



PERENCANAAN TEBAL LAPIS PERKERASAN JALAN TAMBANG TANPA PENUTUP ASPAL MENGGUNAKAN METODE GIROUD-NOIRAY

Nurhidayatul Aksan^a, Mursalim Ninoy La Ola^b, Haerul Purnama^{c*}

^{abc} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Kolaka - Indonesia 93516

ARTICLE INFO

Handling Editor – A. Dirgantara

Keywords:

Perkerasan Jalan, Giroud-Noiray, Nilai Ekonomis

ABSTRACT

Unpaved mining roads play an important role in supporting mining operations, especially in the transportation of materials and heavy equipment. However, heavy loads and high traffic volumes require reliable and economical pavement structure planning. This study aims to plan the thickness of unpaved mining road pavement layers using the Giroud-Noiray method while comparing the effects of CBR value variations and geotextile variations on the thickness and economic value of the pavement. The calculation results show that the use of the Giroud-Noiray method can produce an efficient aggregate layer thickness. Simulation of the use of geotextile variations on a base soil CBR value of 1-4% shows that the use of high-specification geotextiles such as Speravi 600 can reduce the thickness of the aggregate by up to 59%. Meanwhile, from an economic perspective, the use of geotextiles can reduce material costs for pavement construction, especially on soils with low CBR values (1%-2%). On the Mine Entrance road section with a CBR of 1%, the use of Speravi 600 can save costs by up to 33.3%, while on the External Road section, the savings reach 35.3%. However, at higher CBR values (3%-4%), the cost difference between pavement with and without geotextile use becomes smaller. On the Mine Entrance section with a CBR of 4%, using Speravi 600 only reduces costs by 20.67%, while on the External Road section, the reduction only reaches 22.45%.

1. Pendahuluan

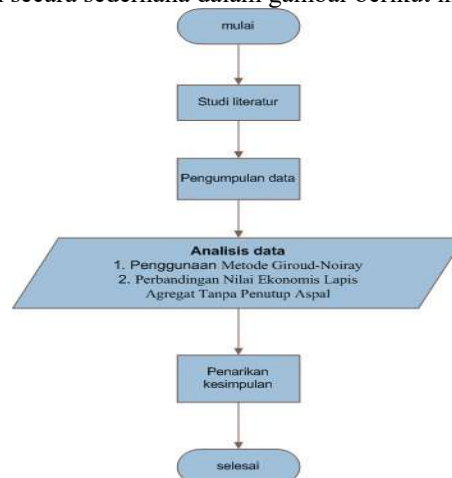
Jalan tambang tanpa penutup aspal (*unbonded granular pavement*) sering kali menghadapi tantangan dalam hal daya dukung dan ketahanan terhadap beban lalu lintas berat, terutama di daerah seperti Kendari, Sulawesi Tenggara, yang memiliki kondisi tanah dasar yang bervariasi. Kerusakan jalan tambang dapat menghambat proses produksi dan meningkatkan biaya operasional. Oleh karena itu, perencanaan tebal lapis perkerasan yang tepat menjadi krusial untuk memastikan keberlanjutan operasional tambang. Metode Giroud-Noiray (1981) menawarkan pendekatan mekanistik-empiris yang dapat digunakan untuk merancang ketebalan lapis perkerasan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti daya dukung tanah dasar, beban lalu lintas, dan kedalaman genangan air. Namun, penerapan metode ini pada jalan tambang tanpa penutup aspal masih terbatas, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengadaptasi dan mengembangkan metode ini sesuai dengan kondisi lokal.

Berikut beberapa rujukan penelitian yang relevan dan mendukung urgensi penelitian ini antara lain (Rizqi et al., 2022) melakukan perbandingan perencanaan tebal perkerasan jalan tambang menggunakan metode Giroud-Han dan AASHTO 1993 di Aceh Timur. Hasilnya menunjukkan bahwa metode Giroud-Han menghasilkan ketebalan lapisan *base* yang lebih tipis dibandingkan dengan AASHTO 1993, dengan penggunaan geotekstil sebagai separator. Selanjutnya (Suhendik et al., 2022) menganalisis perbaikan perkerasan jalan tambang menggunakan nilai CBR dan DCP. Mereka menemukan bahwa nilai CBR yang lebih tinggi memungkinkan pengurangan ketebalan lapisan perkerasan, sehingga meningkatkan efisiensi konstruksi. (Rayhan Fhadillah Muhammad, Agus Winarno, Revia Oktaviani, Tommy Trides, 2023) meneliti penggunaan pasir campuran lempung sebagai material perkerasan jalan tambang. Mereka merekomendasikan penggunaan material lokal dengan nilai CBR yang sesuai untuk mengoptimalkan biaya dan kinerja jalan. (Bhosale, 2023) membahas desain jalan kerikil yang diperkuat geotekstil menggunakan pendekatan Giroud-Han untuk kondisi India. Mereka menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil dapat mengurangi ketebalan agregat hingga 36,5% hingga 76,9%, tergantung pada kondisi material lokal. (Asof et al., 2023) meneliti penggunaan geotekstil pada jalan angkut tambang untuk meningkatkan produktivitas alat berat. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil dapat meningkatkan kapasitas dukung tanah dan produktivitas alat berat hingga 26%.

Dengan mempertimbangkan penelitian tersebut diatas penulis merekomendasikan bahwa untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan yang berupa mengadaptasi metode Giroud-Noiray untuk kondisi jalan tambang tanpa penutup aspal, dengan mempertimbangkan parameter lokal seperti nilai CBR, beban lalu lintas, dan kondisi tanah dasar. Selanjutnya pertimbangan penggunaan material lokal yang tersedia di sekitar area tambang untuk mengurangi biaya dan meningkatkan keberlanjutan proyek. Adapun objektif dari penelitian ini adalah Mengadaptasi dan menerapkan metode Giroud-Noiray dalam perencanaan tebal lapis perkerasan jalan tambang tanpa penutup aspal. Selanjutnya Membandingkan hasil perencanaan tebal lapis perkerasan antara metode Giroud-Noiray berdasarkan variasi nilai CBR tanah dasar dan penggunaan geotekstil. Kemudian menganalisis pengaruh parameter-parameter geoteknik dan lalu lintas terhadap ketebalan lapis perkerasan yang direncanakan. Adapun manfaat yang ditawarkan penelitian ini antara lain Memberikan alternatif metode perencanaan tebal lapis perkerasan jalan tambang tanpa penutup aspal yang lebih efisien dan ekonomis. Selain itu dapat menjadi referensi bagi praktisi teknik sipil dalam merancang jalan tambang yang tahan lama dan aman. Selain itu dapat menyumbangkan kontribusi ilmiah dalam bidang perencanaan jalan tambang, khususnya dalam penerapan metode Giroud-Noiray.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, perencanaan tebal perkerasan jalan tambang dengan menggunakan metode metode Giroud-Noiray menjadi objek penelitian. Penelitian ini juga melakukan perbandingan tebal dan nilai ekonomis perkerasan jalan akibat penambahan material geotekstil. Adapun tahapan penelitian disajikan secara sederhana dalam gambar berikut ini:



