

OPTIMASI PEMELIHARAAN JALAN BERBASIS AKSESIBILITAS METODE ENUMERASI (STUDI KASUS: PUWEKERTO-CILACAP)

ROAD MAINTENANCE OPTIMAZATION BASED ON ENUMERATION METHOD ACCESSIBILITY (CASE STUDY: PUWEKERTO-CILACAP)

¹Ninche Evinda, ²Nahdalina

^{1,2}Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Gunadarma

¹ninche.evinda@gmail.com, ²nahdalina70@gmail.com

Abstrak

Permasalahan kerusakan jalan akibat keterbatasan dana seringkali diabaikan dan merugikan banyak pihak terutama pengguna jalan, sehingga aksesibilitas di wilayah tersebut menjadi terganggu. Tujuan pada penelitian ini adalah pemeliharaan jalan dengan menurunkan biaya pengguna jalan dan menciptakan aksesibilitas maksimum jaringan jalan dalam setiap kombinasi dengan beberapa skenario anggaran untuk dipilih sebagai opsi pilihan apabila terjadi keterbatasan biaya pemeliharaan jalan. Penelitian dilakukan dengan mengimplementasikan optimasi pada pemodelan di wilayah Purwekerto-Cilacap menggunakan metode enumerasi dengan mengkombinasikan pemeliharaan aktual dengan pemeliharaan rutin dalam sejumlah iterasi, dan aksesibilitas maksimum yang dihitung berbasis gravity model, serta dengan pilihan rute termurah. Hasil analisis aksesibilitas total kedua arah sebelum pemeliharaan sebesar 3.20972 sedangkan setelah pemeliharaan sebesar 4.95315, dan skenario kombinasi menunjukkan pada skenario 50% anggaran dari estimasi biaya pemeliharaan ini terdapat beberapa kombinasi yang tetap memberikan nilai aksesibilitas maksimum sebesar 4.95315 yaitu sama dengan aksesibilitas maksimum apabila seluruh ruas jalan ditangani sesuai dengan kebutuhan, kondisi ini dapat dikarenakan bahwa ruas-ruas jalan yang diteliti ini masih dalam kondisi baik dan rusak sedang. Estimasi biaya pemeliharaan pada skenario 50% tersebut terdapat 579 pilihan kombinasi dengan pilihan biaya pemeliharaan berada pada rentang sebesar (0.47-0.92) Triliyun, sehinggal biaya paling minimum pemeliharaan jalan yang dapat dipilih berada pada nilai 0.47 Triliyun, yaitu pada kombinasi ke 111110, 102966, 103078, dan 102958. Hal ini dapat menggambarkan bahwa rute yang terpilih pada skenario 50% ini dapat dioptimalkan untuk dipelihara dengan biaya minimum sebesar 0.47 Triliyun dengan memberikan penambahan nilai aksesibilitas wilayah lebih besar 54% dibandingkan sebelum pemeliharaan jalan.

Kata Kunci : enumerasi, gravity model, aksesibilitas, biaya pemeliharaan

Abstract

The problem of road damage due to limited funds is often ignored and is detrimental to many parties, especially road users so that accessibility in the area is disrupted. The purpose of this research is road maintenance by reducing travel costs for road users, and create maximum accessibility for the road network in each combination forme, and then making several budget scenarios to be selected as an option if this section has limited road maintenance cost cases. This road maintenance optimization has been implemented on the road network model in the Purwokerto-Cilacap area by combining actual maintenance and routine maintenance which formed iterations based on the enumeration method, and maximum accessibilities have been calculated with selected routes with the lowest travel costs, based on the gravity model. The accessibility results are 3.20972 before maintenance modeling and 4.95315 after maintenance modeling, and the combined scenario analysis shows that in the 50% budget scenario of the

estimated maintenance costs, there are several combinations that still provide maximum accessibility are 4.95315, such as all roads are handled in accordance with the needed, which could be because the roads under investigation are still in decent shape and only slightly deteriorated. The estimated maintenance costs in the 50% scenario include 579 combination options, with options ranging from (0.47-0.92) trillion in maintenance costs, resulting in a minimum cost of road maintenance of 0.47 trillion, consisting of combinations 110854, 106758, 110854, and 106758. So, in the 50% scenario, the chosen route can be optimized for maintenance at a cost of 0.47 trillion and then which can provide an additional 54% regional accessibility rather than the accessibility before roads maintenance.

Keywords: enumeration, gravity model, accessibility, maintenance cost

PENDAHULUAN

Kerusakan jalan merupakan masalah yang dapat merugikan banyak pihak salah satunya pada pengguna jalan (Sadasivam & Mallela, 2015), dimana dampak yang terjadi seperti membuat terhambatnya lalu lintas (Apriliyanto & Sudibyoy, 2018), waktu tempuh yang lama, kecelakaan, dan lain-lain (Munggarani & Wibowo, 2017).

