



E-ISSN: [2655-0865](https://doi.org/10.38035/rrj.v6i6)

DOI: <https://doi.org/10.38035/rrj.v6i6>

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Analisis Cost and Benefit Rencana Pembetonan Jalan Angkut Batubara di Lokasi Banko Tengah Blok B PT Bukit Asam Tbk

Cindy Dwilarasati¹, Taufik Toha², Maulana Yusuf³,

¹Sriwijaya University, South Sumatera, Indonesia, cindydwilarasati@gmail.com

²Sriwijaya University, South Sumatera, Indonesia, taufiktoha@ft.unsri.ac.id

³Sriwijaya University, South Sumatera, Indonesia, maulanayusuf@ft.unsri.ac.id

Corresponding Author: cindydwilarasati@gmail.com¹

Abstract: *PT Bukit Asam Tbk (PTBA), a coal mining company in Tanjung Enim, South Sumatra, uses an open pit mining method with a dump truck hauling system. The condition of the mining road greatly affects the productivity of the hauling equipment, especially during rainy seasons, which can cause slippery roads and slow down operations. This study uses a quantitative method to calculate the actual geometric conditions of the hauling road from, segmen C to segmen K and the productivity of the hauling equipment. In addition, this study also determines the quality and volume of concrete and calculates the benefit and cost ratio (B/C) of the concreting plan. To improve efficiency, PTBA plans to concretize a 1.7 km road from Simpang Bangjo Banko to Dump Hopper 5, which is used by Pit 3 Timur, Pit E, and Pit SJS. This concreting aims to reduce slippery time after rain and increase the productivity of the hauling equipment. This project also considers an economic analysis using cost and benefit, with a total benefit for 5 years reaching IDR 1.78 trillion, including increased coal production, operational cost savings, and extended equipment life. The total cost of this concreting project is IDR 20.41 billion, with a benefit to cost ratio of 88, which shows that this project is feasible to implement.*

Keyword: *Coal hauling road, rigid pavement, benefit and cost ratio, Banko Tengah*

Abstrak: PT Bukit Asam Tbk (PTBA), sebuah perusahaan tambang batubara di Tanjung Enim, Sumatera Selatan, menggunakan metode tambang terbuka dengan sistem alat angkut *dumptruck*. Kondisi jalan tambang sangat mempengaruhi produktivitas alat angkut, terutama pada saat hujan, yang dapat menyebabkan jalan licin dan memperlambat operasional. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif untuk menghitung kondisi geometri aktual jalan angkut dari, segmen C ke segmen K dan produktivitas alat angkut. Selain itu, penelitian ini juga menentukan mutu dan volume beton dan menghitung rasio manfaat dan biaya (B/C) dari rencana pembetonan tersebut. Untuk meningkatkan efisiensi, PTBA merencanakan pembetonan jalan sepanjang 1,7 km dari Simpang Bangjo Banko ke *Dump Hopper 5*, yang digunakan oleh Pit 3 Timur, Pit E, dan Pit SJS. Pembetonan ini bertujuan mengurangi waktu *slippery* setelah hujan dan meningkatkan produktivitas alat angkut. Proyek ini juga mempertimbangkan analisis ekonomis menggunakan *cost and benefit*, dengan total manfaat

selama 5 tahun mencapai Rp 1,78 triliun, meliputi peningkatan produksi batubara, penghematan biaya operasional, dan perpanjangan masa pakai peralatan. Total biaya proyek pembetonan ini adalah Rp 20,41 miliar, dengan rasio manfaat terhadap biaya sebesar 88, yang menunjukkan proyek ini layak dilaksanakan.

Kata Kunci: Jalan hauling batubara, pembetonan jalan, benefit and cost ratio, Banko Tengah

PENDAHULUAN

PT Bukit Asam Tbk (PTBA) di Tanjung Enim, Sumatera Selatan, menggunakan metode tambang terbuka dengan *dumptruck* yang sangat bergantung pada kondisi jalan angkut. Untuk meningkatkan efisiensi, PTBA merencanakan pembetonan sepanjang 1,7 km di segmen jalan dari Simpang Bangjo Banko menuju *Dump Hopper 5*. Pembetonan ini diharapkan dapat mengoptimalkan produktivitas dan mengurangi waktu slippery setelah hujan, sehingga operasi pengangkutan batubara dari tiga pit utama menjadi lebih lancar dan efisien. Penelitian terdahulu mengenai perancangan geometri jalan tambang harus mempertimbangkan kondisi topografi dan peralatan yang digunakan. Tujuannya adalah menciptakan jalan yang aman dan efisien sesuai aturan yang berlaku (Kepmen ESDM 1827/2018). Jalan harus dirancang baik secara vertikal maupun horizontal untuk memenuhi kebutuhan kendaraan dalam operasi penambangan namun hanya sebatas geometri tidak membahas daya dukung tanah terhadap *dump truck* (Sahrul, dkk, 2023). Penelitian terdahulu mengenai produktivitas alat angkut yaitu kegiatan pengangkutan adalah kegiatan usaha pertambangan untuk memindahkan mineral atau OB dari daerah tambang atau tempat pengolahan dan pemurnian sampai tempat penyerahan tetapi hanya sebatas mengetahui jumlah produktivitas tidak membahas faktor yang mempengaruhi produktivitas (Basuki, dkk, 2020). Penelitian terdahulu analisis kelayakan jalan angkut, yaitu Analisis yang dilakukan biasanya hanya sebatas aspek teknis dan belum mempertimbangkan aspek ekonomis (Rahman, dkk, 2016). Penelitian tidak hanya membahas geometri dan produktivitas yang ada tetapi meneliti pengaruh pembetonan terhadap produktivitas serta bukan hanya kelayakan secara teknis tetapi dilakukan kelayakan secara ekonomis. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis geometri jalan angkut dari Simpang Bangjo sampai ke *Dump Hooper 5* beserta produktivitas sebelum dan setelah pembetonan kemudian menganalisis rencana pembetonan terakhir menganalisis *benefit and cost ratio* yang didapat dari rencana pembetonan jalan angkut batubara dari Simpang Bangjo menuju *Dump Hooper 5*.