Gambar 1 Tahapan penelitian

Berdasarkan gambar tahapan penelitian diatas dapat dideskripsikan aktivitas penelitian ini melibatkan kegiatan berikut ini:

2.1 Studi Literatur

2.2 Pengumpulan Data

Sumber data didalam penelitian merupakan faktor yang sangat penting karena sumber data akan menyangkut kualitas dari hasil suatu penelitian. Oleh karena itu, sumber data menjadi bahan pertimbangan dalam penentuan metode pengumpulan data. Dalam penelitian ini penulis hanya menggunakan data sekunder karena pertimbangan beberapa alasan seperti efisiensi dalam waktu pengambilan data, keterbatasan sumber daya seperti biaya akomodasi dan biaya penyewaan alat untuk pengumpulan data.

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari laporan yang disusun dari instansi terkait maupun literatur lainnya, baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan.

Jenis pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder dimana data-data yang dibutuhkan untuk studi perencanaan tebal lapis perkerasan jalan tanpa penutup aspal dengan metode Giroud-Noiray. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Data volume lalu lintas
- b) Data tanah dasar (CBR) sebesar 1%, 2%, 3%, dan 4%
- c) Data bahan material yang tersedia
 - 1. Agregat Kelas A (CBR 100%)
 - 2. Geotekstil Woven dengan merk Speravi 100, Speravi 200, Speravi 300, Speravi 400, dan Speravi 600.

2.2.1 Teknik Pengumpulan Data

Pada proses perencanaan diperlukan suatu data sebagai dasar yang kuat untuk membuat keputusan yang tepat. Di dalam data tersebut terdapat informasi, teori, dan konsep dasar sampai dengan peralatan yang dibutuhkan untuk menunjang suatu penelitian. Data yang digunakan oleh penulis pada Tugas Akhir ini yaitu data sekunder yang berupa data volume lalu lintas dan Data California Bearing Ratio (CBR).

2.3 Metode Analisis Data

2.3.1 Metode Giroud-Noiray

Pada metode ini langkah yang akan penulis lakukan yaitu :

- 1. Menentukan umur rencana perkerasan jalan.
- 2. Mengestimasi jumlah lintasan kendaraan maksimum untuk setiap jenis kendaraan rancangan.
- 3. Mengonversi jumlah lintasan tiap jenis kendaraan ke nilai lintasan sumbu standar.
- 4. Menentukan kedalaman alur (s) yang ditoleransikan selama umur rancangan jalan.
- 5. Menentukan jumlah lintasan kendaraan N.
- 6. Menentukan tebal perkerasan lapis agregat tanpa penutup aspal.

2.3.2 Perbandingan Nilai Ekonomis Lapis Agregat Tanpa Penutup Aspal

Perbandingan dilakukan dengan menentukan nilai ekonomis lapis agregat / m², baik pada lapis agregat yang menggunakan variasi geotekstil maupun lapis agregat yang tidak menggunakan perkuatan geotekstil.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

3.1.1 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari perusahaan X yang berupa :

- 1) Data CBR tanah dasar sebesar 1%, 2%, 3%, dan 4%
- 2) Umur Rencana 10 tahun
- 3) Bahan material yang digunakan pada perencanaan :
 - a. Agregat kelas A (nilai CBR 100%, $\gamma = 26.38 \text{ kN/m}^3$)

Tabel 1 Harga Material Perkerasan

Material	Harga/ m ³
Agregat Kelas A	Rp. 500.000,00

- b. Geotekstil Woven dengan merk Speravi 100, Speravi 200, Speravi 300, Speravi 400, dan Speravi 600.

Tabel 2 Harga Geotekstil

Jenis Geosintetik	Harga/ m ²
Speravi 100/50	Rp 32.450,00
Speravi 200/50	Rp 52.580,00
Speravi 300/50	Rp 58.850,00
Speravi 400/50	Rp 81/180,00
Speravi 600/50	Rp 117.040,00

(Sumber: PT. Tetrasa Geosinindo, 2024)

4) Data Lalulintas harian untuk 2 ruas jalan

Tabel 3 Data volume Lalulintas Harian Ruas Jalan Mine Entrance

Tipe Kendaraan	LHR
Ejector Trucks 80 Ton	0
Hino FM 260	0
HS20-44 Truck	35
Fire Truck 1000 L	0
Large Bus 8 Ton	90

(Sumber : Perusahaan X)

Tabel 4 Data volume Lalulintas Harian Ruas Jalan External Road

Tipe Kendaraan	LHR
Ejector Trucks 80 Ton	0
Hino FM 260	70
HS20-44 Truck	0
Fire Truck 1000 L	0
Large Bus 8 Ton	0

(Sumber : Perusahaan X)

3.1.2 Analisis Data

Mencari Nilai LHR Selama Umur Rencana

Nilai LHR diperoleh dengan rumus:

$$LHRT = LHR \times 365 \times \text{Umur Rencana}$$

Contoh menghitung nilai LHRT(10 Tahun) HS20-44 Truck = $35 \times 365 \times 10 = 127,750$

Tabel 5 Pengolahan Data Ruas Jalan Masuk Tambang

Tipe Kendaraan	LHR	LHR Tahunan	Umur Rencana	LHR 10 Tahun
Ejector Trucks 80 Ton	0	-	10	-
Hino FM 260	0	-	10	-
HS20-44 Truck	10	12,775	10	127,750
Fire Truck 1000 L	0	-	10	-
Large Bus 8 Ton	0	32,850	10	328,500

(Sumber : Hasil Pengolahan Data Volume Lalulintas Harian Ruas Jalan Mine Entrance)