Sehingga aksesibilitas wilayah tersebut menjadi buruk yaitu menghambat kegiatan masyarakat serta berdampak negatif dalam pengembangan perekonomian wilayah (Kadarisman, 2015). Menurut Bina Marga kerusakan jalan harus segera ditangani dengan pemeliharaan karena jika diabaikan dan mengalami keterlambatan pemeliharaan akan mengakibatkan kerusakan yang semakin parah dan biaya untuk melakukan perbaikan. atas kerusakan jalan juga semakin besar. Sejarah kerusakan jalan yang sering diabaikan akibat terkendala anggaran pada beberapa ruas jalan di Provinsi Jawa Tengah pernah terjadi diantaranya pada tahun 2005, di mana menurut (Kemen PUPR, 2006) Jawa Tengah pernah mengalami kerusakan jalan Nasional berat akibat dari terbatasnya dana yang dimiliki pemerintah pusat, dan kerusakan jalan yang diabaikan terjadi kembali yaitu pada tahun 2019 ini, yaitu pada sejumlah ruas jalan Provinsi yang rusak di wilayah Cilacap (Radar Banyumas, 2019) sehingga aktivitas masyarakat yang melintasi jalan tersebut merasa terganggu, oleh karena itu dibutuhkan aspek penilaian kondisi jalan dalam pemeliharaan jalan (Zanuardi et al., 2020)

untuk mewujudkan kinerja jalan yang baik. Aspek penilaian kondisi jalan dan kinerja jalan ini salah satunya dapat memanfaatkan indeks aksesibilitas sebagai indikator manfaat yang didapat oleh pengguna jalan dengan biaya perjalanan yang paling minimum dalam mencapai suatu tempat (Nahdalina et al., 2018). Sedangkan model matematis dalam penelitian yang telah dilakukan untuk optimasi pemeliharaan jalan dengan mempertimbangkan biaya penanganan jalan sebagai hambatan seperti oleh (Zukhruf et al., 2019) menggunakan *Sub Gradient Optimazation* berbasis Lagrang; (Nope et al., 2017) menggunakan Simpleks dan Statistik; (Nahdalina et al., 2018) menggunakan *Full Enumeration* dan *Bi-Level Genetic Algorithm*; dan (Hamdi et al., 2017) menggunakan *Genetic Algorithm* (GA) berbasis *Multi Objectives Programming*. Metode enumerasi ini dipilih karena persamaan matematika dalam pemodelan ini sederhana dan dapat diolah menggunakan *spreadsheet* excel, namun pada lembar kerja excel terbatas kurang lebih terdiri dari 16.384 kolom, sehingga dalam pemodelan jaringan ini lebih sesuai untuk jaringan yang sederhana yaitu cukup dalam menggambarkan pemodelan enumerasi. Jaringan jalan yang di pilih berada pada Provinsi Jawa Tengah yaitu pada rute-rute yang menghubungkan antar wilayah Kabupaten Purwokerto-Cilacap. Oleh sebab itu, berdasarkan penjelasan di atas yaitu dalam penelitian ini akan dilakukan optimasi pemeliharaan jalan berbasis aksesibilitas maksimum menggunakan metode enumerasi

dengan studi kasus wilayah Kabupaten Purwokerto-Cilacap.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menghitung daya tarik antar centroid yaitu aksesibilitas maksimum sebagai aspek manfaat dengan menghitung estimasi biaya pengguna jalan sebagai parameter hambatan antar centroid.
2. Membuat kombinasi enumerasi sebagai opsi pilihan pemeliharaan jalan dengan menghitung estimasi pemodelan biaya pemeliharaan dalam kombinasi kondisi aktual dengan kondisi rutin berdasarkan nilai kerusakan jalan atau data IRI.

3. Membuat beberapa skenario anggaran sebagai batasan dalam pemilihan model kombinasi yang optimum apabila terjadi keterbatasan alokasi anggaran biaya pemeliharaan jalan.