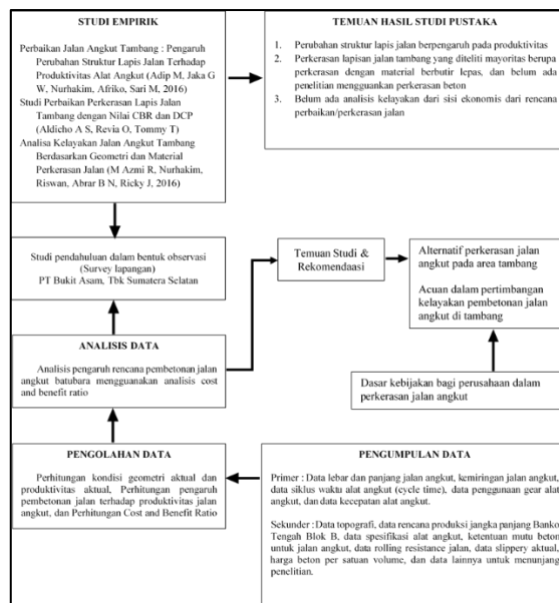
METODE

Penelitian ini dilakukan di IUP Banko Blok B, WIUP PT Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan, pada segmen jalan dari Simpang Bangjo Banko ke *Dump Hopper 5*. Segmen ini dipilih karena akan digunakan sebagai akses pengangkutan batubara dari Pit 3 Timur, Pit SJS, dan Pit E ke DH 5. WIUP PT Bukit Asam Tbk terletak di Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan, dengan koordinat 3°42' 30" - 4°47' 30" LS dan 103°45' 00" - 103°50' 10" BT.



Sumber : PT Bukit Asam Tbk
Gambar 1. Peta Lokasi dan Kesampaian Wilayah

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif untuk menganalisis kondisi geometri jalan dan produktivitas alat angkut di segmen Simpang Bangjo Banko - *Dump Hopper 5*. Data dikumpulkan secara primer melalui pengamatan langsung di lapangan, dan secara sekunder dari laporan dan literatur terkait. Pengolahan data melibatkan analisis geometri jalan, produktivitas alat angkut, tekanan tanah, serta perhitungan kebutuhan beton dan dampaknya terhadap produktivitas. Hasilnya digunakan untuk menghitung *benefit-cost ratio* rencana pembetonan jalan dan membandingkannya dengan teori yang ada.

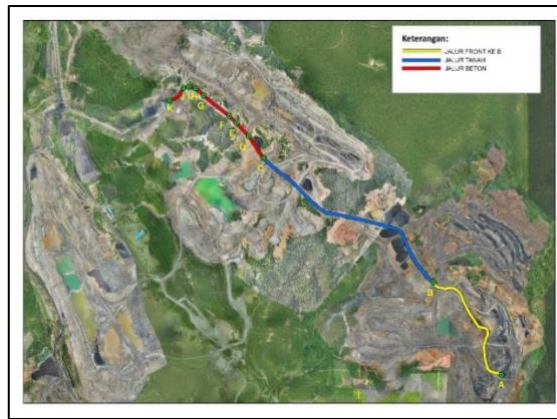


Sumber : Hasil Riset
Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kondisi jalan angkut dan produktivitas alat angkut sebelum pembetonan

Alat angkut batubara dapat bergerak leluasa dari Simpang Bangjo ke DH 5 sepanjang 1.743,83 meter, penting untuk memahami kondisi jalan angkut. Analisis ini dapat dilakukan dengan bantuan *software Global Mapper*.



. Sumber : Hasil Riset

Gambar 3. Segmen Jalan Rencana Pembetonan

Segmen jalan yang akan dilakukan pembetonan adalah segmen C (Simpang Bangjo) sampai segmen K (*Dump Hooper 5*).

Tabel 1. Kondisi jalan angkut Simpang Bangjo ke DH5 (segmen C-K)

Segmen	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H	H-I	I-J	J-K
Panjang (m)	329,65	227,59	120,14	414,11	136,12	83,48	56,80	375,94
Lebar (m)	28,61	24,37	24,63	33,09	36,68	28,10	31,10	15,2
Cross Slope (cm)	57,22	48,74	49,26	66,18	73,36	56,2	62,2	30,4
Jari-jari tikungan						10,29	16,8	
Superelevasi (°)						10,29	7,2	
Grade (%)	-4,83	0,59	-1,66	4,99	-2,92	3,9	-5,16	-3,74

Sumber : Data Riset

Didapat kondisi jalan angkut yang telah memenuhi kriteria standar jalan tambang sesuai Kepmen ESDM 1827/2018, maka tidak perlu dilakukan perbaikan geometri jalan.