Tabel 6 Pengolahan Data Ruas Jalan Produksi

Tipe Kendaraan	LHR	LHR Tahunan	Umur Rencana	LHR 10 Tahun
Ejector Trucks 80 Ton	0	-	10	-
Hino FM 260	70	25,550	10	255,500
HS20-44 Truck	0	-	10	-
Fire Truck 1000 L	0	-	10	-
Large Bus 8 Ton	0	-	10	-

(Sumber : Hasil Pengolahan Data Volume Lalulintas Harian Ruas Externa Road)

Menentukan Nilai CESAL

Penentuan jumlah lintasan yang ekuivalen dengan beban sumbu standar dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$N = N' \left(\frac{P'}{P} \right) \tag{1}$$

Keterangan : N = jumlah lintasan beban sumbu standar; N' = Jumlah lintasan beban kendaraan; P' = berat beban kendaraan (kN); P = Berat beban sumbu standar (80 kN)

- a. Jumlah Lintasan Sumbu Standar Ruas Jalan Mine Entrance
Menggunakan Persamaan 1 diperoleh jumlah lintasan sumbu standar untuk tipe kendaraan sebagai berikut:
1. Truk HS20-44 = 34.976.627 lintasan
 2. Bus 8 Ton = 323.760 lintasan
- Hingga diperoleh Lintasan Sumbu Standar Ruas Jalan Mine Entrance= 35.300.387 lintasan
- b. Jumlah Lintasan Sumbu Standar Ruas Jalan Mine Entrance
Menggunakan Persamaan 1 diperoleh jumlah lintasan sumbu standar untuk ruas jalan External Road= 24.017.393 lintasan

Perhitungan tebal perkerasan

- a. Menghitung luas area B (Lebar) dan L (Panjang) kontak dengan menggunakan persamaan 2 dan Persamaan 3.

$$B = \sqrt{\frac{P}{P_c}} \quad (2)$$

$$L = \sqrt{\frac{B}{\sqrt{2}}} \quad (3)$$

Keterangan: P = Berat beban sumbu standar (80 kN); P_c = tekanan ban (kPa).

- b. Menghitung tekanan lapisan tanah (P_o) menggunakan persamaan 4.

$$P_o = \frac{P}{(B+(2.h_o.tan\alpha_o)).(L+(2.h_o.tan\alpha_o))} + \gamma . h_o \quad (4)$$

Keterangan: P = Berat beban sumbu standar (80 kN); γ = Berat volume agregat batuan diatas tanah dasar (kN/m³); h_o = Tebal lapis agregat batuan (m); α_o = sudut penyebaran beban yang mendekati 0,5.

- c. Membandingkan nilai tekanan lapisan tanah (P_o) dan nilai daya dukung tanah ($\pi.Cu+\gamma.h_o$). Agar kondisi tanah tetap pada kondisi elastik, nilai tekanan lapisan tanah harus lebih kecil dari nilai daya dukung tanah jika tidak ubah nilai iterasi (h_o).

$$P_o \leq \pi.Cu+\gamma.h_o \quad (5)$$

Keterangan: Cu = 30.CBR (kPa); P_o = Tekanan lapisan tanah (kPa); γ = berat volume agregat batuan diatas tanah dasar (kN/m³); h_o = Tebal lapis agregat batuan (m).

- d. Menghitung tebal lapis perkerasan tanpa geotekstil dengan menggunakan persamaan 6. Kedalaman alur ditentukan (s) 0.15 m.

$$h'_o = \frac{125,70 \text{ Log } N + 496,52 \text{ Log } P - 294,14 .s - 2412,42}{Cu^{0,63}} \quad (6)$$

Keterangan: h'_o = Tebal lapis agregat tanpa geotekstil (m); N = Jumlah lintasan beban sumbu standar kendaraan; P = Nilai beban sumbu standar kendaraan (N); Cu = kohesi tak terdrainase (Pa).

Kedalaman alur yang diizinkan dari 13 hingga 75 mm. Pada kasus jalan tanpa penutup aspal perencana sering menggunakan kedalaman alur yang lebih dari 75 hingga 150 mm. Perlu dicatat bahwa kedalaman alur yang diizinkan merupakan kriteria kemudahan penggunaan. Kriteria ini tidak selalu sesuai dengan kegagalan sebenarnya dari lapisan dasar atau tanah dasar.

- e. Menghitung pengurangan tebal perkerasan akibat penggunaan perkuatan geotekstil dengan memperhatikan nilai modulus elastisitas geotekstil speravi 100 (E) = 100 kN/m dan nilai pemanjangan geotekstil (ϵ) = 0,1 digunakan Persamaan 7.

$$h = \frac{h'_o}{1 + \frac{E.\epsilon}{P}} \quad (7)$$

Keterangan: h' = Tebal lapis agregat setelah menggunakan geotekstil (m); h = Pengurangan tebal akibat penggunaan geotekstil (m); h_o = Tebal lapis agregat batuan (m); h'_o = Tebal lapis agregat tanpa geotekstil (m)

- f. Menghitung nilai Tebal lapis agregat tanpa geotekstil dengan menggunakan persamaan 8.

$$h' = (h'_o - h_o) + h \quad (8)$$

Keterangan: h' = Tebal lapis agregat setelah menggunakan geotekstil (m); h = Pengurangan tebal akibat penggunaan geotekstil (m); h_o = Tebal lapis agregat batuan (m); h'_o = Tebal lapis agregat tanpa geotekstil (m).

Dengan menggunakan metode diatas didapatkan tebal perkerasan untuk ruas jalan Mine Entrance dan External Road dengan variasi geotekstil atau tanpa menggunakan variasi geotekstil sebagai berikut:

1. Tebal Perkerasan Ruas Jalan Mine Entrance

a. Nilai CBR 1%

Tabel 7 Tebal Perkerasan Dengan Nilai CBR Tanah Dasar 1%

Jenis Perkerasan	Tebal (m)
Tanpa Geotekstil	1.40
Speravi 100	1.15
Speravi 200	1.02
Speravi 300	0.92
Speravi 400	0.83
Speravi 600	0.70

(Sumber : Analisis Data)

b. Nilai CBR 2%

Tabel 8 Tebal Perkerasan Dengan Nilai CBR Tanah Dasar 2%

Jenis Perkerasan	Tebal (m)
Tanpa Geotekstil	0.90
Speravi 100	0.71
Speravi 200	0.63
Speravi 300	0.56
Speravi 400	0.51
Speravi 600	0.42

