

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN JALAN ALL WEATHER ROAD (AWR) CARDIFF DI PIT MTB PT. BUKIT ASAM, TBK

Jepry Andrianto^{1*}, Bochori^{2*}, Arie Putra Usman^{3*}

¹Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Sriwijaya, Palembang

²Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Palembang

³Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Palembang

*Corresponding author e-mail: jepryandrianto@gmail.com

ABSTRAK: Perencanaan dan pembuatan Jalan AWR Cardiff sepanjang 2,1 km dilaksanakan sebagai pengganti Jalan Line C yang telah masuk ke dalam sekuen timbunan di area Pit MTB PT Bukit Asam, Tbk. Pembangunan jalan ini bertujuan untuk menjaga kesinambungan kegiatan penambangan serta mendukung kegiatan pemindahan infrastruktur MTB yang berpotensi *opportunity loss* volume batubara di IUP MTB sebesar 2,5 juta ton pada tahun 2025 dan 3,2 juta ton pada tahun 2026. Tahapan pekerjaan dimulai dengan analisis kondisi *subgrade* eksisting sebagai dasar dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan jalan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dilakukan pembentukan *subbase layer* dengan metode *fill* menggunakan material pilihan yang dipadatkan sesuai spesifikasi teknis agar diperoleh kestabilan yang memadai sebelum tahap perkerasan. Setelah pekerjaan *subbase* selesai, tim geoteknik melakukan pengujian *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)* untuk menentukan nilai *California Bearing Ratio (CBR)* dengan standar minimal $CBR \geq 30\%$. Apabila hasil pengujian memenuhi syarat tersebut, segmen jalan diserahkan kepada tim *Mining Support* untuk dilanjutkan ke tahap pembatuan sesuai rancangan lapisan perkerasan. Proses perkerasan jalan menggunakan metode makadam dengan tiga lapisan utama, yaitu *base layer* berupa batu pecah ukuran 200 mm, *filler layer* dengan batu pecah ukuran 60 mm, serta *surface layer* menggunakan batu pecah split ukuran 20 mm sebagai lapisan permukaan akhir. Pelaksanaan pekerjaan dilakukan secara segmentasi dengan panjang 300 meter per segmen. Penerapan sistem segmentasi dan kontrol mutu berbasis uji *CBR* terbukti efektif dalam memastikan kualitas, efisiensi waktu, serta ketahanan jalan tambang terhadap beban operasional alat angkut di area Pit MTB.

Kata Kunci: Jalan tambang, perkerasan makadam, CBR, DCP, Pit MTB, PT Bukit Asam

ABSTRACT: The planning and construction of the AWR Cardiff Road, with a total length of 2.1 km, were carried out as a replacement for Line C Road, which has been included in the backfilling sequence within the Pit MTB area of PT Bukit Asam, Tbk. This road development aims to maintain the continuity of mining operations and support the relocation of MTB infrastructure, which is expected to prevent potential coal opportunity losses within the MTB Mining Permit (IUP) area, amounting to 2.5 million tons in 2025 and 3.2 million tons in 2026. The work stages began with an analysis of the existing *subgrade* condition as the basis for road planning and construction. Based on the analysis results, a *subbase layer* was constructed using selected fill materials compacted according to technical specifications to achieve adequate stability before the pavement stage. Upon completion of the *subbase*, the geotechnical team conducted a *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)* test to determine the *California Bearing Ratio (CBR)* value, with a minimum standard requirement of $CBR \geq 30\%$. If the test results met the required standard, the road segment was handed over to the *Mining Support* team to proceed with the stone paving phase according to the pavement layer design. The pavement construction used the macadam method, consisting of three main layers: a base layer of crushed stone 200 mm thick, a filler layer of crushed stone 60 mm, and a surface layer of split stone with a 20 mm aggregate size. The construction was implemented in segmented stages, each 300 meters in length. The application of the segmentation system and CBR-based quality control proved effective in ensuring construction quality, time efficiency, and the durability of the mining road under heavy hauling operations in the Pit MTB area.

Keywords: Hauling road, macadam pavement, CBR, DCP, Pit MTB, PT Bukit Asam

1 Pendahuluan

Kegiatan penambangan batubara pada area Pit MTB PT Bukit Asam, Tbk memerlukan sistem infrastruktur tambang yang andal untuk mendukung kelancaran semua aktivitas penambangan. Salah satu infrastruktur utama yang berperan penting dalam kegiatan tersebut adalah jalan tambang, yang berfungsi sebagai jalur utama aktivitas kegiatan Penambangan seperti koneksi antar lokasi serta pengangkutan material. Kualitas dan ketersediaan jalan tambang yang baik sangat berpengaruh terhadap efisiensi operasi, keselamatan kerja, serta ketercapaian target produksi perusahaan.

Seiring dengan perkembangan kegiatan penambangan, Jalan Line C yang sebelumnya digunakan sebagai jalur utama kegiatan Penambangan di Pit MTB telah masuk dalam sekuen timbunan, mengacu pada Keputusan Direksi PT. Bukit Asam, tbk Nomor : 020/0100/2025 terkait tim pemindahan infrastruktur dan Nota Dinas Nomor : 040/T/15100/PR.01.12/IV/2025 perihal kajian pemindahan infrastruktur MTB yang terdampak perluasan area disposal sentral sehingga Jalan Line C tidak dapat lagi difungsikan sebagai akses jalan. Kondisi ini menuntut adanya perencanaan dan pembangunan jalur alternatif yang mampu menggantikan fungsi Line C secara efektif tanpa mengganggu aktivitas produksi. Sebagai solusi, dilakukan perencanaan dan pembangunan Jalan AWR Cardiff sepanjang 2,1 km yang dirancang untuk menjadi jalur pengganti Line C dalam mendukung kegiatan pemindahan infrastruktur MTB yang berpotensi *opportunity loss* volume batubara di IUP MTB sebesar 2,5 juta ton pada tahun 2025 dan 3,2 juta ton pada tahun 2026 apabila ketersediaan ruang timbun tidak terpenuhi.

Dalam proses perencanaannya, pembuatan infrastruktur Jalan AWR Cardiff mengacu pada Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Kepmen ESDM) Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik (*Good Mining Practice*). Standarisasi ini mengatur aspek teknis jalan tambang, antara lain geometri jalan, lebar jalan, *grade*, *crosfall*, dan *superelevasi*. Penerapan standar ini bertujuan agar jalan tambang memiliki kapasitas, daya dukung, dan tingkat keselamatan yang sesuai dengan ketentuan teknis pertambangan serta menjamin keamanan semua pengguna jalan tersebut.