Nilai *rolling resistance* yaitu 65 lb/ton dan *grade resistance* pada *dump truck* scania P360 Sebagai berikut:

Tabel 2. Grade resistance segmen C-K

Segmen	Bermuatan		Segmen	Kosong	
	Grade	GR		Grade	GR
C-D	-4,83	-96,6	K-J	3,74	74,8
D-E	0,59	11,8	J-I	5,16	103,2
E-F	-1,66	-33,2	I-H	-3,9	-78
F-G	4,99	99,8	H-G	2,92	58,4
G-H	-2,92	-58,4	G-F	-4,99	-99,8
H-I	3,9	78	F-E	1,66	33,2
I-J	-5,16	-103,2	E-D	-0,59	-11,8
J-K	-3,74	-74,8	D-C	4,83	96,6

Sumber: Data Riset

Didapat nilai grade yang berkorelasi nilai *grade resistance*, semakin besar nilai grade maka semakin pula tahanan kemiringan yang diberikan kepada alat angkut.

Tabel 3. Waktu tempuh *dump truck* scania P360 saat bermuatan

Segmen	Gear yang digunakan	Kecepatan (km/jam)	Jarak (km)	Waktu Tempuh Teoritis (detik)	Waktu tempuh aktual (detik)
C-D	4	25	0,330	47,47	46,48
D-E	5	40	0,228	20,48	21,11
E-F	5	40	0,120	10,81	11,32
F-G	4	30	0,414	49,69	51,06
G-H	4	25	0,136	19,60	21,18
H-I	4	25	0,083	12,02	13,44
I-J	3	20	0,057	10,22	11,38
J-K	3	20	0,376	67,67	69,43
TOTAL				237,97	245,38

Sumber: Data Riset

Tabel 4. Waktu tempuh *dump truck* scania P360 saat kosong

Segmen	Gear yang digunakan	Kecepatan (km/jam)	Jarak (km)	Waktu Tempuh Teoritis (detik)	Waktu tempuh aktual (detik)
K-J	3	15	0,375939	90,23	120,62
J-I	4	25	0,056799	8,18	8,79
I-H	4	30	0,083483	10,02	11,09
H-G	4	30	0,13612	16,33	18,11
G-F	5	40	0,414113	37,27	43,78
F-E	5	40	0,12014	10,81	10,23
E-D	5	40	0,227587	20,48	22,08
D-C	4	35	0,329653	33,91	36,86
TOTAL				227,23	271,55

Sumber: Data Riset

Didapat waktu tempuh aktual *dump truck* scania P360 dari segmen C-K saat bermuatan selama 245,38 detik dan sebaliknya saat kosong selama 271,55 detik. Hasil teoritis didapat dari pembagian jarak dan kecepatan *dump truck* per antar segmen serta waktu aktual merupakan waktu *dump truck* yang diambil langsung dilapangan.

Alat angkut yang digunakan pada kegiatan pengangkutan batubara pada pit E Banko Tengah PT. Bukit Asam Tbk adalah *Dump Truck* Scania P360. Cycle time 1 ritase *dump truck* tersebut dari front tambang menuju *Dump Hopper* 5 dan sebaliknya hasil pengambilan data primer di lapangan adalah 2.761,07 detik, dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 5. Cycle time *dump truck* scania P360 sebelum pembetonan

Deskripsi	Waktu Tempuh (detik)
Loading di Front Tambang	181,72
Segmen A-B	387,01
Segmen B-C	583,80
Segmen C-K	245,38
Dumping & Manuver di DH 5	188,74
Segmen K-C	271,55
Segmen C-B	464,57
Segmen B-A	379,33
Manuver di Front Tambang	58,97
TOTAL	2.761,07

Sumber : Data Riset

Data *cycle time* tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung produktivitas alat angkut *Dump Truck* Scania P360 yang disajikan pada Tabel 4.8. Dari perhitungan, didapatkan bahwa produktivitas alat angkut *Dump Truck* Scania P360 sebesar 23,81 Ton/jam.

Tabel 6. Produktivitas *dump truck* scania P360 sebelum pembetonan

Kapasitas <i>bucket</i> (Kb)	3,2 m ³
<i>Cycle time</i> (Ci)	2761,07 Detik
Fill factor (Ff)	0,90
Swell Factor (Sf)	0,74
Densitas	1,26 Ton/m ³
Effisiensi kerja	0,85
N (Banyak pengisian)	8
Produktivitas	23,81 Ton/jam

Sumber : Data Riset

Analisis kondisi jalan angkut dan produktivitas alat angkut setelah pembetonan

Pembetonan jalan angkut menyebabkan beberapa perubahan kepada variabel-variabel jalan angkut. Setelah dilakukan pembetonan jalan angkut nilai *rolling resistance* yaitu 20 lb/ton.

Pembetonan jalan angkut mengurangi *rolling resistance* dari 65 lb/ton menjadi 20 lb/ton, yang berpengaruh pada rimpull dan waktu tempuh alat angkut. Berdasarkan perhitungan, waktu tempuh *dump truck* Scania P360 dari Titik C ke Titik K setelah pembetonan adalah 114,36 detik, lebih cepat 131,02 detik dibandingkan sebelum pembetonan

Tabel 7. Waktu tempuh *dump truck* scania P360 saat bermuatan

Segmen	Total Rimpull	Gear yang digunakan	Kecepatan (km/jam)	Jarak (km)	Waktu Tempuh (detik)
C-D	-2.257,77	8	80	0,330	14,83
D-E	2.066,30	8	80	0,228	10,24
E-F	271,25	8	80	0,120	5,41
F-G	5.576,62	4	30	0,414	49,69
G-H	-733,98	8	80	0,136	6,13
H-I	4.707,02	5	35	0,083	8,59
I-J	-2.521,05	8	80	0,057	2,56
J-K	-1.388,17	8	80	0,376	16,92
TOTAL					114,36