(Sumber : Analisis Data)

c. Nilai CBR 3%

Tabel 9 Tebal Perkerasan Dengan Nilai CBR Tanah Dasar 3%

Jenis Perkerasan	Tebal (m)
Tanpa Geotekstil	0.70
Speravi 100	0.52
Speravi 200	0.46
Speravi 300	0.41
Speravi 400	0.37
Speravi 600	0.33

(Sumber : Analisis Data)

d. Nilai CBR 4%

Tabel 10 Tebal Perkerasan Dengan Nilai CBR Tanah Dasar 4%

Jenis Perkerasan	Tebal (m)
Tanpa Geotekstil	0.58
Speravi 100	0.45
Speravi 200	0.40
Speravi 300	0.36
Speravi 400	0.32
Speravi 600	0.27

(Sumber : Analisis Data)

2. Tebal Perkerasan Ruas Jalan External Road

a. Nilai CBR 1%

Tabel 11 Tebal Perkerasan Dengan Nilai CBR Tanah Dasar 1%

Jenis Perkerasan	Tebal (m)
Tanpa Geotekstil	1.37
Speravi 100	1.09
Speravi 200	0.96
Speravi 300	0.86
Speravi 400	0.78
Speravi 600	0.65

(Sumber : Analisis Data)

b. Nilai CBR 2%

Tabel 12 Tebal Perkerasan Dengan Nilai CBR Tanah Dasar 2%

Jenis Perkerasan	Tebal (m)
Tanpa Geotekstil	0.88
Speravi 100	0.67
Speravi 200	0.59
Speravi 300	0.53
Speravi 400	0.47
Speravi 600	0.39

(Sumber : Analisis Data)

c. Nilai CBR 3%

Tabel 13 Tebal Perkerasan Dengan Nilai CBR Tanah Dasar 3%

Jenis Perkerasan	Tebal (m)
Tanpa Geotekstil	0.69
Speravi 100	0.49
Speravi 200	0.43
Speravi 300	0.38
Speravi 400	0.34
Speravi 600	0.28

(Sumber : Analisis Data)

d. Nilai CBR 4%

Tabel 14 Tebal Perkerasan Dengan Nilai CBR Tanah Dasar 4%

Jenis Perkerasan	Tebal (m)
Tanpa Geotekstil	0.57
Speravi 100	0.43
Speravi 200	0.38
Speravi 300	0.34
Speravi 400	0.30
Speravi 600	0.25

(Sumber : Analisis Data)

Analisis Harga Perkerasan

Untuk melakukan perbandingan biaya sekaligus mengukur keekonomisan berbagai opsi perkerasan, analisis harga satuan metode yang cocok digunakan. Metode ini memungkinkan estimasi biaya sederhana yang memberikan gambaran mengenai seberapa besar pengaruh penambahan dan variasi material geotekstil terhadap penurunan ataupun peningkatan biaya pembangunan jalan. Pada penelitian ini, komponen biaya material menjadi topik utama dan untuk biaya tenaga kerja tidak dipertimbangkan dalam analisis.

1. Analisa Harga Perkerasan Ruas Jalan Mine Entrance

Tabel 15 Harga Perkerasan Ruas Mine Entrance CBR 1%

Jenis Perkerasan	Tebal m (a)	Keb. Agregat (b = a + 20 %)	Harga Satuan		Harga Agregat/ m ² (d = b x c1)	Harga Perkerasan/ m ² (e = d + c2)
			Agregat m ³ (c1)	Geotekstil m ² (c2)		
Tanpa Geotekstil	1.40	1.68	Rp 500,000.00	0	Rp 840,420.00	Rp 840,420.00
Speravi 100	1.15	1.37	Rp 500,000.00	Rp 32,450.00	Rp 687,480.00	Rp 719,930.00
Speravi 200	1.02	1.23	Rp 500,000.00	Rp 52,580.00	Rp 612,780.00	Rp 665,360.00
Speravi 300	0.92	1.10	Rp 500,000.00	Rp 58,850.00	Rp 551,640.00	Rp 610,490.00
Speravi 400	0.83	1.00	Rp 500,000.00	Rp 81,180.00	Rp 500,700.00	Rp 581,880.00
Speravi 600	0.70	0.84	Rp 500,000.00	Rp 117,040.00	Rp 420,660.00	Rp 537,700.00

(Sumber : Analisis Data)

Tabel 16 Harga Material Perkerasan Ruas Mine Entrance CBR 2%

Jenis Perkerasan	Tebal m (a)	Keb. Agregat (b = a + 20 %)	Harga Satuan		Harga Agregat/ m ² (d = b x c1)	Harga Perkerasan/ m ² (e = d + c2)
			Agregat m ³ (c1)	Geotekstil m ² (c2)		
Tanpa Geotekstil	0.90	1.09	Rp 500,000.00	0	Rp 542,880.00	Rp 542,880.00
Speravi 100	0.71	0.85	Rp 500,000.00	Rp 32,450.00	Rp 425,460.00	Rp 457,910.00
Speravi 200	0.63	0.75	Rp 500,000.00	Rp 52,580.00	Rp 377,220.00	Rp 429,800.00
Speravi 300	0.56	0.68	Rp 500,000.00	Rp 58,850.00	Rp 337,740.00	Rp 396,590.00
Speravi 400	0.51	0.61	Rp 500,000.00	Rp 81,180.00	Rp 304,800.00	Rp 385,980.00
Speravi 600	0.42	0.51	Rp 500,000.00	Rp 117,040.00	Rp 253,080.00	Rp 370,120.00

(Sumber : Analisis Data)

Tabel 17 Harga Material Perkerasan Ruas Mine Entrance CBR 3%

Jenis Perkerasan	Tebal (m) (a)	Keb. Agregat (b = a + 20 %)	Harga Satuan		Harga Agregat/ m ² (d = b x c1)	Harga Perkerasan/ m ² (e = d + c2)
			Agregat m ³ (c1)	Geotekstil m ² (c2)		
Tanpa Geotekstil	0.70	0.84	Rp 500,000.00	0	Rp 420,480.00	Rp 420,480.00
Speravi 100	0.52	0.63	Rp 500,000.00	Rp 32,450.00	Rp 314,280.00	Rp 346,730.00
Speravi 200	0.46	0.55	Rp 500,000.00	Rp 52,580.00	Rp 276,900.00	Rp 329,480.00
Speravi 300	0.41	0.49	Rp 500,000.00	Rp 58,850.00	Rp 246,300.00	Rp 305,150.00
Speravi 400	0.37	0.44	Rp 500,000.00	Rp 81,180.00	Rp 220,860.00	Rp 302,040.00
Speravi 600	0.33	0.40	Rp 500,000.00	Rp 117,040.00	Rp 199,260.00	Rp 316,300.00