Pekerjaan pembangunan Jalan AWR Cardiff diawali dengan analisis kondisi subgrade eksisting sebagai dasar dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan jalan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dilakukan pembentukan lapisan subbase menggunakan material pilihan yang dipadatkan dengan metode *fill* dan kompaksi, sehingga diperoleh kestabilan tanah dasar yang sesuai standar teknis. Setelah lapisan *subbase* terbentuk, dilakukan pengujian *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)* oleh tim geoteknik untuk menentukan nilai *California*

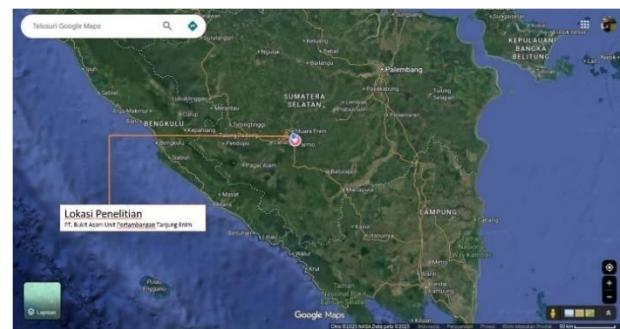
Bearing Ratio (CBR) dengan standar minimal $CBR \geq 30\%$. Hasil pengujian menjadi dasar kelayakan sebelum pekerjaan dilanjutkan ke tahap perkerasan.

Penelitian ini mengajukan hipotesis bahwa penerapan sistem perencanaan dan pembangunan Jalan All Weather Road (AWR) menggunakan struktur perkerasan makadam tiga lapis, dikombinasikan dengan pengendalian mutu berbasis nilai California Bearing Ratio ($CBR \geq 30\%$) dan metode pelaksanaan segmentasi sepanjang 300 meter, mampu meningkatkan kestabilan jalan tambang, efisiensi waktu pelaksanaan, serta keandalan jalan dalam mendukung beban operasional alat angkut tambang di area Pit MTB PT Bukit Asam, Tbk.

2 Metodologi

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Bukit Asam Tbk, Unit Pertambangan Tanjung Enim, yang terletak di Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan (Gambar 1). Lokasi pembangunan Jalan AWR Cardiff berada di area Pit MTB, yang merupakan salah satu area operasional utama perusahaan. Kawasan ini memiliki kondisi topografi berbukit dan sebagian besar area sudah mengalami aktivitas penimbunan (*backfilling*), sehingga membutuhkan jalan pengganti untuk menggantikan Jalan Line C yang telah masuk ke dalam sekuen timbunan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian – PT Bukit Asam Unit Pertambangan Tanjung Enim

2.2 Pendekatan Penelitian

Metode penelitian menggunakan pendekatan gabungan kuantitatif dan kualitatif (*mixed methods*). Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis data numerik terkait kondisi tanah dan daya dukung berdasarkan hasil pengujian lapangan. Pendekatan kualitatif digunakan untuk menilai aspek implementasi teknis, efisiensi pelaksanaan, dan kesesuaian terhadap standar Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 mengenai kaidah teknik pertambangan yang baik (*Good*

Mining Practice). Pendekatan ini memberikan pemahaman menyeluruh antara data terukur dan interpretasi teknis lapangan dalam perencanaan serta pembangunan jalan tambang.

2.3 Data dan Sumber Informasi

Penelitian ini menggunakan dua jenis data utama yaitu Data Kuantitatif, meliputi: Nilai *CBR* (*California Bearing Ratio*) hasil pengujian *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)* di lapangan, data geometrik jalan seperti lebar jalan, kemiringan, dan elevasi. Volume pekerjaan, waktu pelaksanaan, dan efisiensi segmentasi pekerjaan (300 meter per segmen). Data Kualitatif, meliputi: Observasi langsung terhadap kondisi lapangan selama pekerjaan berlangsung, memonitoring dan supervisi mengenai proses pelaksanaan, kendala teknis, serta penerapan pengendalian mutu berdasarkan dokumen internal Tata Cara Kerja (TCK) PT. Bukit Asam, Tbk.

2.4 Diagram Alir Metodologi

Identifikasi permasalahan (Jalan Line C masuk sekuen timbunan) → Studi standar teknis (Kepmen ESDM 1827/2018 & TCK PTBA) → Analisis kondisi subgrade eksisting → Pekerjaan subbase (fill & kompaksi) → Pengujian DCP → evaluasi nilai CBR

- Jika *CBR* < 30% → perbaikan lokal
- Jika *CBR* ≥ 30% → lanjut perkerasan

Perkerasan makadam 3 lapis → Pembuatan drainase & bund wall → Evaluasi kinerja jalan (stabilitas & operasional hauling) → Kesimpulan

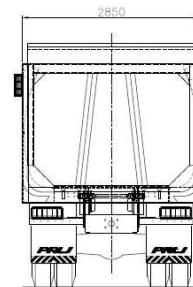
3 Hasil dan Pembahasan

Jalan AWR Cardiff akan digunakan sebagai jalan utama kegiatan *hauling rehandling* dari *Temporary Stock* menuju *Live Stock* dalam hal ini *Temporary Stock CCP* ke *Stockpile 1* dan *Stockpile 2* serta kegiatan operasional Penambangan Lainnya. Pekerjaan dimulai dengan pembentukan *subbase* jalan terlebih dahulu dengan metode *fill*, realisasi volume penimbunan sebesar 178.534 bcm. Volume tersebut merupakan volume total untuk pembentukan *subbase* jalan Cardiff sepanjang 2,1 km dan perkuatan lereng sisi utara dengan pembentukan *subbench* pada area segmen 2 dan segmen 3 untuk menjaga stabilitas lereng. Durasi pekerjaan dimulai dari minggu ke 5 juli sampai dengan minggu ke 2 oktober sesuai dengan rencana sekuen timbunan area line c yang akan dimulai di minggu ke 4 oktober 2025.

3.1 Rencana Geometri Jalan

Rencana kendaraan *hauling* terbesar yang akan melintasi jalan tersebut adalah DT Volvo FMX 440

dengan dimensi seperti pada (Gambar 2) sehingga didapatkan data dasar perencanaan (Tabel 1). Jalan tersebut akan digunakan juga untuk proses travel *Bucket Wheel Excavator (BWE)* 203 dari stockpile *BWE* ke area parkir yang dipersiapkan di *OLC 01* sehingga dibutuhkan lebar jalan dan daya dukung yang cukup untuk mengakomodir kegiatan tersebut.



Gambar 2. Dimensi kendaraan *hauling* terbesar yang akan melewati jalan Cardiff.