Sumber : Data Riset

Setelah pembetonan, waktu tempuh *dump truck* Scania P360 dalam kondisi kosong dari Titik K ke Titik C adalah 83,17 detik, lebih cepat 188,38 detik dibandingkan sebelum pembetonan

Tabel 8. Waktu tempuh *dump truck* scania P360 saat kosong

Segmen	Total Rimpull	Gear yang digunakan	Kecepatan (km/jam)	Jarak (km)	Waktu Tempuh (detik)
K-J	2.304,04	8	80	0,375939	16,92
J-I	2.874,02	7	63	0,056799	3,25
I-H	-762,66	8	80	0,083483	3,76
H-G	1.974,89	8	80	0,13612	6,13
G-F	-1.200,19	8	80	0,414113	18,64
F-E	1.469,12	8	80	0,12014	5,41
E-D	565,97	8	80	0,227587	10,24
D-C	2.741,56	7	63	0,329653	18,84
TOTAL					83,17

Sumber : Data Riset

Alat angkut yang digunakan pada kegiatan pengangkutan batubara pada pit E Banko Tengah PT. Bukit Asam Tbk adalah *Dump Truck* Scania P360 setelah dilakukan pembetonan dengan alat angkut ini pada perhitungan teoritis maka didapat *cycle time* dari *front* ke *Dump Hopper 5* kemudian ke *front* kembali selama 2.441,66 detik lebih cepat 319,41 detik.

Tabel 9. Cycle time dump truck scania P360 setelah pembetonan

Segmen	Total Rimpull	Gear yang digunakan	Kecepatan (km/jam)	Jarak (km)	Waktu Tempuh (detik)
C-D	-2.257,77	8	80	0,330	14,83
D-E	2.066,30	8	80	0,228	10,24
E-F	271,25	8	80	0,120	5,41
F-G	5.576,62	4	30	0,414	49,69
G-H	-733,98	8	80	0,136	6,13
H-I	4.707,02	5	35	0,083	8,59
I-J	-2.521,05	8	80	0,057	2,56
J-K	-1.388,17	8	80	0,376	16,92
TOTAL					114,36

Sumber : Data Riset

Data *cycle time* tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung produktivitas alat angkut *Dump Truck* Scania P360 yang disajikan pada Tabel 4.12. Dari perhitungan, didapatkan bahwa produktivitas alat angkut *Dump Truck* Scania P360 sebesar 28,51 Ton/jam.

Tabel 10. Produktivitas dump truck scania P360 setelah pembetonan

Segmen	Total Rimpull	Gear yang digunakan	Kecepatan (km/jam)	Jarak (km)	Waktu Tempuh (detik)
C-D	-2.257,77	8	80	0,330	14,83
D-E	2.066,30	8	80	0,228	10,24
E-F	271,25	8	80	0,120	5,41
F-G	5.576,62	4	30	0,414	49,69
G-H	-733,98	8	80	0,136	6,13
H-I	4.707,02	5	35	0,083	8,59
I-J	-2.521,05	8	80	0,057	2,56
J-K	-1.388,17	8	80	0,376	16,92
TOTAL					114,36

Sumber : Data Riset

Dari perhitungan, didapatkan bahwa produktivitas alat angkut *Dump Truck* Scania P360 setelah pembetonan adalah sebesar 28,51 Ton/jam. Produktivitas ini meningkat sebesar 4,70 ton/jam dari produktivitas sebelum dilakukan pembetonan.

Analisis daya dukung tanah (DDT), konstruksi jalan beton dan profil segmen jalan beton.

Jalan tanah dasar rencana perkerasan jalan angkut merupakan jalan yang sangat compact dikarenakan sudah bertahun-tahun terkompaksi atau di press oleh alat-alat berat yang melewati jalan tersebut. Untuk menentukan mutu beton, maka dilakukan perhitungan *ground pressure* untuk mengetahui tekanan alat angkut yang akan diterima oleh segmen jalan yang akan dibeton,

Tabel 11. Ground pressure pada alat angkut pada segmen C-K

Keterangan	Nilai	Satuan
Berat DT bermuatan	39.890	kg
Berat DT kosong	20.070	kg
Luas permukaan ban yang menyentuh tanah	2.521,35	cm ²
Jumlah roda (n)	8	unit
Jenis tanah dasar (<i>compact gravel and boulder</i>)	20	lb/sqft

Ground pressure depan (40%)	1,19	kg/cm ²
Ground pressure belakang (60%)	1,78	kg/cm ²
Ground pressure 1 DT	6.09	lb/sqft
Ground pressure 1 DT	0,29	Mpa
Grand total Ground Pressure	59,18	Mpa

Sumber : Data Riset

Hasil evaluasi dari *ground pressure* yang diberikan pada *dump truck* sebesar 6,09 lb/sqft. Yang dimana jalan layak/ bisa lakukan pembetonan dengan lapisan dasar jalan yaitu berjenis compact gravel and boulder bernilai 20 lb/sqft. (*Ground Pressure* < Nilai kekuatan tanah dasar).

Pada konstruksi beton diperlukan mutu beton dengan kekuatan yang lebih besar dari 59,18 Mpa agar dapat menopang beban alat angkut yang melintas. Beton yang digunakan adalah Beton Mutu Tinggi yang digunakan yaitu lean mix concrete K-200 dan Beton K-550 dengan jumlah kekuatan sebesar 61 Mpa dikarenakan jalan akan diberikan *Ground Pressure* sebesar 59,18 Mpa. (*Ground Pressure* < Kekuatan beton).