KAJIAN PUSTAKA

Pemeliharaan Jalan

Standar pemeliharaan jalan merujuk pada Peraturan Nomor: 13/PRT/M/2011 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2011) di mana pemeliharaan jalan terdiri dari pemeliharaan rutin, berkala, rehabilitasi, dan rekonstruksi atau peningkatan struktur berdasarkan nilai tingkatan IRI seperti pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1 Kriteria Kondisi Jalan berdasarkan Nilai IRI pada Tipe Permukaan

JALAN ASPAL		JALAN PENMAC		JALAN TANAH/KERIKIL	
Baik	IRI <= 4	Baik	IRI <= 8	Baik	IRI <= 10
Sedang	IRI > 4 & IRI <= 8	Sedang	IRI > 8 & IRI <= 10	Sedang	IRI > 10 & IRI <= 12
Rusak Ringan	IRI > 8 & IRI <= 12	Rusak Ringan	IRI > 10 & IRI <= 12	Rusak Ringan	IRI > 12 & IRI <= 16
Rusak Berat	IRI > 12	Rusak Berat	IRI > 12	Rusak Berat	IRI > 16

(Sumber : Bina Marga)

Persamaan estimasi biaya pemeliharaan jalan berdasarkan kondisi IRI dapat ditulis sebagai berikut ini :

$$Bep_z = \sum_{z=1} (p_z \times l_z) \times C_{z,m} \quad (1)$$

Keterangan:

- Bep_z = Estimasi biaya pemeliharaan jalan per ruas (Rp)
 z = Tipe pemeliharaan jalan
 p_z = Panjang ruas jalan (m)
 l_z = Lebar ruas jalan (m)
 C_{z,m} = Harga satuan pemeliharaan (Rp/m²)

Aksesibilitas

Aksesibilitas dapat menggambarkan tingkat pelayanan dari sistem transportasi yaitu mengukur kemudahan suatu lokasi untuk

dicapai (Behavior et al., 1976), dan oleh (Bertolini et al., 2005) mendefinisikan aksesibilitas adalah menyatakan “apa” dan “bagaimana” suatu lokasi dapat dicapai. Secara umum menurut (Litman, 2011) aksesibilitas menunjukkan kemungkinan interaksi atau adanya kesempatan yang dimiliki oleh individu di suatu lokasi tertentu untuk mengambil bagian atau rangkaian kegiatan tertentu, baik berupa barang, jasa, ataupun aktivitas dan tujuan yang dibutuhkan. Konseptualisasi aksesibilitas ini bersifat konsep multidimensi yaitu menurut (Geurs & Wee, 2004) terdiri dari dimensi transportasi, dimensi penggunaan lahan, dimensi temporal dan dimensi individu.

Sehingga menurut (Cascetta et al., 2013) aksesibilitas ini tergantung dari subjek yang terlibat (karakteristik sosial dan ekonomi), kuantitas, kualitas, lokasi dan

peluang (aktivitas) yang dipertimbangkan, serta atribut LOS.

Impedansi yang digunakan dalam mengukur indeks aksesibilitas itu sendiri dapat dinyatakan dalam bentuk jarak, waktu, biaya, dan tergantung dari tujuan yang dibutuhkan (Matisziw & Grubestic, 2010). Banyak peneliti yang telah mengembangkan variabel dalam mengukur aksesibilitas dalam mewakili peluang pembangunan ekonomi wilayahnya. Adapun persamaan aksesibilitas dalam penelitian oleh (Linneker & Spence, 1992) yaitu di mana menyatakan bahwa distribusi massa yang terlibat dalam perjalanan antar centroid diasumsikan memiliki level yang sama dibagi dengan biaya perjalanan sebagai impedansinya. Aksesibilitas dengan formula tersebut yang dikembangkan dari konsep dasar model gravitasi menurut (Hansen, 1959) yaitu peluang antara dua area berbanding lurus dengan ukuran massa antar dua centroid dan berbanding terbalik dengan impedansi, sehingga persamaan aksesibilitas dapat dirumuskan pada persamaan (6).

Biaya Pengguna Jalan

Biaya pengguna jalan digunakan untuk penilaian kelayakan investasi (Sadasiyam & Mallela, 2015), dan menurut (Perera & Thompson, 2020) biaya pengguna jalan digunakan untuk mengukur dampak kegiatan pengguna jalan terhadap mobilitas, keselamatan perjalanan, ekonomi, lingkungan, dan sosial. Studi oleh (Choi, 2020) menggunakan aplikasi MicroBencost, dimana biaya pengguna jalan dianalisis akibat adanya *lane closure* proyek konstruksi jalan dengan komponen biaya waktu dan *unit cost (fuel, oil, tire, maintenance)*, dan oleh (Mikolaj et al., 2019) telah menganalisis manfaat biaya pengguna jalan terhadap dampak kecepatan sebagai akibat dari kondisi perkerasan menggunakan bok yang terdiri dari komponen *fuel, oil, travel time, tires, spare parts*, dan *maintenance*, adapun oleh (Zanuardi et al., 2020) menganalisis

penghematan biaya pengguna jalan yang digunakan sebagai parameter untuk analisis efektifitas manfaat terhadap biaya pemeliharaan jalan yang dibedakan menjadi beberapa aspek yaitu kecepatan (bok, biaya waktu), kecelakaan (biaya kecelakaan), kerusakan (bok, biaya akibat polusi, dan biaya kerusakan barang), serta oleh (Linneker & Spence, 1992); (Nahdalina et al., 2018); (Kadhim et al., 2020) menyatakan bahwa biaya operasi kendaraan dengan biaya waktu dapat diperhitungkan sebagai biaya yang dikeluarkan dalam perjalanan.

