 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tan^{-1} \phi = 0,4188$$

$$\phi = 22,72^\circ$$

2. Hasil Pengujian lokasi km 143 + 000

Tabel 5. Hasil Pengujian Geser Langsung lokasi km 143 + 000

No	Beban (Kg) N	Tegangan geser ($\tau \text{ kg/cm}^2$)	Tegangan normal ($\sigma \text{ kg/cm}^2$)	Kohesi C	Sudut geser dalam (ϕ)
1	3	0,33	0,10	0,28	25,37
2	6	0,37	0,19		
3	9	0,42	0,29		

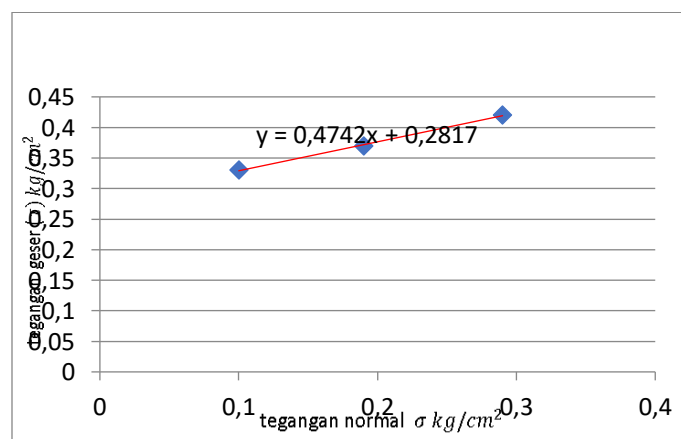
Nilai tegangan geser dan tegangan normal didapatkan dari perhitungan pada bab sebelumnya.

Dari tabel diatas dapat dilihat nilai tegangan geser maksimum yaitu:

Beban 3 kg = 0,33

Beban 6 kg = 0,37

Beban 9 kg = 0,42



Gambar 2. Grafik Direct Shear 2

Dari grafik gambar 5.2 hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser, tiga titik biru yang diperoleh membentuk garis lurus yang memotong sumbu vertikal pada harga C dan sumbu horizontal maka didapat :

$$y = 0,4742 x + 0,2817$$

$$\tau = \sigma \tan \phi + C$$

$$\tau = 0,2817 \sigma \tan + 0,4742$$

$$C = 0,2817 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tan^{-1} \phi = 0,4742$$

$$\phi = 25,37^\circ$$

3. Hasil Pengujian lokasi km 143 + 400

Tabel 6. Hasil Pengujian Geser Langsung lokasi km 143 + 400

No	Beban (kg) N	Tegangan geser ($\tau \text{ kg/cm}^2$)	Tegangan normal ($\sigma \text{ kg/cm}^2$)	Kohesi C	Sudut geser dalam (ϕ)
1	3	0,34	0,10	0,24	23,05
2	6	0,38	0,19		
3	9	0,42	0,29		

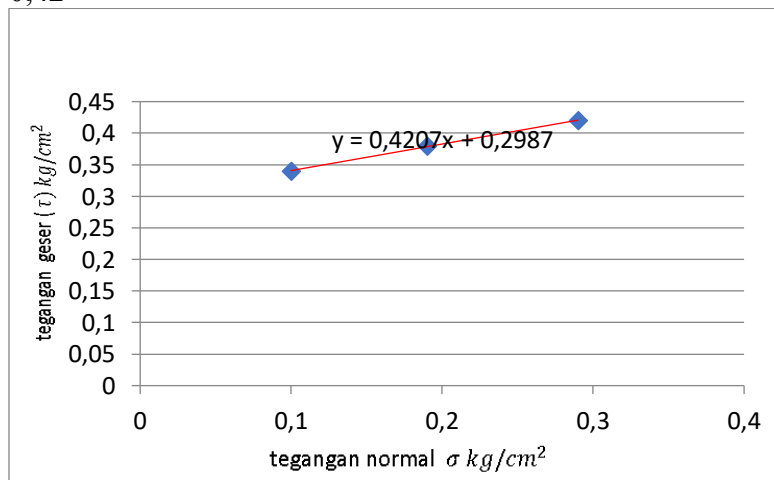
Nilai tegangan geser dan tegangan normal didapatkan dari perhitungan pada bab sebelumnya.