Parameter	Nilai / Deskripsi / Standar Acuan
Jenis kendaraan angkut utama	<i>Dump Truck</i> (lebar kendaraan 2,85 m, tinggi roda 1,30 m)
Jumlah jalur (arah berlawanan)	2 jalur
Lebar badan kendaraan (W)	2,85 m
Lebar jalan total (2 jalur)	$L_{min} = 2(2,85) + (2+1)(21 \times 2,85) = 9,975 \text{ m (10m)}$
Lebar ideal jalan tambang dua arah	15 m (disediakan kondisi operasional)
Kemiringan melintang (cross fall)	2 – 4% ke arah luar untuk aliran air
Kemiringan memanjang (grade)	Maksimum 12% sesuai Kepmen ESDM 1827/2018
Lebar tikungan	20% dari lebar jalan di jalan lurus ($\pm 18 \text{ m}$)
Kecepatan rencana (v)	25 – 35 km/jam, maks 40 km/jam
Struktur perkerasan	3 lapis (200 mm + 60 mm + 20 mm)
Standar nilai <i>CBR</i>	$\geq 30\%$ (berdasarkan hasil uji DCP)
Sistem drainase	Parit terbuka di kedua sisi jalan
Tinggi tanggul pengaman (bund wall)	$\geq \frac{3}{4} \times \text{tinggi roda} = \frac{3}{4} \times 1,30 \text{ m} = 0,975 \text{ m} \approx 1,0 \text{ m (minimum)}$
Lebar puncak tanggul	Minimum 0,5 – 1,0 m
Kemiringan lereng tanggul	1V : 1.5H hingga 1V : 2H (untuk stabilitas lereng)

Parameter	Nilai / Deskripsi / Standar Acuan
Standar acuan perencanaan	Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 Lampiran VI – Pedoman Jalan Tambang

Tabel 1. Data Dasar Perencanaan

3.2 Lebar Jalan Rencana

Dalam merencanakan lebar jalan yang dimaksud meliputi infrastruktur pendukung lainnya seperti tanggul jalan dan saluran, lebar jalan minimum dihitung menggunakan persamaan dasar desain jalan tambang, yaitu:

$$L_{min} = n \times W_t (n + 1) \times \left(\frac{1}{2} \times W_t\right)$$

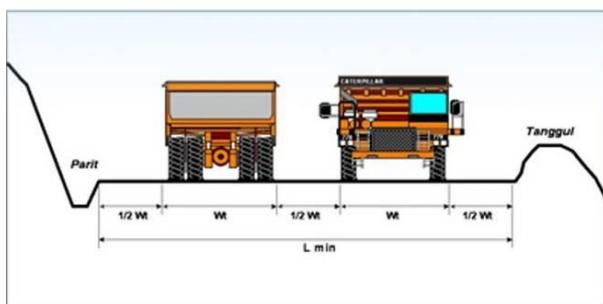
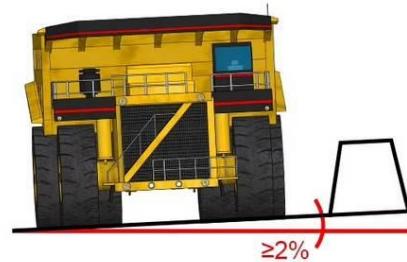
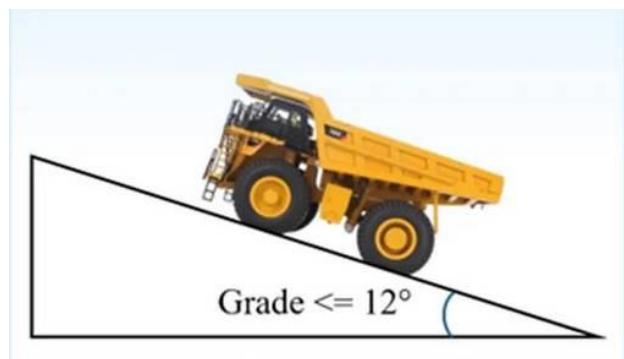
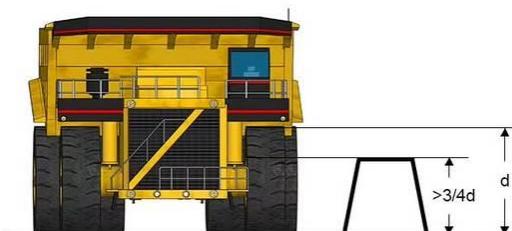
dengan:

L_{min} = lebar jalan tambang (meter)

n = jumlah jalur

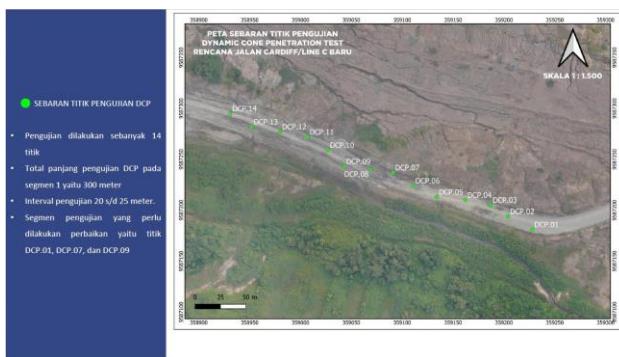
W_t = lebar alat angkut (meter)

Berdasarkan data kendaraan angkut , $L_{min} = 2 (2,85) (2+1) \times (1/2 \times 2,85) = 9,98$ m. Sehingga lebar minimum jalan tambang yang diperlukan adalah 9,98 m atau dibulatkan menjadi 10,0 m. Namun untuk meningkatkan faktor keselamatan dan mengakomodir kegiatan travel BWE 203 serta apabila jalan tersebut akan digunakan untuk transport unit yang lebih besar, dalam hal ini contoh HD785 yang *travel* dari *front* tambang ke *workshop* maka lebar jalan minimum dibuat 15 meter dengan syarat unit tersebut perlu di escort dalam perjalannya, sedangkan untuk lebar jalan pada tikungan ditambahkan 20% dari lebar jalan di jalan lurus.

Gambar 3. lebar jalan dengan $3,5 \times$ lebar alat angkut terbesar.Gambar 4. Kemiringan melintang (*crossfall*) 2-4%Gambar 5. Kemiringan memanjang (*grade*) tidak melebihi 12%.Gambar 6. Tanggul pengaman sekurang-kurangnya $\frac{3}{4}$ kendaraan terbesar.

3.3 Hasil Pengujian Geoteknik

Tim geoteknik melakukan pengujian *DCP* pada beberapa titik tiap segmen untuk menentukan nilai *CBR*. Pengujian ini menentukan apakah subbase telah memenuhi syarat $CBR \geq 30\%$ sebelum pembatuan. Nilai $CBR \geq 30\%$ menandakan subgrade cukup kuat untuk menampung lapisan makadam dengan tebal yang dirancang.