Pada penelitian diatas terlihat dalam memperhitungkan biaya pengguna jalan itu sendiri terdiri dari beberapa variabel, dan variabel yang tidak pernah lepas dan lebih sering digunakan adalah biaya operasi kendaraan dan biaya waktu. Sehingga persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$Ruc_{xy} = (Voc + Vot) \times L_{xy} \quad (2)$$

Dengan :

$$Voc = \frac{\sum_n (C_{xy,n} \times LHRT_{xy,n})}{\sum_n LHRT_{xy,n}} \quad (3)$$

$$Vot = \frac{\sum_n NW_{xy,n}}{\sum_n V_{xy,n}} \quad (4)$$

Di mana:

Voc = Total biaya operasi kendaraan rata-rata (Rupiah/kend/km)

Vot = Total biaya waktu perjalanan rata-rata (Rupiah/kend/km)

C_{xy} = Biaya operasi kendaraan per jenis kendaraan (Rupiah/kend/km)

LHRT = Lalu lintas harian rata-rata tahunan kendaraan jenis n

V = Kecepatan rata-rata kendaraan (Km/jam)

NW = Nilai waktu (Rp/jam/kend)

L_{xy} = Jarak dari simpul x ke y (Km)

Ruc_{xy} = Total biaya perjalanan (Rp/kendaraan)

Model Matematis

Persamaan optimasi dalam memaksimumkan fungsi aksesibilitas yaitu dapat dituliskan berikut ini :

$$\text{Tujuan : } F(X) = \max \sum_j A_j \tag{5}$$

Keputusan :

$$C_{ij} = \min \sum_{xy} Ruc_{xy} \tag{7}$$

Kendala :

Keterangan :

- A_j = Aksesibilitas pada zona j
- S_{ij} = Ukuran massa dari zona i ke zona j
- I_{ij} = Ukuran impedansi dari zona i ke j (Rp/kendaraan)
- Ruc_{xy} = Biaya perjalanan dari node x ke y (Rp/kendaraan)
- Bep_z = Estimasi biaya pemeliharaan jalan (Rp)
- $Tbep_z$ = Total estimasi biaya pemeliharaan jaringan (Rp)
- B = Total anggaran (Rp)

Biaya Operasi Kendaraan

Komponen BOK mengikuti Standar Bina Marga Pd T-15-2005-B memperhitungkan biaya konsumsi bahan bakar, biaya oli, biaya konsumsi suku cadang, biaya upah tenaga pemeliharaan, dan biaya ban.

Persamaan aksesibilitas model gravitasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$A_j = \sum_{i \neq j} \frac{S_{ij}}{I_{ij}^\alpha} \tag{6}$$

Dengan :

$$TBEP_z \leq B \tag{8}$$

$$TBEP_z = \sum_{z=1} Bep_z; \forall z \text{ seluruh ruas jalan} \tag{9}$$

Biaya Waktu

Nilai waktu adalah nilai penghematan waktu perjalanan, di mana pelaku perjalanan bersedia menukarnya dengan sejumlah uang untuk menghemat waktu perjalanan (Choi, 2020). menjelaskan nilai waktu adalah nilai yang dimonetisasi pengguna jalan sebagai waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan perjalanan. Menurut (Tamin, 2000) nilai waktu di Indonesia sendiri belum dapat dipastikan besarnya sampai sekarang, namun dapat mengikuti kajian yang pernah dilakukan oleh LAPI-ITB 1997 yaitu sebagai berikut :

$$\text{Nilai waktu} = \text{maks} \{ (k \times \text{nilai waktu dasar}), \text{nilai waktu minimum} \} \tag{10}$$

Tabel 2 Nilai Waktu Minimum (Rupiah/jam/kendaraan)

No	Kabupaten/Kodya	Jasa Marga			JIUTR		
1	DKI-Jakarta	8,200	12,369	9,188	8,200	17,022	4,246
2	Selain DKI-Jakarta	6,000	9,051	6,723	6,000	12,455	3,107

Sumber: LAPI-ITB, 1997.