(Sumber : Analisis Data)

Tabel 18 Harga Material Perkerasan Ruas Mine Entrance CBR 4%

Jenis Perkerasan	Tebal m (a)	Keb. Agregat (b = a + 20 %)	Harga Satuan		Harga Agregat/ m ² (d = b x c1)	Harga Perkerasan/ m ² (e = d + c2)
			Agregat m ³ (c1)	Geotekstil m ² (c2)		
Tanpa Geotekstil	0.58	0.70	Rp 500,000.00	0	Rp 350,820.00	Rp 350,820.00
Speravi 100	0.45	0.55	Rp 500,000.00	Rp 32,450.00	Rp 272,640.00	Rp 305,090.00
Speravi 200	0.40	0.48	Rp 500,000.00	Rp 52,580.00	Rp 241,440.00	Rp 294,020.00
Speravi 300	0.36	0.43	Rp 500,000.00	Rp 58,850.00	Rp 215,940.00	Rp 274,790.00
Speravi 400	0.32	0.39	Rp 500,000.00	Rp 81,180.00	Rp 194,640.00	Rp 275,820.00
Speravi 600	0.27	0.32	Rp 500,000.00	Rp 117,040.00	Rp 161,280.00	Rp 278,320.00

(Sumber : Analisis Data)

2. Analisa Harga Perkerasan Ruas Jalan External Road

Tabel 19 Harga Material Perkerasan Ruas External Road CBR 1%

Jenis Perkerasan	Tebal m (a)	Keb. Agregat (b = a + 20 %)	Harga Satuan		Harga Agregat/ m ² (d = b x c1)	Harga Perkerasan/ m ² (e = d + c2)
			Agregat m ³ (c1)	Geotekstil m ² (c2)		
Tanpa Geotekstil	1.37	1.64	Rp 500,000.00	0	Rp 821,340.00	Rp 821,340.00
Speravi 100	1.09	1.30	Rp 500,000.00	Rp 32,450.00	Rp 651,480.00	Rp 683,930.00
Speravi 200	0.96	1.16	Rp 500,000.00	Rp 52,580.00	Rp 578,460.00	Rp 631,040.00
Speravi 300	0.86	1.04	Rp 500,000.00	Rp 58,850.00	Rp 518,700.00	Rp 577,550.00
Speravi 400	0.78	0.94	Rp 500,000.00	Rp 81,180.00	Rp 468,960.00	Rp 550,140.00
Speravi 600	0.65	0.78	Rp 500,000.00	Rp 117,040.00	Rp 390,720.00	Rp 507,760.00

(Sumber : Analisis Data)

Tabel 20 Harga Material Perkerasan Ruas External Road CBR 2%

Jenis Perkerasan	Tebal m (a)	Keb. Agregat (b = a + 20 %)	Harga Satuan		Harga Agregat/ m ² (d = b x c1)	Harga Perkerasan/ m ² (e = d + c2)
			Agregat m ³ (c1)	Geotekstil m ² (c2)		
Tanpa Geotekstil	0.88	1.06	Rp 500,000.00	0	Rp 530,760.00	Rp 530,760.00
Speravi 100	0.67	0.81	Rp 500,000.00	Rp 32,450.00	Rp 402,540.00	Rp 434,990.00
Speravi 200	0.59	0.71	Rp 500,000.00	Rp 52,580.00	Rp 355,320.00	Rp 407,900.00
Speravi 300	0.53	0.63	Rp 500,000.00	Rp 58,850.00	Rp 316,740.00	Rp 375,590.00
Speravi 400	0.47	0.57	Rp 500,000.00	Rp 81,180.00	Rp 284,580.00	Rp 365,760.00
Speravi 600	0.39	0.47	Rp 500,000.00	Rp 117,040.00	Rp 234,060.00	Rp 351,100.00

(Sumber : Analisis Data)

Tabel 21 Harga Material Perkerasan Ruas External Road CBR 3%

Jenis Perkerasan	Tebal m (a)	Keb. Agregat (b = a + 20 %)	Harga Satuan		Harga Agregat/ m ² (d = b x c1)	Harga Perkerasan/ m ² (e = d + c2)
			Agregat m ³ (c1)	Geotekstil m ² (c2)		
Tanpa Geotekstil	0.69	0.82	Rp 500,000.00	0	Rp 411,120.00	Rp 411,120.00
Speravi 100	0.49	0.59	Rp 500,000.00	Rp 32,450.00	Rp 296,520.00	Rp 328,970.00
Speravi 200	0.43	0.52	Rp 500,000.00	Rp 52,580.00	Rp 259,980.00	Rp 312,560.00
Speravi 300	0.38	0.46	Rp 500,000.00	Rp 58,850.00	Rp 230,100.00	Rp 288,950.00
Speravi 400	0.34	0.41	Rp 500,000.00	Rp 81,180.00	Rp 205,200.00	Rp 286,380.00
Speravi 600	0.28	0.33	Rp 500,000.00	Rp 117,040.00	Rp 166,020.00	Rp 283,060.00

(Sumber : Analisis Data)

Tabel 22 Harga Material Perkerasan Ruas External Road CBR 4%

Jenis Perkerasan	Tebal m (a)	Keb. Agregat (b = a + 20 %)	Harga Satuan		Harga Agregat/ m ² (d = b x c1)	Harga Perkerasan/ m ² (e = d + c2)
			Agregat m ³ (c1)	Geotekstil m ² (c2)		
Tanpa Geotekstil	0.57	0.69	Rp 500,000.00	0	Rp 342,960.00	Rp 342,960.00
Speravi 100	0.43	0.52	Rp 500,000.00	Rp 32,450.00	Rp 257,820.00	Rp 290,270.00
Speravi 200	0.38	0.45	Rp 500,000.00	Rp 52,580.00	Rp 227,340.00	Rp 279,920.00
Speravi 300	0.34	0.40	Rp 500,000.00	Rp 58,850.00	Rp 202,380.00	Rp 261,230.00
Speravi 400	0.30	0.36	Rp 500,000.00	Rp 81,180.00	Rp 181,620.00	Rp 262,800.00
Speravi 600	0.25	0.30	Rp 500,000.00	Rp 117,040.00	Rp 148,920.00	Rp 265,960.00