Gambar 7. Peta sebaran titik pengujian DCP segmen 1

ID	Koordinat WGS 1984 (X) (Y) (Z)	Total Kedalaman (mm)	Restang Nilai CBR (%) MIN MAX	Daya Dukung Tanah (kN/m ²)	Remarks	Rekomendasi / Tindak Lanjut	
						Average (%CBR)	RENDAH
DCP.01	359228 9587181	-	1000	1.9	31.7	9.61	60.26
DCP.02	359202 9587196	-	165	3.9	78.7	31.47	234.81
DCP.03	359162 9587208	-	345	12.7	78.7	40.90	256.38
DCP.04	359164 9587211	-	250	7.5	78.7	38.04	238.45
DCP.05	359134 9587213	-	182	8.2	78.7	38.18	219.54
DCP.06	359120 9587224	-	175	10.0	78.7	41.41	259.54
DCP.07	359091 9587237	-	405	12.7	78.7	40.90	256.38
DCP.08	359069 9587240	-	190	9.0	50.6	24.83	155.19
DCP.09	359040 9587250	-	532	4.4	78.7	31.60	113.48
DCP.10	359002 9587263	-	146	14.6	78.7	37.69	295.86
DCP.11	359002 9587271	-	200	7.8	78.7	41.76	261.77
DCP.12	358970 9587282	-	110	14.6	78.7	37.69	295.86
DCP.13	358952 9587282	-	326	7.5	61.9	40.90	249.04
DCP.14	358931 9587298	-	185	10.0	78.7	42.32	265.86
Rata-rata		241.31		34.79		217.48	

Tabel 2. Hasil pengujian DCP di segmen 1

Hasil pengujian menunjukkan bahwa 14 titik di segmen 1 rencana jalan baru line c (Cardiff), estimasi nilai %CBR rata-rata di angka 34,7%, dan rata-rata daya dukung tanah 217,48 kN/m², yang mana secara *overall* rencana jalan segmen 1 berada pada kondisi yang baik. Terdapat catatan pada 3 titik pengujian yaitu *DCP01*, *DCP02*, dan *DCP09* yang berada dibawah ambang batas yang telah ditetapkan, apabila tanpa dilakukan perbaikan dapat mengakibatkan *localized settlement* akibat deformasi plastis, hingga mengakibatkan jalan mengalami *undulating*. Rekomendasi perbaikan yaitu dengan melakukan kompaksi ulang menggunakan *vibro roller compactor* pada titik *DCP01* (intensif), *DCP07*, dan *DCP09* dengan 4 – 7 kali lintasan sehingga standar nilai daya dukung tanah tercapai di area segmen 1 jalan line c sebelum dilakukan pembatauan.

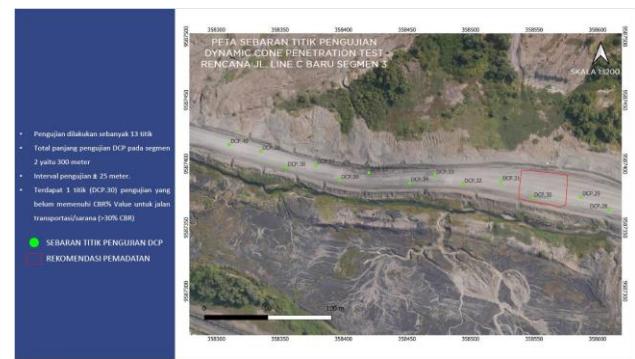


Gambar 8. Peta sebaran titik pengujian DCP segmen 2

ID	Koordinat WGS 1984 (X) (Y) (Z)	Total Kedalaman (mm)	Restang Nilai CBR (%) MIN MAX		Average (%CBR)	Daya Dukung Tanah (kN/m ²)	Remarks
			MIN	MAX			
DCP.15	358935 9587292	-	236	31.7	61.9	42.33	265.35
DCP.16	358909 9587284	-	206	14.6	61.9	44.71	280.25
DCP.17	358884 9587295	-	208	17.1	78.7	44.77	280.61
DCP.18	358866 9587305	-	204	7.5	61.9	42.88	268.78
DCP.19	358842 9587317	-	200	12.7	61.9	37.80	236.93
DCP.20	358811 9587316	-	164	10.0	78.7	52.34	328.09
DCP.21	358786 9587315	-	130	18.6	78.7	44.02	276.14
DCP.22	358766 9587326	-	136	24.9	78.7	44.28	277.54
DCP.23	358728 9587343	-	220	31.7	78.7	52.42	328.57
DCP.24	358697 9587345	-	78	31.7	78.7	55.49	347.80
DCP.25	358670 9587343	-	236	5.1	78.7	39.09	245.00
DCP.26	358633 9587357	-	230	17.1	61.9	36.78	230.52
DCP.27	358611 9587368	-	105	17.1	78.7	53.85	337.53
Rata-rata			188.08			45.01	282.09

Tabel 3. Hasil pengujian DCP di segmen 2

Nilai *CBR* dari seluruh titik uji berada pada kategori tinggi dan sudah memenuhi syarat teknis, yang menunjukkan bahwa tanah di lokasi segmen 2 memiliki kemampuan cukup baik terhadap beban dinamis /menahan beban vertical, dengan rata-rata nilai *CBR* keseluruhan ± 44,5% dan rata-rata daya dukung 270kN/m² sehingga tidak ada titik yang perlu tindakan perbaikan local sepanjang area segmen 2 dan dapat dijadikan dasar untuk pekerjaan pembatauan.