Tabel 3 PDRB atas Dasar Harga Konstan Jawa Tengah Tahun 1995

Lokasi	PDRB (juta rupiah)	Jumlah penduduk	PDRB per kapita (juta rupiah)	Nilai koreksi
Jawa Tengah	39,125,323	29,653,000	1.32	0.20

Sumber: LAPI-ITB, 1997.

Tabel 4 Nilai Waktu Setiap Golongan Kendaraan

Rujukan	Nilai Waktu (RP/Jam/Kendaraan)		
	GOL I	GOL II A	GOL II B
Pt Jasa Marga (1990-1996)	1228	18534	13768
Padalarang-Cileunyi (1996)	3385 5425	3827 38344	5716
Semarang (1996)	3411 6221	14541	1506
Ihcm (1995)	3281	18212	4971
Pci (1979)	1341	3827	3152
Jiutr Northern Extension (Pci, 1989)	7061	14670	3659
Surabaya - Mojokerto (Jica, 1991)	8880	7960	7980

Sumber: LAPI-ITB, 1997.

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan adalah menghitung estimasi biaya pengguna jalan dengan persamaan *gravity model* untuk mendapatkan pilihan rute terbaik sebagai parameter hambatan dalam mendapatkan indeks aksesibilitas maksimum yaitu dengan biaya pengguna jalan termurah.

Selanjutnya membuat model enumerasi kombinasi dengan memfungsikan nilai 1 sebagai pemeliharaan sesuai kondisi aktual dan 0 sebagai opsi pilihan pemeliharaan rutin jalan, setelah itu pemodelan dimodelkan dalam skenario 100%, skenario 75%, skenario 50%, dan skenario 25% untuk mendapatkan kondisi optimal. Bagan alur penelitian dari studi ini dapat digambarkan pada Gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

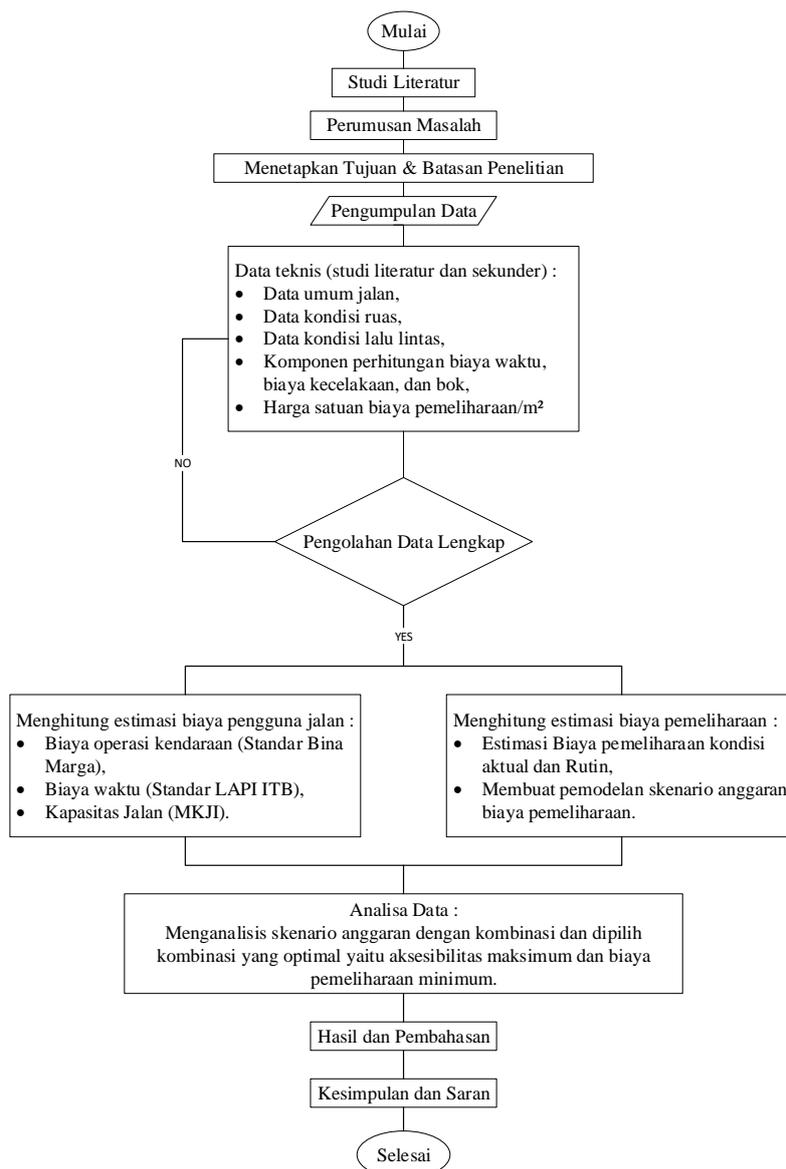
Gambar Jaringan

Lokasi yang digunakan adalah dibatasi pada jaringan jalan sederhana yang menghubungkan *centroid* Purwekerto dengan *centroid* Cilacap. Ruas yang dianalisis adalah ruas yang dilalui kendaraan dari wilayah