Tabel 12. Spesifikasi konstruksi jalan beton segmen C-K

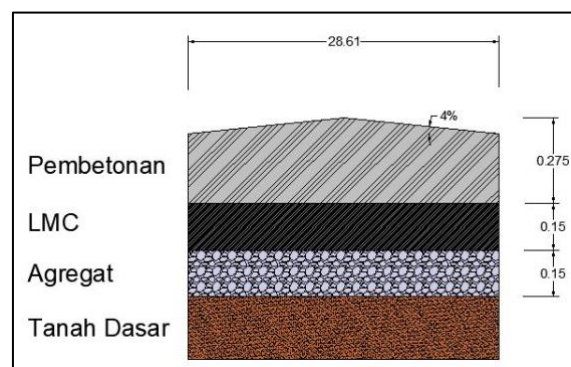
Keterangan	Nilai	Satuan
Ketebalan Agrerat Kelas A	150	mm
Ketebalan <i>Lean Mix Concrete</i> (LMC) K-200	150	mm
Ketebalan Beton K-550	275	mm
Total Volume Agrerat Kelas A	6.968,88	M ³
Total Volume <i>Lean Mix Concrete</i> (LMC) K-200	6.968,88	M ³
Total Volume Beton K-550	12.776,28	M ³

Sumber : Data Riset

Ketebalan agrerat, *lean mix concrete* dan beton mengikuti standar pelaksanaan pekerjaan beton untuk jalan dan jembatan dari departemen pekerjaan umum. Total volume merupakan keseluruhan material yang dibutuhkan untuk konstruksi jalan beton.

Profil segmen jalan beton merupakan konstruksi jalan beton yang direncanakan.

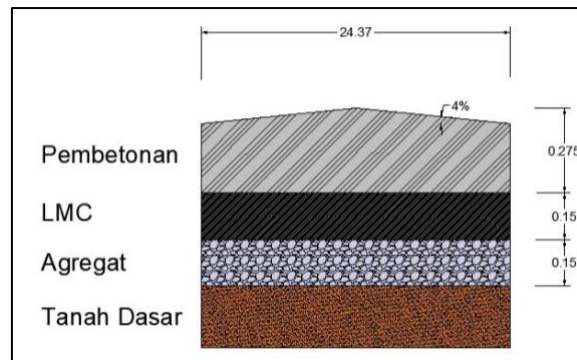
Segmen jalan beton C-D memiliki total ketebalan yang menjadi ketinggian jalan setinggi 0,575 meter termasuk agrerat kelas A setinggi 0,15 meter, *lean mix concrete* K-200 setinggi 0,15 meter dan beton jalan K-550 setinggi 0,275 meter dan lebar jalan selebar 28,61 meter serta total volume keseluruhannya sebesar 5.423,04 meter.



Sumber : Hasil Riset

Gambar 4. Profil Segmen Jalan Beton C-D Banko Tengah

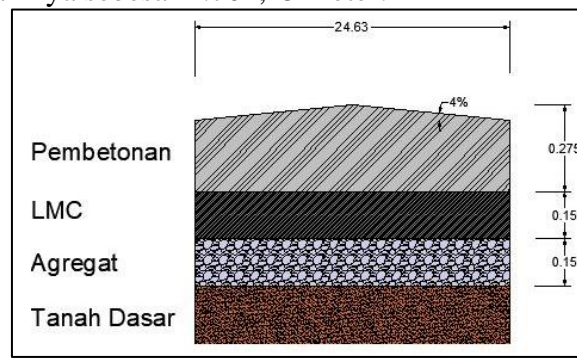
Segmen jalan beton D-E memiliki total ketebalan yang menjadi ketinggian jalan setinggi 0,575 meter termasuk agrerat kelas A setinggi 0,15 meter, *lean mix concrete* K-200 setinggi 0,15 meter dan beton jalan K-550 setinggi 0,275 meter dan lebar jalan selebar 24,37 meter serta total volume keseluruhannya sebesar 3.189,12 meter.



Sumber : Hasil Riset

Gambar 5. Profil Segmen Jalan Beton D-E Banko Tengah

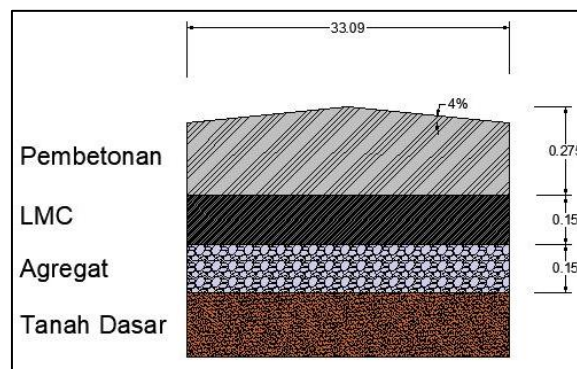
Segmen jalan beton E-F memiliki total ketebalan yang menjadi ketinggian jalan setinggi 0,575 meter termasuk agrerat kelas A setinggi 0,15 meter, *lean mix concrete* K-200 setinggi 0,15 meter dan beton jalan K-550 setinggi 0,275 meter dan lebar jalan selebar 24,63 meter serta total volume keseluruhan nya sebesar 1.701,45 meter.