Gambar 9. Peta sebaran titik pengujian DCP segmen 3

ID	Koordinat WGS 1984 (X) (Y) (Z)	Total Kedalaman (mm)	Restang Nilai CBR (%) MIN MAX		Average (%CBR)	Daya Dukung Tanah (kN/m ²)	Remarks	Rekomendasi / Tindak Lanjut
			MIN	MAX				
DCP.28	358609 9587364	-	157	12.7	78.7	58.57	367.09	TINGGI
DCP.29	358587 9587374	-	110	15.8	78.7	52.49	329.01	TINGGI
DCP.30	358549 9587373	-	890	2.1	78.7	20.88	130.88	MEDIUM
DCP.31	358524 9587386	-	113	11.2	78.7	58.43	366.26	TINGGI
DCP.32	358494 9587384	-	307	11.2	78.7	33.43	209.56	TINGGI
DCP.33	358472 9587391	-	128	9.5	78.7	58.04	364.01	TINGGI
DCP.34	358452 9587393	-	182	9.5	78.7	52.39	327.77	TINGGI
DCP.35	358420 9587393	-	180	9.5	78.7	52.29	327.77	TINGGI
DCP.36	358397 9587387	-	171	11.2	78.7	47.08	295.10	TINGGI
DCP.37	358378 9587399	-	174	9.5	78.7	42.65	267.34	TINGGI
DCP.38	358355 9587397	-	198	18.6	78.7	46.64	293.32	TINGGI
DCP.39	358325 9587395	-	195	9.5	78.7	55.43	351.13	TINGGI
DCP.40	358310 9587415	-	108	9.5	78.7	57.94	372.59	TINGGI
Rata-rata			230.17			49.09	307.72	

Tabel 4. Hasil pengujian DCP di segmen 3

Titik *DCP30* berada pada tingkat kepadatan tanah medium, hal ini dikarenakan terdapat material lunak yang langsung ditimbun tanpa pemasangan maksimal, sehingga

perlu dilakukan perbaikan sebelum dilakukan pembatuan berupa pemedatan intensif menggunakan *vibro roller compactor*, terdapat potensi pemampatan setelah pemedatan, dapat dilanjutkan penambahan material granular dengan tebal 50 – 70 cm. Selain titik DCP30, nilai *CBR* berada pada kategori tinggi dan sudah memenuhi syarat teknis, yang menunjukkan bahwa tanah di lokasi segmen 3 memiliki kemampuan cukup baik terhadap beban dinamis/menahan beban vertical dengan nilai rata-rata *CBR* keseluruhan ±49,09% dan rata-rata daya dukung 307 kN/m².



Gambar 10. Peta sebaran titik pengujian DCP segmen 4 dan segmen 5

ID	Koordinat WGS 1984 (X) (Y) (Z)	Total Kedalaman (mm)	Rentang Nilai CBR (%)		Daya Dukung Tanah (kN/m ²)	Remarks	Rekomendasi / Tidak Lanjut
			MIN	MAX			
DCP.41	358309 9587410	-	118	20.4	61.9	44.36	278.05
DCP.42	358286 9587425	-	182	10.0	61.9	36.48	226.88
DCP.43	358264 9587425	-	150	20.4	61.9	37.65	235.98
DCP.44	358237 9587426	-	750	5.1	24.9	11.94	74.84 RENDAH PENGANTIAN MATERIAL
DCP.45	358207 9587440	-	124	12.7	61.9	39.37	246.76 TINGGI
DCP.46	358182 9587445	-	104	14.6	61.9	36.74	230.27 TINGGI
DCP.47	358156 9587451	-	174	17.1	61.9	40.56	253.32 TINGGI
DCP.48	358136 9587450	-	171	17.1	61.9	39.58	246.93 TINGGI
DCP.49	358105 9587463	-	184	17.1	61.9	35.07	219.81 TINGGI
DCP.50	358079 9587468	-	300	10.0	61.9	33.33	208.67 TINGGI
DCP.51	358060 9587469	-	144	11.2	61.9	42.56	266.76 TINGGI
DCP.52	358010 9587469	-	78	17.1	61.9	45.67	287.81 TINGGI
DCP.53	358012 9587467	-	216	10.0	61.9	34.76	196.88 TINGGI
Rata-rata		210.17		36.20	226.91		

Tabel 5. Hasil pengujian DCP di segmen 4

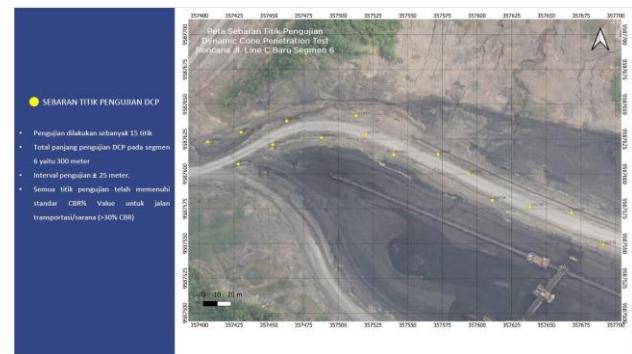
Hasil pengujian menunjukkan bahwa 13 titik di segmen 4 memiliki estimasi nilai %*CBR* rata-rata di angka 36,20% dan rata-rata daya dukung tanah 226,91 kN/m², secara *overall* jalan segmen 4 berada pada kondisi baik. Terdapat catatan pada 1 titik pengujian yaitu DCP44 yang berada jauh dibawah ambang batas yang telah ditetapkan, yang perlu menjadi perhatian khusus. Apabila tanpa dilakukan perbaikan dapat mengakibatkan penurunan *local (differential settlement)* akibat deformasi plastis, yang dapat mengakibatkan jalan mengalami *undulating*. Hal ini dikarenakan terdapat material lunak di kedalaman lebih dari 20 cm yang langsung ditimbun tanpa penggantian material. Rekomendasi perbaikan yaitu dengan

melakukan pengupasan lapisan tanah lunak di kedalaman >20 cm pada titik DCP44 dan melakukan penggantian dengan material granular yang kemudian dilakukan kompaksi menggunakan *vibro roller compactor* sehingga standar nilai daya dukung tanah menjadi baik sebelum dilakukan pembatuan.

ID	Koordinat WGS 1984 (X) (Y) (Z)	Total Kedalaman (mm)	Rentang Nilai CBR (%)		Daya Dukung Tanah (kN/m ²)	Remarks
			MIN	MAX		
DCP.54	357987 9587481	-	274	12.7	61.9	37.13
DCP.55	357965 9587479	-	142	12.7	61.9	40.63
DCP.56	357939 9587478	-	156	20.4	61.9	42.36
DCP.57	357919 9587488	-	94	10.0	61.9	44.32
DCP.58	357894 9587498	-	302	20.4	42.4	32.13
DCP.59	357872 9587495	-	208	17.1	61.9	39.74
DCP.60	357851 9587493	-	143	10.0	61.9	46.57
DCP.61	357829 9587510	-	90	14.6	61.9	49.02
DCP.62	357810 9587521	-	148	8.2	61.9	39.97
DCP.63	357786 9587521	-	156	17.1	61.9	42.73
DCP.64	357760 9587521	-	272	12.7	61.9	37.61
DCP.65	357736 9587538	-	84	12.7	61.9	43.64
DCP.66	357712 9587554	-	326	9.0	61.9	31.87
Rata-rata			175.67		254.49	

Tabel 6. Hasil pengujian DCP di segmen 5

Nilai *CBR* dari seluruh titik uji berada pada kategori tinggi dan sudah memenuhi syarat teknis, yang menunjukkan bahwa tanah di lokasi segmen 5 memiliki kemampuan cukup baik terhadap beban dinamis/menahan beban vertical, dengan nilai rata-rata *CBR* keseluruhan ±40,6% dan rata-rata daya dukung 254,49 kN/m². Tidak ada yang perlu tindakan perbaikan *local* sepanjang area segmen 5 dan dapat dijadikan dasar untuk pekerjaan pembatuan selanjutnya dengan risiko deformasi/*settlement* rendah.