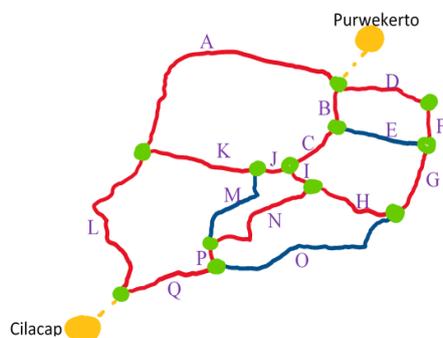
Purwekerto menuju ke wilayah Cilacap, dimana diasumsikan kondisi jalan dari kedua arah dan sebaliknya adalah sama. Jalan antar-centroid tersebut dikategorikan menjadi sejumlah 17 data ruas jalan, yaitu dapat digambarkan seperti berikut ini. Ruas-ruas jalan tersebut terdiri dari 14 ruas jalan Nasional dan 3 ruas jalan Provinsi, dimana ditunjukkan pada tabel 5. Data lalu lintas harian rata-rata terdiri dari kendaraan sedan, utility, bus kecil, bus besar, serta truk (ringan, sedang dan berat). Sedangkan data kondisi setiap ruas jalan rata-rata dalam kerusakan sedang, dimana ditunjukkan pada Tabel 6.

Estimasi Biaya Pemeliharaan

Estimasi biaya pemeliharaan jalan yang dihitung yaitu berdasarkan kondisi aktual di lapangan sesuai kondisi ruas yaitu pada tabel 6 menggunakan persamaan (1), maka akan didapatkan hasil estimasi biaya pemeliharaan pada tabel 7 dengan total biaya pemeliharaan apabila ditangani secara anggaran penuh yaitu sebesar Rp 1,839,641,572,500.



Gambar 1. Alur Penelitian Optimasi Pemeliharaan
 Sumber: Hasil Perumusan.



Gambar 2. Lokasi Pemodelan Centroid (Purwokerto-Cilacap)
 Sumber: Google Maps (diolah)

Tabel 5 Data Nama dan Tipe Jalan

No	Nama Ruas	Simbol	Fungsi	Tipe
1	Bts Purwekerto - Wangon	A	K1	2/2 UD
2	Bts Purwekerto - Patikraja	B	A	2/2 UD
3	Patikraja - Rawalo	C	A	2/2 UD
4	Bts Purwekerto - Sokaraja	D	K1	4/2 UD
5	Kaliori - Patikraja	E	K kelas A	2/2 UD
6	Sukaraja - Kaliori	F	K1	2/2 UD
7	Kaliori - Buntu	G	K1	2/2 UD
8	Buntu - Sampang	H	A	2/2 UD
9	Sampang - Rawalo	I	A	2/2 UD
10	Rawalo - Menganti	J	K1	2/2 UD
11	Menganti - Wangon	K	K1	2/2 UD
12	Wangon - Bts Cilacap	L	A	2/2 UD
13	Menganti - Kesugihan	M	K kelas B	2/2 UD
14	Sampang - Kesugihan	N	A	2/2 UD
15	Buntu - Slarang	O	K kelas C	2/2 UD
16	Kesugihan - Slarang	P	A	2/2 UD
17	Slarang - Bts Cilacap	Q	A	2/2 UD

Sumber : Bina Marga (diolah)