Sumber : Hasil Riset

Gambar 6. Profil Segmen Jalan Beton E-F Banko Tengah

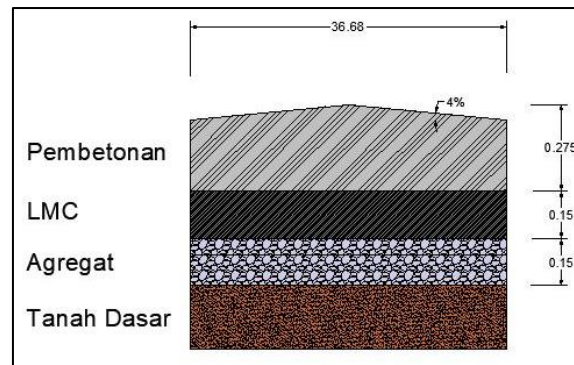
Segmen jalan beton F-G memiliki total ketebalan yang menjadi ketinggian jalan setinggi 0,575 meter termasuk agrerat kelas A setinggi 0,15 meter, *lean mix concrete* K-200 setinggi 0,15 meter dan beton jalan K-550 setinggi 0,275 meter dan lebar jalan selebar 33,09 meter serta total volume keseluruhan nya sebesar 7.879,22 meter.



Sumber : Hasil Riset

Gambar 7. Profil Segmen Jalan Beton F-G Banko Tengah

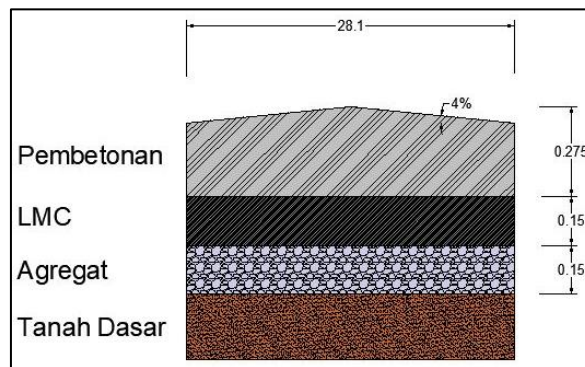
Segmen jalan beton G-H memiliki total ketebalan yang menjadi ketinggian jalan setinggi 0,575 meter termasuk agrerat kelas A setinggi 0,15 meter, *lean mix concrete* K-200 setinggi 0,15 meter dan beton jalan K-550 setinggi 0,275 meter dan lebar jalan selebar 36,68 meter serta total volume keseluruhan nya sebesar 2.870,91 meter.



Sumber : Hasil Riset

Gambar 8. Profil Segmen Jalan Beton G-H Banko Tengah

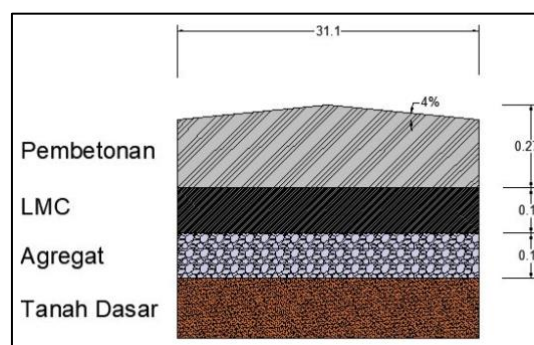
Segmen jalan beton H-I memiliki total ketebalan yang menjadi ketinggian jalan setinggi 0,575 meter termasuk agrerat kelas A setinggi 0,15 meter, *lean mix concrete* K-200 setinggi 0,15 meter dan beton jalan K-550 setinggi 0,275 meter dan lebar jalan selebar 28,1 meter serta total volume keseluruhan nya sebesar 1.348,88 meter.



Sumber : Hasil Riset

Gambar 9. Profil Segmen Jalan Beton H-I Banko Tengah

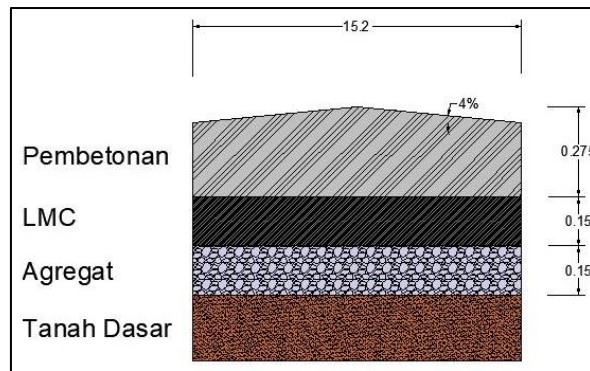
Segmen jalan beton I-J memiliki total ketebalan yang menjadi ketinggian jalan setinggi 0,575 meter termasuk agrerat kelas A setinggi 0,15 meter, *lean mix concrete* K-200 setinggi 0,15 meter dan beton jalan K-550 setinggi 0,275 meter dan lebar jalan selebar 31,1 meter serta total volume keseluruhan nya sebesar 1.015,71 meter.



Sumber : Hasil Riset

Gambar 10. Profil Segmen Jalan Beton I-J Banko Tengah

Segmen jalan beton J-K memiliki total ketebalan yang menjadi ketinggian jalan setinggi 0,575 meter termasuk agrerat kelas A setinggi 0,15 meter, *lean mix concrete* K-200 setinggi 0,15 meter dan beton jalan K-550 setinggi 0,275 meter dan lebar jalan selebar 15,2 meter serta total volume keseluruhan nya sebesar 3.285,71 meter.