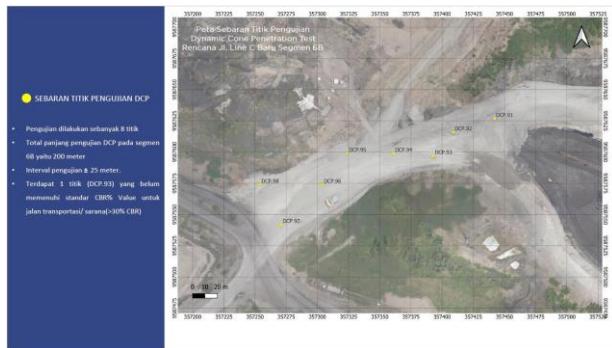


Gambar 11. Peta sebaran titik pengujian DCP segmen 6A

ID	Koordinat WGS 1984 (X) (Y)	Total Kedalaman (mm) (Z)	Rentang Nilai CBR (%)			Daya Dukung Tanah (kN/m ²)	Remarks	Rekomendasi / Tindak Lanjut
			MIN	MAX	Average (%CBR)			
DCP.76	357691	9587549	-	160	14.6	78.7	38.05	238.50
DCP.77	357668	9587572	-	162	12.7	78.7	49.40	309.60
DCP.78	357638	9587590	-	151	14.6	78.7	62.59	390.98
DCP.79	357611	9587581	-	206	27.9	61.9	37.63	230.43
DCP.80	357594	9587600	-	350	17.1	78.7	27.87	175.32
								MEDIUM
DCP.81	357562	9587614	-	378	5.1	78.7	29.86	186.12
DCP.82	357534	9587628	-	540	5.1	78.7	29.86	186.12
DCP.83	357518	9587642	-	292	9.5	78.7	35.55	222.34
DCP.84	357495	9587642	-	359	12.7	78.7	38.09	238.56
DCP.85	357463	9587638	-	175	14.6	78.7	44.97	281.89
DCP.86	357453	9587637	-	185	12.7	78.7	45.30	283.93
DCP.87	357438	9587639	-	200	9.5	78.7	44.27	277.34
DCP.88	357428	9587639	-	220	12.7	78.7	54.35	341.93
DCP.89	357406	9587623	-	220	12.7	78.7	54.35	341.93
DCP.90	357406	9587623	-	220	12.7	78.7	54.35	341.93
Rata-rata				267.80	38.95	244.13		

Tabel 7. Hasil pengujian DCP di segmen 6A

Hasil pengujian menunjukkan 15 titik pengujian di segmen 6A memiliki estimasi nilai %CBR rata-rata di angka 38,95% dan rata-rata daya dukung tanah 267,80 kN/m². Beberapa titik memiliki nilai rata-rata dibawah ambang batas yang ditetapkan sehingga direkomendasikan untuk dilakukan kompaksi ulang menggunakan *vibro roller compactor* pada titik DCP80, DCP81, DCP83, DCP84, dan DCP84. Terdapat potensi pemampatan setelah pemasatan dapat dilanjutkan penambahan material untuk menjaga kontur jalan agar tetap datar sebelum dilakukan pembatasan.



Gambar 12. Peta sebaran titik pengujian DCP segmen 6B

ID	Koordinat WGS 1984 (X) (Y)	Total Kedalaman (mm) (Z)	Rentang Nilai CBR (%)			Daya Dukung Tanah (kN/m ²)	Remarks	Rekomendasi / Tindak Lanjut
			MIN	MAX	Average (%CBR)			
DCP.91	357442	9587627	-	290	17.1	61.9	33.87	211.05
DCP.92	357409	9587618	-	135	17.1	78.7	52.88	-
DCP.93	357393	9587597	-	362	7.5	78.7	28.36	180.86
DCP.94	357381	9587599	-	294	17.1	78.7	35.18	220.50
DCP.95	357324	9587599	-	226	31.7	78.7	47.48	297.63
DCP.96	357304	9587574	-	248	22.4	78.7	43.71	273.98
DCP.97	357201	9587542	-	282	31.7	78.7	48.84	303.45
DCP.98	357254	9587574	-	234	20.4	78.7	43.36	271.76
Rata-rata				247.50	43.36	271.76		

Tabel 8. Hasil pengujian DCP di segmen 6B

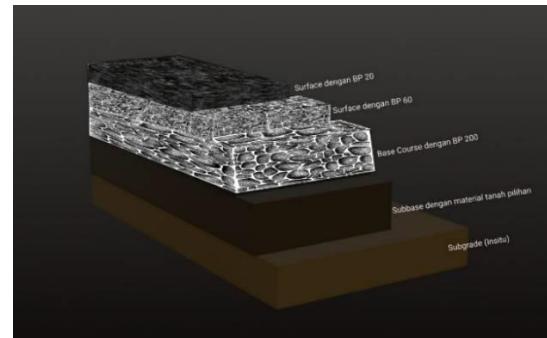
Hasil pengujian menunjukkan 8 titik pengujian di segmen 6B memiliki estimasi nilai %CBR rata-rata di

angka 43,36% dan rata-rata daya dukung tanah 271,76 kN/m². Terdapat 1 titik yang memiliki nilai rata-rata di bawah ambang batas yang ditetapkan sehingga direkomendasikan dilakukan kompaksi ulang menggunakan *vibro roller compactor* pada titik DCP93. Terdapat potensi pemampatan setelah pemasatan dapat dilanjutkan penambahan material untuk menjaga kontur jalan agar tetap datar sebelum dilakukan pembatasan.

3.4 Pekerjaan Perkerasan Jalan

Pekerjaan perkerasan jalan dilakukan setelah pekerjaan *subbase* selesai dan telah dilakukan pengujian DCP untuk mengetahui nilai %CBR. Lapisan *subbase* merupakan lapisan pondasi bawah yang diletakkan di atas tanah dasar (*subgrade*) dan berfungsi menambah daya dukung serta menyebarkan beban roda kendaraan agar tidak langsung diteruskan ke tanah dasar. Sebelum pekerjaan perkerasan jalan dengan pembatasan dilakukan planum terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil akhir *subbase* sudah dalam permukaan yang rata dan kemiringan (*crossfall*) 2 – 4 % sudah terbentuk.