Dari tabel diatas dapat dilihat nilai tegangan geser maksimum yaitu:

Beban 3 kg = 0,34

Beban 6 kg = 0,38

Beban 9 kg = 0,42



Gambar 3. Grafik Direct Shear 3

Dari grafik gambar 5.3 hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser, tiga titik biru yang diperoleh membentuk garis lurus yang memotong sumbu vertikal pada harga C dan sumbu horizontal maka didapat :

$$y = 0,4207 x + 0,2987$$

$$\tau = \sigma \tan \phi + C$$

$$\tau = 0,2987 \sigma \tan + 0,4207$$

$$C = 0,2987 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tan^{-1} \phi = 0,4207$$

$$\phi = 22,81^\circ$$

- **Hasil Ground Pressure Alat Angkut**

Tabel 7. *Ground Pressure* Alat Angkut Bermuatan

Tipe alat angkut	Beban total kendaraan (lbs)	Beban poros (lbs)	Beban setiap roda (lbs/roda)	Contact area (inch)	Ground pressure (lbs/inch)	Ground pressure (kpa)
Hino 500 FM 260 JD	77.161,792	14.342,3405	1.434,23405	12,65	113,378186	781,71

Pembahasan difokuskan pada kemampuan tanah dalam menerima beban alat angkut bermuatan. Dari hasil pengolahan data diketahui *ground pressure* alat angkut *dumpt truk* hino 500 FM 260 JD sebesar 781,71 kpa

- **Hasil Daya Dukung Tanah**

Perhitungan terhadap kemampuan tanah didahului dengan menghitung *qult* terlebih dahulu. Menghitung *qult* dengan memerlukan beberapa parameter yaitu: C (kohesi), dan γ (berat isi tanah), dapat diperoleh dari hasil pengujian laboratorium, D (*footing depth*) di asumsikan dengan nilai 0, sedangkan R (lebar bagian tapak ban) diperoleh dari spesifikasi alat angkut. N_C , $N_q N_\gamma$ (Nilai faktor daya dukung berdasarkan ϕ). Adapun hasil perhitungan nilai daya dukung tanah sebagai berikut:

Tabel 8. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah pada alat angkut							
No.	Lokasi	<i>Footing depth</i> (D) m	<i>Footing radius</i> (R) m	Berat isi tanah KN/m	Kohesi (C) kN/m	<i>qult</i> daya dukung tanah (kPa)	<i>qa</i> ijin tanah (kPa)
1	Km 139 + 000	0	1,093	0,046	25,49	209,47	96,82
2	Km 143 + 000	0	1,093	0,046	27,45	406,31	135,43
3	Km 143 + 400	0	1,093	0,047	28,43	384,13	128,04

Hasil pengolahan nilai daya dukung tanah tersebut kemudian dibagi dengan faktor keamanan sebesar 3 untuk tanah agar aman bila digunakan sebagai jalan menurut Terzaghi yang akan menjadi daya dukung ijin tanah pada badan jalan.

Dari pembahasan diatas diketahui nilai *ground pressure* alat angkut hino 500 FM 260 JD sebesar 781,71 kPa sedangkan nilai daya dukung ijin tanah pada 3 lokasi bervariasi yaitu 96,82, 135,43, dan 128,04 kPa. Penilaian kemampuan tanah dilakukan dengan membandingkan daya dukung ijin tanah dan *ground pressure*. Jika daya dukung ijin tanah melebihi nilai *ground pressure* maka lapis subgrade dapat dinyatakan mampu menahan beban. Sedangkan nilai *ground pressure* adalah 781,71 kPa yang nilainya lebih besar dari nilai daya dukung ijin tanah sehingga tanah dinyatakan tidak mampu menerima beban dari alat angkut.

SIMPULAN

1. Sifat fisik dan mekanik tanah didapatkan dari pengujian laboratorium dengan hasil km 139+000 dengan kadar air yaitu 31%, berat isi tanah $0,47 \text{ gr/cm}^3$, berat jenis tanah $2,58 \text{ gr/cm}^2$, Pengujian geser langsung dengan nilai kohesi $0,25 \text{ kg/cm}^2$, nilai sudut geser dalam $22,72^\circ$. Km 143+000 dengan kadar air 37%, berat isi tanah $0,47 \text{ gr/cm}^3$, berat jenis tanah yaitu $2,59 \text{ gr/cm}^2$, pengujian geser langsung dengan nilai kohesi $0,28 \text{ kg/cm}^2$, dan nilai sudut geser dalam $25,37^\circ$. Km 143+400 dengan kadar

air yaitu 49%, berat isi tanah yaitu $0,48 \text{ gr/cm}^3$, berat jenis tanah yaitu $2,65 \text{ gr/cm}^2$, pengujian geser langsung dengan nilai kohesi $0,29 \text{ kg/cm}^2$, nilai sudut geser dalam $22,81^\circ$. Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik dan mekanik tanah menggunakan standart pengujian ASTM D 1586, km 139+000, km 143+000 dan km 143+400 menurut penggolongan jenis tanah maka tanah tergolong kedalam jenis tanah lempung.