Sumber : Hasil Riset

Gambar 11. Profil Segmen Jalan Beton J-K Banko Tengah

Analisis *benefit and cost ratio*

Benefit tangible akan diperhitungkan dari dampak ekonomis dari potensi-potensi penambahan produksi maupun potensi penghematan biaya yang timbul akibat pembetonan jalan,

1. Penambahan produksi batubara akibat peningkatan produktivitas *dump truck*

Setelah pembetonan, produktivitas meningkat dari 23,81 Ton/jam menjadi 28,51 Ton/jam, atau meningkat sebesar 4,70 ton/jam. Dengan asumsi jam jalan efektif sebesar 4.366 jam per tahun, maka penambahan produksi batubara mencapai 20.512 Ton/tahun/DT atau setara dengan penambahan produksi sebesar 1.148.670 Ton/tahun untuk 8 *fleet* batubara yang *dumping* ke *Dump Hopper 5*. Mengacu pada harga batubara ICI 3 sebesar \$84,76 per ton dan HPP Banko Tengah hingga Pelabuhan (termasuk royalti) sebesar \$70,12 per ton, maka asumsi keuntungan atas penambahan produksi ini mencapai Rp 256,29 miliar dalam 1 tahun atau setara dengan Rp 1,28 triliun dalam 5 tahun.

2. Penambahan produksi batubara akibat *slippery time*

Setelah pembetonan, jam jalan efektif meningkat dari 4.366 jam/tahun menjadi 4.631 jam/tahun, atau meningkat sebesar 265 jam. Dengan peningkatan jam jalan efektif tersebut, maka penambahan produksi batubara mencapai 422.889 Ton/Tahun untuk 8 *fleet* batubara yang *dumping* ke *Dump Hopper 5*. Mengacu pada harga batubara ICI 3 sebesar \$84,76 per ton dan HPP Banko Tengah hingga Pelabuhan (termasuk royalti) sebesar \$70,12 per ton, maka asumsi keuntungan atas penambahan produksi ini mencapai Rp 94,35 miliar dalam 1 tahun atau setara dengan Rp 147,78 miliar dalam 5 tahun.

3. Penghematan akibat pengurangan unit *motor grader*

Dengan pengurangan 1 unit motor grader dengan biaya sewa sebesar Rp 1.246.700/jam, maka menghasilkan penghematan biaya sebesar Rp 4,4 miliar per tahun atau setara dengan Rp 22 miliar dalam 5 tahun.

4. Penghematan akibat pengurangan solar unit *motor grader*

Dengan pembetonan jalan sepanjang 1,74 km, kebutuhan *motor grader* berkurang 1 unit. Setiap *motor grader* membutuhkan 26,50 liter solar per jam, dan dengan jam jalan efektif 3.535 jam per tahun, penghematan solar mencapai 93.670 liter per tahun. Dengan harga solar Rp 24.250 per liter, pengurangan biaya mencapai Rp 2,27 miliar per tahun, atau Rp 11,35 miliar dalam 5 tahun.

5. Penghematan akibat pengurangan solar unit *motor grader*

Dengan pembetonan jalan sepanjang 1,74 km, kebutuhan *motor grader* berkurang 1 unit. Setiap *motor grader* membutuhkan 26,50 liter solar per jam, dan dengan jam jalan efektif 3.535 jam per tahun, penghematan solar mencapai 93.670 liter per tahun. Dengan harga solar Rp 24.250 per liter, pengurangan biaya mencapai Rp 2,27 miliar per tahun, atau Rp 11,35 miliar dalam 5 tahun.

Benefit intangible akan dideskripsikan dari dampak baik lainnya yang secara tidak langsung ikut muncul setelah dilakukan pembetonan jalan.

1. Peningkatan masa pakai ban *dump truck*

Permukaan jalan akan berpengaruh langsung terhadap kondisi ban *dumptruck* yang berkenan langsung dengan permukaan jalan tersebut. Dengan adanya segmen jalan sepanjang 1,74 Km yang dibeton, maka permukaan jalan akan relatif lebih baik dibandingkan kondisi sebelum dibeton. Dengan demikian, kondisi jalan setelah dibeton akan membantu pengoptimalan masa pakai ban *dump truck*.

2. Peningkatan debu tambang

Permukaan jalan yang dibeton tidak lagi menimbulkan debu seperti kondisi jalan sebelum dibeton. Dengan demikian, ketebalan debu di sepanjang jalan yang dibeton akan berkurang. Hal ini akan berdampak positif terhadap keselamatan operasional pengangkutan batubara karena jarak pandang terjaga dengan baik.

Cost adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembetonan jalan yang direncanakan. Jalan sepanjang 1.743,83 meter direncanakan untuk pembetonan. Biaya *lean mix concrete* (LMC) adalah Rp. 820.000 per meter kubik, dan beton K-550 sebesar Rp. 1.150.000 per meter kubik. Material agregat kelas A tidak diperhitungkan karena sudah tersedia di lokasi.

Tabel 13. Cost pembetonan jalan

Material	Harga per m ³	Total volume	Total harga (Rupiah)
<i>Lean mix concrete</i> K-200	Rp 820.000	6.968,88 m ³	Rp 5.714.480.430
Beton K-550	Rp 1.150.000	12.776,28 m ³	Rp 14.692.718.992
Total			Rp 20.407.199.422

Sumber: Data Riset

Biaya total dari *lean mix concrete* (LMC) K-200 sebesar Rp 5.714.480.430,27 dan biaya total dari Beton K-550 sebesar Rp 14.692.718.992,46, maka biaya total yang diperlukan untuk pembetonan jalan segmen Simpang Bangjo ke *Dump Hopper 5* sepanjang 1,74 km adalah sebesar Rp 20.407.199.422,73.