Tabel 6 Data LHR dan Jenis Kerusakan Ruas Jalan

No	Simbol Ruas Jalan	Lalu Lintas Harian Rata-rata (Kendaraan/hari)							Panjang Jalan (km)	Lebar Jalan (m)	IRI Aktual	Kondisi Ruas
		Sedan	Utiliti	Bus Kecil	Bus Besar	Truk Ringan	Truk Sedang	Truk Berat				
1	A	1645	7393	1270	988	1279	2112	1481	26.54	8	4.23	Sedang
2	B	2285	8355	529	186	755	2127	640	5.89	7	5.14	Sedang
3	C	3533	8956	366	165	512	1933	738	9.16	7	4.18	Sedang
4	D	1563	5050	261	522	371	680	79	4.90	14	4.71	Sedang
5	E	7635	709	767	163	767	509	797	8.60	7	4.50	Sedang
6	F	10977	4166	1203	896	2487	2267	663	5.81	7	6.35	Sedang
7	G	6843	1420	560	310	1262	1408	172	11.25	7	5.18	Sedang
8	H	328	1330	112	61	166	410	241	8.81	7	4.91	Sedang
9	I	239	1609	253	285	352	503	439	4.13	7	6.57	Sedang
10	J	9303	4647	1019	892	985	5155	1411	2.50	7	5.75	Sedang
11	K	7345	10503	2064	2043	2176	4758	1347	11.60	7	5.14	Sedang
12	L	1679	1272	180	144	371	809	617	21.22	8	5.96	Sedang
13	M	1135	714	6	157	1814	516	764	12.48	7	3.00	Baik
14	N	145	1956	74	66	133	188	202	14.04	7	4.65	Sedang
15	O	2773	36	1145	12	340	468	20	21.04	7	4.50	Sedang
16	P	6713	12917	552	186	674	2423	1330	2.96	7	6.39	Sedang
17	Q	7982	8986	564	249	854	2720	1950	4.42	7	5.44	Sedang

Sumber: Bina Marga (diolah)

Tabel 7 Estimasi Biaya Pemeliharaan Kondisi Aktual

No	Ruas Jalan	Panjang Jalan (m)	Lebar Jalan (m)	Tipe Pemeliharaan	Biaya Pemeliharaan
1	A	26535	8	Pemeliharaan Berkala	Rp 318,818,025,000
2	B	5887	7	Pemeliharaan Berkala	Rp 61,813,500,000
3	C	9161	7	Pemeliharaan Berkala	Rp 95,778,255,000
4	D	4900	14	Pemeliharaan Berkala	Rp 100,033,500,000
5	E	8600	7	Pemeliharaan Berkala	Rp 90,300,000,000
6	F	5811	7	Pemeliharaan Berkala	Rp 61,015,500,000
7	G	11251	7	Pemeliharaan Berkala	Rp 121,257,652,500
8	H	8808	7	Pemeliharaan Berkala	Rp 95,787,000,000
9	I	4134	7	Pemeliharaan Berkala	Rp 43,407,000,000
10	J	2500	7	Pemeliharaan Berkala	Rp 26,250,000,000
11	K	11600	7	Pemeliharaan Berkala	Rp 121,800,000,000
12	L	21224	8	Pemeliharaan Berkala	Rp 252,777,840,000
13	M	12480	7	Pemeliharaan Rutin	Rp 4,804,800,000
14	N	14036	7	Pemeliharaan Berkala	Rp 147,378,000,000
15	O	21040	7	Pemeliharaan Berkala	Rp 220,920,000,000
16	P	2961	7	Pemeliharaan Berkala	Rp 31,090,500,000
17	Q	4420	7	Pemeliharaan Berkala	Rp 46,410,000,000
Total :					Rp 1,839,641,572,500

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 8 Skenario Anggaran Biaya pemeliharaan

Pemodelan	Pendanaan (Triliyun)
100%	Rp1.8396
75%	Rp1.3797
50%	Rp0.9198
25%	Rp0.4599

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 9 Contoh Hasil Kombinasi Enumerasi

No	Com 111110	Budget (Rp×10 ¹²)	Com 102966	Budget (Rp×10 ¹²)	Com 103078	Budget (Rp×10 ¹²)	Com 102958	Budget (Rp×10 ¹²)
1	0	0.012	0	0.012	0	0.012	0	0.012
2	1	0.062	1	0.062	1	0.062	1	0.062
3	1	0.096	1	0.096	1	0.096	1	0.096
4	0	0.004	0	0.004	0	0.004	1	0.100
5	0	0.003	1	0.090	0	0.003	0	0.003
6	0	0.002	1	0.061	1	0.061	1	0.061
7	0	0.004	0	0.004	0	0.004	0	0.004
8	0	0.004	0	0.004	1	0.096	0	0.004
9	0	0.002	0	0.002	0	0.002	0	0.002
10	1	0.026	1	0.026	1	0.026	1	0.026
11	0	0.004	0	0.004	0	0.004	0	0.004
12	0	0.009	0	0.009	0	0.009	0	0.009
13	1	0.005	1	0.005	1	0.005	1	0.005
14	1	0.147	0	0.005	0	0.005	0	0.005
15	0	0.008	0	0.008	0	0.008	0	0.008
16	1	0.031	1	0.031	1	0.031	1	0.031
17	1	0.046	1	0.046	1	0.046	1	0.046
Sum		0.470	Sum	0.470	Sum	0.475	Sum	0.479

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan total anggaran penuh pada tabel 7, kemudian dimodelkan menjadi beberapa skenario estimasi biaya pemeliharaan sebagai batasan apabila terjadi keterbatasan pendanaan dengan memperhatikan kendala pada persamaan (8) dan persamaan (9) yaitu dengan beberapa skenario presentase anggaran. Hasil pemodelan ditampilkan pada Tabel 8. Setelah dilakukan skenario anggaran pemeliharaan, kemudian dibuat kombinasi dengan rumus 2ⁿ dengan pemodelan di mana n merupakan pemeliharaan ruas yang akan dilakukan optimasi dengan kombinasi 1 apabila ruas ditangani secara aktual dan 0 dengan pemeliharaan minimum yaitu pemeliharaan rutin, sebagai contoh hasil iterasi ditunjukkan dalam Tabel 9.