Pekerjaan perkerasan jalan dilakukan menggunakan metode makadam, yaitu sistem perkerasan berlapis yang memanfaatkan batu pecah bergradasi untuk mencapai kekuatan struktural. Komposisi lapisan yang digunakan adalah sebagai berikut (Gambar 13) dan (Tabel 9)



Gambar 13. Lapisan struktur perkerasan jalan

Lapisan	Material	Tebal (mm)	Fungsi
Surface Layer	Batu split 20 mm	20	Memberikan permukaan rata, stabil, dan tidak licin
Filler Layer	Batu pecah 60 mm	60	Pengunci antar butir base dan surface
Base Layer	Batu pecah 200 mm	200	Lapisan utama penyalur beban

Lapisan	Material	Tebal (mm)	Fungsi
Subbase	Material granular pilihan	-	Daya dukung lapisan atas
Subgrade	Tanah dasar padat	-	Penopang struktur jalan

Tabel 9. Lapisan struktur perkerasan jalan

Tahapan awal perkerasan dimulai dengan pekerjaan penghamparan batu pecah kasar ukuran 200 mm yang berfungsi sebagai lapisan pondasi utama (*base layer*). Material batu diangkut menggunakan *dump truck* dan kemudian dihampar menggunakan *motor grader* secara merata di atas lapisan subbase yang telah memenuhi persyaratan kepadatan dan nilai *CBR* minimal 30%. Pekerjaan penghamparan dilakukan secara bertahap per segmen. Tujuan tahapan ini adalah membentuk lapisan pondasi kuat yang mampu menyalurkan beban roda kendaraan angkut besar ke lapisan di bawahnya. Setelah penghamparan, dilakukan pemadatan menggunakan *vibro roller compactor* dengan metode lintasan berulang.

Setelah *base layer* selesai dan lulus pemeriksaan kepadatan, dilanjutkan dengan penghamparan lapisan pengunci (*filler layer*) menggunakan batu pecah ukuran 60 mm. Lapisan ini berfungsi untuk mengisi rongga antar batu besar pada lapisan base agar struktur perkerasan menjadi lebih padat dan stabil. Penghamparan dilakukan menggunakan *motor grader* untuk menjaga ketebalan dan kerataan permukaan. Setelah penghamparan, pemadatan kembali dilakukan per *layer* menggunakan *vibro roller compactor* dengan lintasan bolak-balik minimal 6 kali per jalur hingga diperoleh permukaan padat dan terkunci sempurna. Selama proses pemadatan, dilakukan penyiraman ringan akan lebih baik untuk membantu pergerakan batu kecil ke celah antar batu besar.

Tahapan terakhir adalah pembentukan lapisan permukaan (*surface layer*) menggunakan batu split berukuran 20 mm. Lapisan ini berfungsi sebagai lapisan aus (*wearing surface*) sekaligus lapisan rapat air (*waterproof layer*) yang melindungi lapisan di bawahnya dari infiltrasi air hujan. Material batu split dihampar secara merata menggunakan *motor grader*, setelah itu, dilakukan pemadatan menggunakan *vibro roller compactor* hingga permukaan jalan menjadi padat, halus, dan tidak terdapat batu lepas. Selama proses ini, dilakukan pengecekan ulang kemiringan melintang (*cross fall*) sebesar 2–4% untuk memastikan aliran air permukaan dapat mengalir ke sisi jalan dengan baik. Hasil akhir dari tahap ini adalah terbentuknya jalan tambang dengan permukaan padat, rata, serta memiliki kekasaran (friksi) yang aman untuk lalu lintas alat angkut tambang.

Gambar 14. Kegiatan planum *subbase*Gambar 15. Penghamparan material batu dengan *motor grader*Gambar 16. Pemadatan material batu dengan *vibro roller compactor*

3.5 Pekerjaan Pembuatan Tanggul Pengaman dan Saluran

Secara paralel dengan pekerjaan perkerasan, dilakukan pembangunan tanggul pengaman (*bund wall*) di sisi luar jalan dengan tinggi $\frac{3}{4}$ dari tinggi kendaraan terbesar dan garis air (*drainage*) di antara tanggul dan badan jalan serta saluran di sisi luar tanggul dengan pola alir air yang sudah direncanakan agar *run off* atau aliran permukaan air hujan yang mengalir di atas jalan terarah dengan baik dan jalan bebas dari genangan/cebak air.



Gambar 17. Pembentukan tanggul jalan dan saluran

Setelah seluruh lapisan perkerasan, tanggul, dan saluran selesai dibangun, jalan tambang AWR Cardiff memiliki:

- Struktur makadam 3 lapis ($200\text{ mm} + 60\text{ mm} + 20\text{ mm}$) dengan total tebal efektif $\pm 28\text{ cm}$.
- Lebar badan jalan minimum 15 meter dengan kemiringan melintang (*crossfall*) 2–4%.
- Tanggul pengaman dengan tinggi minimum 1,0 meter di sisi luar jalan.



Gambar 18. Kondisi akhir jalan yang selesai dibangun



Gambar 19. Kondisi akhir jalan yang selesai dibangun

3.6 Evaluasi Efisiensi Waktu Pelaksanaan

Penerapan metode pekerjaan secara segmentasi sepanjang 300 meter per segmen memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi waktu pelaksanaan pembangunan Jalan AWR Cardiff. Sistem ini memungkinkan pekerjaan subbase, pengujian DCP, dan perkerasan dilakukan secara paralel antar segmen tanpa harus menunggu penyelesaian keseluruhan trase jalan.

Berdasarkan evaluasi lapangan, metode segmentasi mampu mengurangi waktu tunggu antar tahapan pekerjaan serta mempermudah pengendalian mutu. Setiap segmen hanya diserahterimakan setelah memenuhi standar nilai CBR $\geq 30\%$, sehingga potensi pekerjaan ulang (rework) dapat diminimalkan. Dibandingkan metode konvensional (linear tanpa segmentasi), pendekatan ini mempercepat kesiapan jalan untuk operasional hauling dan mendukung jadwal sekuen timbunan Line C yang direncanakan dimulai pada minggu keempat Oktober 2025.