(Sumber : Analisis Data)

3.2 Pembahasan Perbandingan Tebal Perkerasan

Berdasarkan hasil perhitungan tebal perkerasan untuk dua ruas jalan yaitu Mine Entrance dan External Road disederhanakan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 23 Tebal Lapis Perkerasan Untuk Ruas Jalan Mine Entrance (m)

CBR	Tanpa Geotekstil	Speravi 100	Speravi 200	Speravi 300	Speravi 400	Speravi 600
1%	1.40	1.15	1.02	0.92	0.83	0.70
2%	0.90	0.71	0.63	0.56	0.51	0.42
3%	0.70	0.52	0.46	0.41	0.37	0.33
4%	0.58	0.45	0.40	0.36	0.32	0.27

(Sumber : Analisis Data)

Tabel 24 Tebal Lapis Perkerasan Untuk Ruas Jalan External Road (m)

CBR	Tanpa Geotekstil	Speravi 100	Speravi 200	Speravi 300	Speravi 400	Speravi 600
1%	1.37	1.09	0.96	0.86	0.78	0.65
2%	0.88	0.67	0.59	0.53	0.47	0.39
3%	0.69	0.49	0.43	0.38	0.34	0.28
4%	0.57	0.43	0.38	0.34	0.30	0.25

(Sumber : Analisis Data)

Berdasarkan hasil perhitungan perkerasan untuk dua jenis ruas jalan yaitu Mine Entrance dan External Road, dengan menggunakan variasi nilai CBR antara 1% hingga 4% serta jenis geotekstil yang digunakan seperti yang ditunjukkan tabel diatas. Hasil menunjukkan bahwa semakin rendah nilai CBR, ketebalan perkerasan yang dibutuhkan cenderung lebih besar. Pada ruas Mine Entrance tanpa penggunaan geotekstil, ketebalan perkerasan mencapai 1.40 meter pada nilai CBR 1%. Namun, dengan penggunaan geotekstil Speravi 600, ketebalannya berkurang drastis menjadi 0.70 meter. Pengurangan ketebalan terjadi secara signifikan, karena setelah penambahan kekuatan geotekstil mengurangi ketebalan hingga 50%. Hal serupa juga terjadi pada CBR 4%, di mana ketebalan tanpa geotekstil sebesar 0.58 meter berkurang menjadi hanya 0.27 meter dengan penggunaan geotekstil Speravi 600. Di sisi lain, pada ruas External Road, pola pengurangan ketebalan perkerasan mirip dengan pada ruas Mine Entrance, namun secara keseluruhan ketebalan tanpa geotekstil lebih kecil. Sebagai ilustrasi, pada nilai CBR 1%, ketebalan tanpa geotekstil adalah 1.37 meter, sedikit lebih rendah dibandingkan pada Mine Entrance. Penggunaan geotekstil Speravi 600 juga memberikan efisiensi yang signifikan, di mana ketebalan berkurang menjadi 0.65 meter, atau setara dengan pengurangan sebesar 52%. Ini mengindikasikan bahwa penggunaan geotekstil, khususnya Speravi 600, sangat efektif dalam mengurangi ketebalan perkerasan, terutama pada tanah dengan daya dukung rendah (CBR 1%-2%). Selain itu, ketebalan perkerasan di Mine Entrance cenderung lebih besar dibandingkan External Road pada nilai CBR yang sama, yang disebabkan oleh jumlah lintasan kendaraan yang lebih besar pada ruas jalan tersebut.