Sebagai ukuran layak atau tidaknya rencana pembetonan jalan dari Simpang Bangjo Banko sampai *Dump Hopper 5*, maka dilakukan perhitungan kelayakan menggunakan analisis *benefit and cost ratio* sebagai berikut :

Tabel 14. Benefit and cost ratio

No	Uraian	Umur (tahun)	Jumlah
A BENEFIT			
<i>A.1 Tangiabel Benefit</i>			
A.1.1	Penambahan Produksi Batubara (Karena Peningkatan Produktivitas)	5	Rp 1.281.470.901.149
A.1.2	Penambahan Produksi Batubara (Karena Berkurang Slippery)	5	Rp 471.780.148.066
A.1.3	Pengurangan Unit Grader	5	Rp 22.037.719.141
A.1.4	Penghematan Solar Unit Grader	5	Rp 11.357.437.386
A.1.5	Penghematan Solar Unit Watertruck	5	Rp 228.440.511
<i>A.2 Intangible Benefit</i>			
A.2.1	Masa pakai ban <i>dump truck</i> lebih lama	5	
A.2.2	Pengurangan debu jalan tambang	5	
TOTAL BENEFIT			Rp 1.786.874.646.253
B COST			

B.1	Biaya pelat beton K-550	1	Rp 14.692.718.992,46
B.2	Biaya <i>lean mix concrete</i> K-200	1	Rp 5.714.480.430,27
Total	Total of Cost		Rp 20.407.199.423
Benefit and Cost Ratio (B/C)			88

Sumber: Data Riset

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap *benefit* maupun *cost* yang ditimbulkan dari rencana pembetonan jalan tersebut didapatkan nilai BCR sebesar 88 ($BCR > 1$) yang artinya rencana tersebut layak dilaksanakan.

KESIMPULAN

Geometri Jalan Eksisting: Panjang 1,74 km, lebar 15,2–36,68 m, cross slope 30,4–73,36 cm, jari-jari tikungan 10,29 m, superelevasi 16,8° & 7,2°, grade <8%, produktivitas alat angkut 23,81 ton/jam. Rencana Pembetonan: Konstruksi beton setebal 0,675 m dengan kekuatan 61,07 MPa untuk menahan tekanan 59,18 MPa. Manfaat Proyek: Manfaat total Rp 1,78 triliun dalam 5 tahun, termasuk peningkatan produksi, pengurangan biaya grader dan solar, serta masa pakai ban lebih lama. Biaya proyek Rp 20,41 miliar, dengan rasio manfaat terhadap biaya (B/C) sebesar 88, layak dilaksanakan..

REFERENSI

- Basuki, W., Oktavia, M., & Elfistoni, A. (2020). *Perhitungan kebutuhan unit dump truck berdasarkan match factor dan teori antrian pada penambangan batubara di PT Kamalindo Sompurna Kecamatan Pelawatan Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi. Jurnal Mine Magazine, 1(2)*, 1-7. Muara Bungo: Universitas Muara Bungo.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Pelaksanaan pekerjaan beton untuk jalan dan jembatan (Pd T-07-2005-B)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Leweherilla, N. M. Y., Amahoru, J., & Kelbulan, M. (2020). *Analisis perencanaan tebal perkerasan lentur dengan menggunakan metode manual desain perkerasan (MDP) 2018 pada ruas jalan Desa Lauran Kecamatan Tanimabr Selatan Kabupaten Kepulauan Tanimbar. Jurnal MANUMATA, 8(1)*, 20-27. Ambon: Universitas Kristen Indonesia Maluku.
- Mubarak, M., Rulhendri, & Syaiful. (2020). *Perencanaan peningkatan perkerasan jalan beton pada ruas jalan Babakan Tengah Kabupaten Bogor. ASTONJADRO: Jurnal Rekayasa Sipil, 9(1)*, 1-13. Bogor: Universitas Ibn Khaldun.
- Putra, I. L., & Yulhendra, D. (2021). *Evaluasi kinerja ban HD 785-7 dan 777 pada jalan angkut tambang dari Front 2 ke Crusher 2 ke Crusher III A dan III B penambangan batu kapur PT Semen Padang. Jurnal Bina Tambang, 6(1)*, 239-250. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Rahman, M. A., Nurhakim, Riswan, Noure, A. B., & Joetra, R. (2016). *Analisa kelayakan jalan angkut tambang berdasarkan geometri dan material perkerasan jalan. Jurnal GEOSAPTA, 2(2)*, 113-115. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat.
- Sahrul, Nurfasiha, & Jamaluddin, F. (2023). *Perancangan geometri jalan tambang pada PT Aneka Nusantara Internasional di Kecamatan Bunta Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah. Indonesia Mining Professional Journal, 3(1)*, 21-28. Kolaka: Universitas Sembilanbelas November.
- Sanjaya, H. T., & Hutapea, R. O. M. (2020). *Geometri jalan angkut dan jari-jari tikungan menggunakan teori AASHTO pada PT Pro Interteh Indonesia Kota Sorong Provinsi Papua Barat. Jurnal Penelitian Tambang, 3(2)*, 98-102. Manokwari: Universitas Papua.
- Saputra, F. (2018). *Kajian produktivitas alat muat dan alat angkut pada pengupasan overburden di Pit S5 Selatan. Indonesia Mining and Energy Journal, 1(1)*, 29-39. Jakarta: Universitas Trisakti.

- Suri, V. N., Achnopa, Y., & Zahar, W. (2020). *Kajian teknis geometri jalan angkut dari front menuju stockpile di PT Seluma Prima Coal Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi*. *Jurnal Teknik Kebumihan*, 6(1), 20-28. Jambi: Universitas Jambi.
- Suwandhi, A. (2004). *Diklat perencanaan tambang terbuka*. Bandung: Universitas Islam Bandung.
- Trisna, N., Mahessya, R. A., & Elva, Y. (2020). *Analisis kelayakan suatu produksi usaha UD. Pelita Kita dengan metode benefit cost ratio*. *Journal of Science and Social Research*, 2, 297-301. Padang: Universitas Putra Indonesia YPTK.