2. Tonase beban truk yang memiliki kapasitas beban terbesar adalah jenis *dump truck* hino 500 FM 260 JD dengan beban truk berat kosong 7.500 kg dan berat kotor 35.000 kg.
3. Penyebab terjadinya amblesan/pergerakan tanah dikarenakan daya dukung tanah yang rendah dan tonase beban truk yang tinggi. nilai daya dukung tanah ijin didapatkan bervariasi dari 3 lokasi yaitu lokasi km 139+000 yaitu 96,82 kPa, lokasi km 143+000 yaitu 135,43 kPa, dan lokasi km 143+400 yaitu 128,04 kPa. Sedangkan nilai *ground pressure* yaitu sebesar 781,45 kPa yang nilainya lebih tinggi dari nilai daya dukung ijin sehingga tanah dinyatakan tidak mampu menahan beban yang berada diatasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, S., Nelvi, A., & Rahmi, H. (2023). Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Mitsubishi Fuso 220 Pada Setiap Segmen Jalan Dan Berdasarkan Rpm. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 23(1), 132. <https://doi.org/10.36275/stsp.v23i1.604>
- Cressendo, H., Frinaldi, A., Lanin, D., Umar, G., & Gusman, M. (2023). Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Kuranji: Potensi Banjir Bandang Dan Upaya Mitigasi. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Nusantara (JIMNU)*, 1(3), 129-133.
- Cressendo, H., Retongga, N., Rahmalina, A. I. Y., Nelvi, A., Syahyuda, N. M., & Handayani, S. (2025). Evaluasi Dampak Lingkungan dalam Pengelolaan Limbah Pertambangan. *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, 25(1), 134-142.
- Das, Braja M, (1995) Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Darwis M (2018). Dasar – dasar Mekanika Tanah.
- Hendy Rivaldi, Suradji Gandi, Fatma Sarie, Dan Eka Putri Setiati (2023). Analisis Daya Dukung Tanah Dasar Pada Perkerasan Jalan. Vol. 24, No.2, 191-200
- Ismawati, Fitriyanti (2023). Pengaruh Volume Kendaraan Terhadap Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Rigid Di Desa Labokong Kabupaten Soppeng. *Jurnal teknik sipil*, Vol.1, No. 2
- Jhon Andrean Paul YC Raban, Adip Mustofa, Marselinus Untung Dwiatmoko (2023). Pengaruh Kondisi Geoteknik Lapis Subgrade Tanah Lempung Untuk Jalan Tambang Lapis Tanpa Lapis Pondasi. *Jurnal Himasapta*. Vol. 8, No. 1
- Karl Terzaghi, Ralph B. Peck (1987). Mekanika Tanah Dalam Praktik Rekayasa Jilid 1
- Nelvi, A. (2023). Analisis Konsumsi Bahan Bakar Truck Mitsubishi Fuso 220 Pada Pengangkutan Batubara Berdasarkan Rimpull (Studi Kasus: Pt Haswi Kencana Indah). *Jurnal Teknik Dan Teknologi Tepat Guna*, 2(1), 131–139.
- Nelvi, A., & Susanti, O. (2019). Kesorasian Alat Muat Dan Alat Angkut Untuk Menunjang Target Produksi Batubara Bulan September Sebesar 90.000 Ton/Bulan Di PT Anugrah Bumi Lestari Site PT Duta Alam Sumatera, Merapi Barat, Lahat, Sumatera Selatan. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 19(2), 107–112.
- Rahma Wita, Zaenal, Indra Karna Wijaksana (2024). Kajian Desain Jalan Tambang Pengangkutan Batubara Dari Pit Menuju *Stockpile*. *Jurnal riset teknik pertambangan*, Vol. 4, No. 1.

- Riko Ervil, (2024). Buku Panduan Penulisan Dan Ujian Skripsi STTIND Padang, Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang.
- Reni Rochamawati, Irianto (2020). Tinjauan Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah Untuk Menentukan Daya Dukung Tanah (Studi Kasus:Jalan Baru Kayu Batu Base-G Jaya Pura STA 0+200). *Jurnal penelitian tambang*. Vol. 2, No. 1.
- Rima Melati Iskandar, (2022). Pengujian Kuat Geser Tanah Dengan Metode Langsung (*Direct Shear*) Terhadap Perubahan Persentase Kadar Air. Vol. 4, No. 2 , 2655-766.
- Saragi, C. P., Putra, J. C. E., Nelvi, A., Rahmi, H., Cressendo, H., & Juniah, R. (2025). Optimalisasi Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Penambangan Pozolan PT Sayang Ibu Sejati untuk Memenuhi Kebutuhan Bahan Baku Pembuatan Semen di PT Semen Padang. *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, 25(1), 13-20.
- Septyanto Kurniawan, Ida Hadijah, Danang Alma Rizqi Ma'ruf (2020). Analisis Daya Dukung Tanah Dan Beban Kendaraan Terhadap Kerusakan Perkerasan Jalanpada Ruas Jalan Raya Metro-Tangjungkari. Vol. 9, No. 2
- Verdillah Nur Azizah, Afdal, Dian Hadiyansyah, (2024). Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger Di Kecamatan Barangin Kota Sawahlunto. *Jurnal fisika unand*. Vol. 13, No. 2, 2301-8491.
- Yusuf amran, Agus surandono (2017). Analisa Daya Dukung Tanah (DDT) Pada Sub Grade/Tanah Dasar.Vol. 7, No. 1, 2548-6209