Dengan demikian, sistem segmentasi terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi waktu konstruksi serta menekan risiko keterlambatan yang dapat berdampak pada opportunity loss produksi batubara.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi kegiatan pembuatan Jalan AWR Cardiff sepanjang 2,1 km di area Pit MTB PT Bukit Asam, Tbk, dapat disimpulkan beberapa hal penting sebagai berikut:

1. Fungsi Strategis Jalan AWR Cardiff. Pembangunan Jalan AWR Cardiff dilakukan sebagai pengganti Jalan Line C yang telah masuk ke dalam sekuen timbunan (*backfilling*) akibat perkembangan aktivitas penambangan. Pekerjaan ini berfungsi vital untuk menjaga kelancaran sistem hauling dan kegiatan operasional penambangan lainnya untuk mendukung pencapaian target produksi batubara.

2. Kualitas *Subgrade* dan Perbaikan Daya Dukung Tanah. Hasil pengujian *Dynamic Cone Penetrometer (DCP)* menjadi standarisasi yang tepat dalam perbaikan daya dukung tanah agar kualitas pekerjaan terjamin dengan baik.
3. Efektivitas Lapisan Perkerasan Makadam 3 Lapis. Struktur perkerasan menggunakan sistem makadam berlapis tiga, yaitu:
 - *Base Layer*: Batu pecah 200 mm, berfungsi menahan beban utama alat angkut tambang.
 - *Filler Layer*: Batu pecah 60 mm, berfungsi mengunci antar batu dasar dan memperkuat interlock.
 - *Surface Layer*: Batu split 20 mm, berfungsi sebagai lapisan aus (*wearing surface*) dan lapisan rapat air.

Ketiga lapisan ini dihampar dan dipadatkan secara bertahap menggunakan *motor grader* dan *vibro roller compactor*, menghasilkan permukaan jalan yang padat, stabil, serta memiliki ketahanan terhadap deformasi akibat beban dinamis alat angkut.
4. Geometri Jalan dan Standarisasi Desain. Hasil perhitungan menggunakan formula desain jalan tambang menunjukkan lebar minimum jalan lurus sebesar 9,98 m, kemudian ditetapkan lebar efektif ± 15 dengan kemiringan melintang 2–4% untuk *drainase* permukaan. Untuk tikungan ditetapkan 20% dari lebar jalan pada kondisi lurus ± 18 meter. Desain ini telah sesuai dengan ketentuan geometri jalan tambang pada Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018.
5. Tanggul pengaman (*bundwall*) dibangun di sisi luar jalan dengan tinggi 1,0 meter ($\frac{3}{4}$ dari tinggi roda kendaraan terbesar). Di sisi dalam tanggul dibuat garis air (*drainage line*) selebar 1 bucket excavator ($\pm 1,0$ meter) menggunakan excavator untuk menyalurkan air permukaan ke saluran pembuangan. Kombinasi antara tanggul dan garis air ini berhasil menjaga jalan tetap kering dan aman saat musim hujan.
6. Pekerjaan perkerasan dilakukan dengan sistem segmentasi 300 meter per segmen, yang memungkinkan kontrol mutu dan pengawasan lebih efektif. Setiap segmen diuji dan diserahterimakan setelah memenuhi nilai *CBR* $\geq 30\%$.
7. Kinerja Jalan Pasca Konstruksi Berdasarkan hasil pengamatan operasional hauling, jalan tambang AWR Cardiff menunjukkan kinerja yang sangat baik:
 - Tidak ditemukan deformasi atau rutting
 - Nilai *CBR* lapisan atas meningkat hingga $>45\%$ setelah pemadatan
 - Permukaan jalan memiliki drainabilitas baik serta mudah dalam pemeliharaan rutin (*regrading*).
8. Kesesuaian terhadap Standar dan Prinsip *Good Mining Practice*. Seluruh aspek pelaksanaan pekerjaan, mulai dari analisis *subgrade*, struktur perkerasan, geometri jalan, sistem drainase, hingga keselamatan operasional, telah sesuai dengan pedoman *Good Mining Practice* dalam Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Implementasi ini memastikan bahwa jalan tambang yang dibangun tidak hanya memenuhi kriteria teknis, tetapi juga mendukung keamanan, efisiensi, dan keberlanjutan operasi penambangan.
9. Kesimpulan yang disajikan pada penelitian ini secara langsung menjawab tujuan perencanaan dan pembangunan Jalan AWR Cardiff, yaitu menyediakan jalan tambang pengganti yang stabil, aman, efisien, dan sesuai dengan kaidah *Good Mining Practice* untuk mendukung keberlanjutan operasi penambangan di Pit MTB PT Bukit Asam, Tbk.

Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik (*Good Mining Practice*). Jakarta: Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, 2018.
- [2] PT Bukit Asam, Tbk. Tata Cara Kerja Pembuatan All Weather Road (AWR). Tanjung Enim: *Mining Support Department*, 2024.
- [3] PT Bukit Asam, Tbk. Tata Cara Kerja Pembuatan & Perawatan Jalan Tambang. Tanjung Enim: *Mining Support Department*, 2024.
- [4] PT Bukit Asam, Tbk. Tata Cara Kerja Pembuatan Saluran Air. Tanjung Enim: *Mining Support Department*, 2024.

- [5] PT Bukit Asam, Tbk. *Tata Cara Kerja Pengujian Kepadatan Tanah Insitu. Tanjung Enim: Geotechnical Department*, 2023.
- [6] Suprapto, S., & Widodo, B. Penerapan Struktur Makadam pada Jalan Tambang Batubara untuk Peningkatan Daya Dukung. Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa, vol. 6, no. 2, pp. 89–97, 2020.
- [7] Satria, R., & Wibowo, H. Analisis Efisiensi Pekerjaan Perkerasan Jalan Tambang Menggunakan Sistem Segmentasi. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Tambang*, vol. 7, no. 2, pp. 59–67, 2023.
- [8] Read, J., & Stacey, P. *Guidelines for Open Pit Haul Road Design*. CSIRO Publishing, 2009.
- [9] Thompson, R. J., & Visser, A. T. Selection and maintenance of mine haul roads. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, vol. 103, no. 3, pp. 163–175, 2003.
- [12] Yoder, E. J., & Witczak, M. W. *Principles of Pavement Design*. *Transportation Engineering Journal*, ASCE, vol. 98, no. 1, pp. 1–24, 1975.
- [13] Kumar, A., & Jain, P. K. *Evaluation of subgrade strength using Dynamic Cone Penetrometer*. *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 18, no. 4, pp. 337–345, 2017.
- [14] Putra, D. A., & Nugroho, S. *Analisis daya dukung tanah dasar jalan tambang berbasis nilai CBR*. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, vol. 16, no. 2, pp. 85–94, 2020.
- [15] Sari, R., & Pratama, Y. *Pengaruh metode segmentasi terhadap efisiensi waktu pembangunan jalan tambang*. *Jurnal Rekayasa Pertambangan*, vol. 8, no. 1, pp. 21–30, 2022.