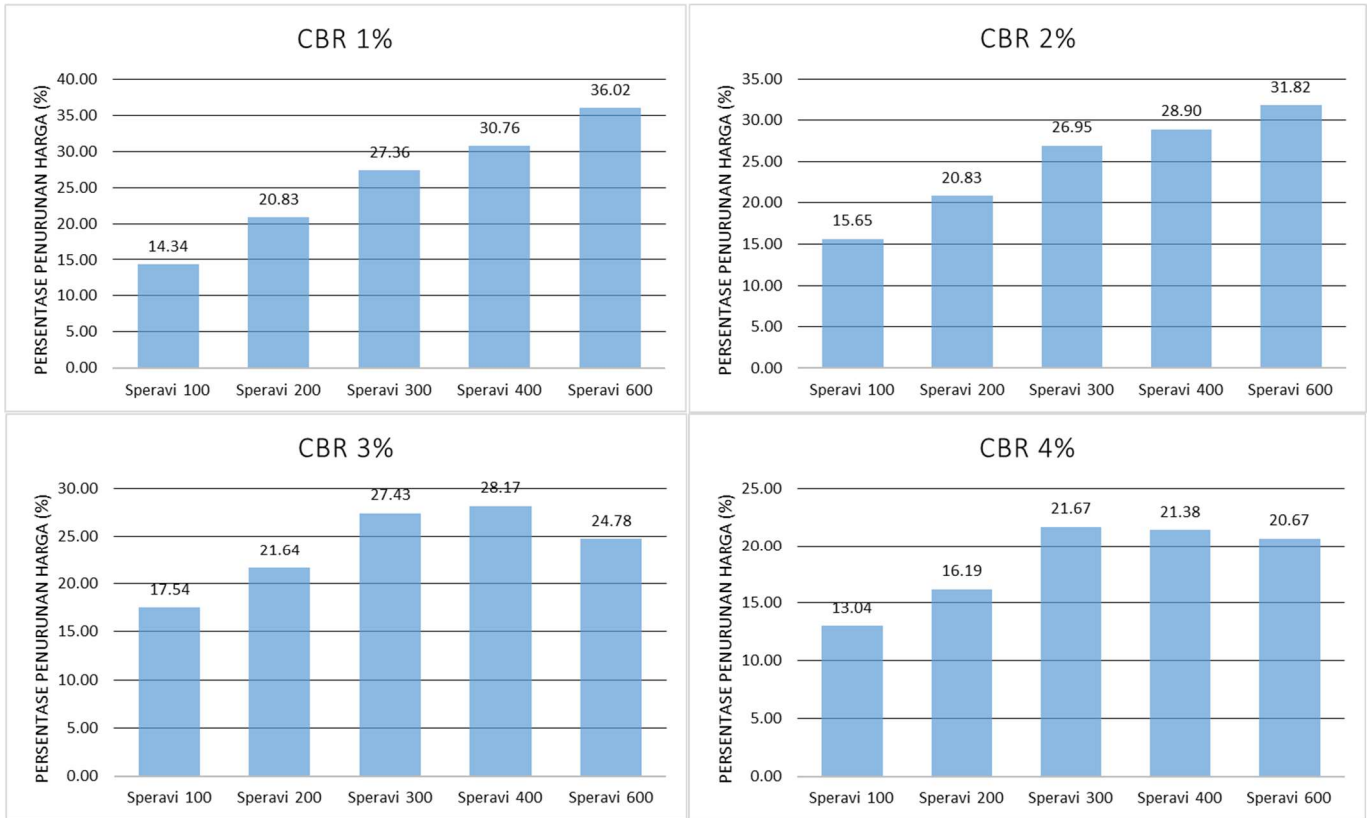
Perbandingan Nilai Ekonomi

Dari hasil analisa harga perkerasan untuk dua ruas jalan yaitu Mine Entrance dan External Road disederhanakan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 25 Harga Material perkerasan per m² untuk ruas jalan Mine Entrance

CBR	Tanpa Geotekstil	Speravi 100	Speravi 200	Speravi 300	Speravi 400	Speravi 600
1%	Rp 840,420.00	Rp 719,930.00	Rp 665,360.00	Rp 610,490.00	Rp 581,880.00	Rp 537,700.00
2%	Rp 542,880.00	Rp 457,910.00	Rp 429,800.00	Rp 396,590.00	Rp 385,980.00	Rp 370,120.00
3%	Rp 420,480.00	Rp 346,730.00	Rp 329,480.00	Rp 305,150.00	Rp 302,040.00	Rp 316,300.00
4%	Rp 350,820.00	Rp 305,090.00	Rp 294,020.00	Rp 274,790.00	Rp 275,820.00	Rp 278,320.00

(Sumber : Analisis Data)

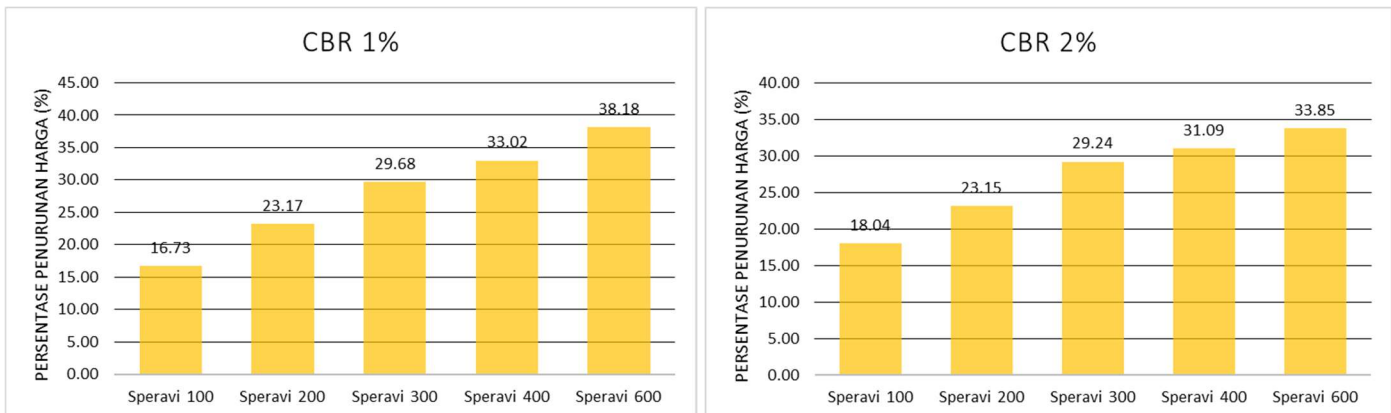


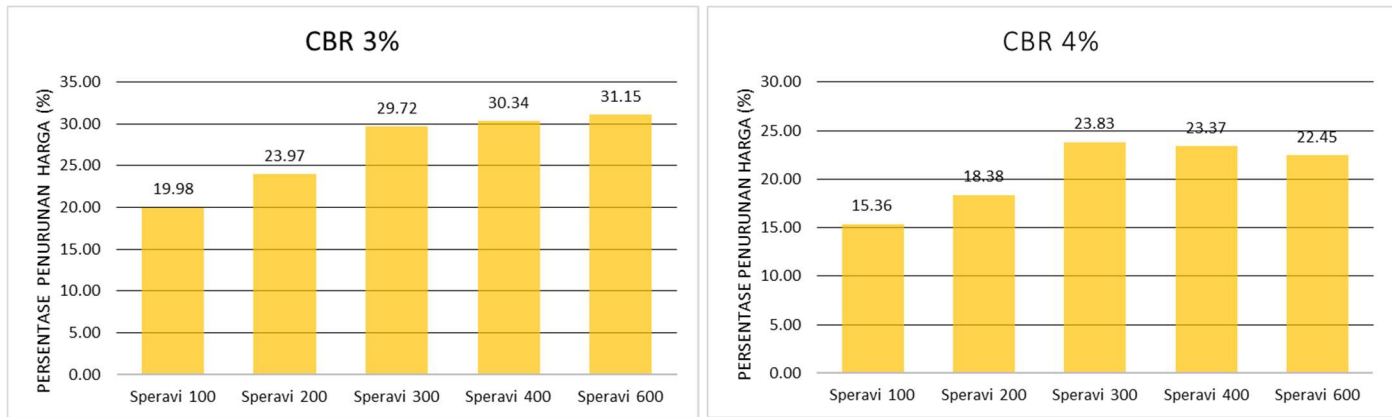
Gambar 2 Persentase Pengurangan Harga Perkerasan Ruas Jalan Mine Entrance

Tabel 26 Harga Material perkerasan per m² untuk ruas jalan External Road

CBR	Tanpa Geotekstil	Speravi 100	Speravi 200	Speravi 300	Speravi 400	Speravi 600
1%	Rp 821,340.00	Rp 683,930.00	Rp 631,040.00	Rp 577,550.00	Rp 550,140.00	Rp 507,760.00
2%	Rp 530,760.00	Rp 434,990.00	Rp 407,900.00	Rp 375,590.00	Rp 365,760.00	Rp 351,100.00
3%	Rp 411,120.00	Rp 328,970.00	Rp 312,560.00	Rp 288,950.00	Rp 286,380.00	Rp 283,060.00
4%	Rp 342,960.00	Rp 290,270.00	Rp 279,920.00	Rp 261,230.00	Rp 262,800.00	Rp 265,960.00

(Sumber : Analisis Data)





Gambar 3 Persentase Pengurangan Harga Perkerasan Ruas Jalan External Road

Berdasarkan hasil analisis perbandingan biaya material perkerasan dilakukan yang pada ruas jalan Mine Entrance dan External Road, dengan variasi nilai CBR antara 1% hingga 4%, serta penggunaan geotekstil tipe Speravi 100 hingga Speravi 600. Secara umum, semakin tinggi nilai CBR biaya perkerasan mengalami penurunan karena kebutuhan material agregat yang lebih sedikit. Pada ruas Mine Entrance tanpa penggunaan geotekstil, biaya perkerasan untuk CBR 1% mencapai Rp. 840.420,00, sedangkan pada CBR 4%, biaya ini turun menjadi Rp. 350.820,00. Penurunan biaya material juga terjadi pada External Road di mana tanpa menggunakan geotekstil, biaya perkerasan untuk CBR 1% sebesar Rp. 821.340,00, kemudian menurun menjadi Rp. 342.960,00 pada CBR 4%.

Penggunaan geotekstil efektif dalam menekan biaya perkerasan jika dibandingkan dengan konstruksi tanpa geotekstil. Pada ruas Mine Entrance, dengan CBR 1%, pemakaian Speravi 600 mampu menurunkan biaya dari Rp. 840.420,00 menjadi Rp. 537.700,00, atau menghemat sekitar 38.18%. Kondisi serupa juga terjadi pada External Road, di mana penerapan Speravi 600 pada CBR 1% mengurangi biaya dari Rp821.340,00 menjadi Rp507.760,00, atau sekitar 36.02% lebih hemat. Namun pada nilai CBR yang lebih tinggi (3% - 4%), selisih biaya antara dengan dan tanpa geotekstil semakin kecil.

Jika dilakukan perbandingan pada Mine Entrance dan External Road, terlihat bahwa biaya perkerasan pada Mine Entrance cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan External Road, baik pada berbagai variasi CBR maupun jenis perkerasan. Perbedaan ini disebabkan oleh beban lalu lintas yang lebih besar di Mine Entrance, sehingga membutuhkan ketebalan perkerasan yang lebih tinggi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, diperoleh beberapa kesimpulan berikut antara lain:

1. Penggunaan metode Giroud-Noiray didapatkan tebal lapis agregat pada ruas Mine Entrance dengan CBR 1% = 1.68 m, CBR 2% = 1.09 m, CBR 3% = 0.84 m dan CBR4% = 0.70 m. Sementara pada ruas External Road didapatkan tebal CBR 1% = 1.64 m, CBR 2% = 1.06 m, CBR 3% = 0.82 m dan CBR 4% dengan tebal 0.69 m.
2. Penggunaan geotekstil mampu mengurangi tebal perkerasan secara signifikan pada tanah yang memiliki nilai daya dukung rendah (CBR 1%-2%). Dengan menggunakan geotekstil berspesifikasi tinggi seperti Speravi 600, dapat mengurangi ketebalan agregat hingga 59% dibandingkan perkerasan tanpa menggunakan geotekstil. Penurunan tebal perkerasan terjadi pada kedua ruas jalan yang dianalisis, dimana semakin tinggi spesifikasi geotekstil yang digunakan, semakin besar pengurangan tebal pada lapis perkerasan.
3. Penggunaan geotekstil dapat menekan biaya material untuk konstruksi perkerasan terutama Pada tanah dengan nilai CBR rendah (1%-2%), yang disebabkan pengurangan kebutuhan agregat lebih besar. Pada ruas jalan Mine Entrance dengan CBR 1% , Penggunaan Speravi 600 mampu menghemat biaya hingga 33,3%, sementara pada ruas External Road penghematan mencapai 35,3%. Namun, pada CBR yang lebih tinggi (3%-4%), selisih biaya antara perkerasan dengan dan tanpa penggunaan geotekstil semakin kecil. Dimana pada ruas Mine Entrance dengan CBR 4% menggunakan speravi 600 hanya mengurangi biaya sebesar 20.67% sementara pada ruas External Road pengurangan hanya mencapai 22.45%.

5. Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat mencoba menggunakan metode lain untuk perencanaan jalan hauling seperti metode Giroud-Han ataupun metode lainnya untuk memperoleh hasil yang bervariasi demikian pula dengan penggunaan material perkuatan selain geotekstil seperti geogrid, geomembran atau jenis material perkuatan yang lain yang bias digunakan untuk perkerasan jalan tambang.

Referensi

- Asof, M., Purbasari, D., & Agustian Putra, M. A. (2023). Perbaikan Jalan Angkut Menggunakan Geotextile untuk Meningkatkan Produktivitas HD 785 pada Site Gurimbang Mine Operation, PT. Berau Coal. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 12(1), 19–28. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v12i1.213>
- Bhosale, J. D. and S. S. (2023). Design of geotextile reinforced gravel roads using Giroud and Han approach for Indian condition. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 13(2), 175–182. <https://doi.org/10.2478/jaes-2023-0022>
- Rayhan Fhadillah Muhammad, Agus Winarno , Revia Oktaviani , Tommy Trides, W. N. (2023). ANALISIS PENGGUNAAN CAMPURAN MATERIAL PASIR DENGAN LEMPUNG UNTUK PERKERASAN JALAN TAMBANG DI PT BELENGKONG MINERAL RESOURCES SITE IBP. *Journal of Comprehensive Science*, 2(9), 1570–1576. <https://doi.org/10.59188/jcs.v2i9.515>
- Rizqi, S., Darma, Y., & Taufiq, L. C. (2022). Perbandingan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Tambang dengan Metode Giroud-Han dan Metode AASHTO 1993 (Studi Kasus: Aceh Timur). *Journal of The Civil Engineering Student*, 4(3), 232–238. <https://doi.org/10.24815/journalces.v4i3.20833>
- Suhendik, A. A., Oktaviani, R., & Trides, T. (2022). *Studi Perbaikan Perkerasan Lapis Jalan Tambang dengan Nilai CBR dan DCP*. Jurnal Riset Teknik Pertambangan. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i1.1019>