Pada contoh hasil kombinasi ke-102958 tabel 9 di atas menjelaskan bahwa ke 17 ruas tersebut terdapat 8 ruas bernilai 1 maka akan ditangani sesuai kebutuhan dan jika bernilai 0

yaitu terdapat 9 ruas maka akan dilakukan dengan pemeliharaan minimum. Sehingga didapatkan total estimasi biaya pemeliharaan sebesar Rp 478,985,723,975 atau Rp 0.47 Triliyun.

Estimasi Biaya Pengguna Jalan

Estimasi biaya pengguna jalan terdiri dari perhitungan biaya operasi kendaraan dan biaya waktu, yaitu sebagai berikut : Biaya waktu menggunakan standar yang dipakai oleh LAPI ITB pada tahun 1997, sehingga diperlukan faktor koreksi sesuai waktu yang diteliti, dengan memproyeksikan PDRB dengan data jumlah penduduk wilayah yang diteliti ke tahun yang ditentukan.

Hasil faktor koreksi pada tahun 2019 yang dianalisis didapatkan pada tabel 10, dimana didapatkan faktor koreksi pada tahun 2019 yaitu sebesar 5.58 yang akan digunakan sebagai faktor pengali dengan waktu dasar.

Tabel 10 Proyeksi Faktor Koreksi Provinsi Jawa Tengah

Tahun	PDRB (ADHK)	Jumlah penduduk	PDRB perkapita (juta Rp)	Nilai koreksi
1995	39,125,323	29,653,000	1.32	0.20
1996	41,862,204	29,931,738	1.40	0.21
1997	43,129,839	30,213,097	1.43	0.22
1998	38,065,273	30,497,100	1.25	0.24
1999	39,394,514	30,783,772	1.28	0.25
2000	114,701,305	31,073,140	3.69	0.72
2001	118,816,400	31,338,525	3.79	0.74
2002	123,038,541	31,454,478	3.91	0.76
2003	129,166,462	31,570,859	4.09	0.80
2004	135,789,872	31,687,671	4.29	0.84
2005	143,051,214	31,804,916	4.50	0.88
2006	150,682,655	31,922,594	4.72	0.92
2007	159,110,254	32,040,708	4.97	0.97
2008	168,034,483	32,159,258	5.23	1.02
2009	176,673,457	32,278,247	5.47	1.07
2010	623,224,621	32,382,657	19.25	3.76
2011	656,268,130	32,643,612	20.10	3.92
2012	691,343,116	33,270,207	20.78	4.06
2013	726,655,118	33,264,339	21.84	4.26
2014	764,959,151	33,522,663	22.82	4.45
2015	806,765,092	33,774,141	23.89	4.66
2016	849,099,355	34,019,095	24.96	4.87
2017	893,750,296	34,257,865	26.09	5.09
2018	941,164,119	34,490,835	27.29	5.32
2019	992,105,788	34,718,204	28.58	5.58

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil faktor koreksi dibutuhkan untuk memperhitungkan nilai waktu maksimum pada kendaraan menggunakan persamaan (10), dan biaya operasi kendaraan per unit kendaraan menggunakan persamaan yang terdapat pada pedoman standar Pd T-15-2005-B dan MKJI. Hasil pengolahan yang diperoleh kemudian dihitung kembali untuk mendapatkan biaya pengguna jalan rata-rata menggunakan persamaan (2), di mana terdiri dari biaya operasi kendaraan rata-rata persamaan (3) serta biaya waktu rata-rata persamaan (4). Hasil perhitungan keduanya rata-rata mengalami penurunan biaya dan ditampilkan pada tabel berikut ini.

Analisa Data

Analisa data yang dilakukan adalah memilih rute yang terbaik yaitu LHR sebagai ukuran massa yang dibandingkan dengan fungsi hambatan yaitu total biaya pengguna jalan yang melewati rute yang termurah. Rute termurah mendefinisikan bahwa rute tersebut melewati ruas yang berpotensi sebagai ruas yang dapat memberikan manfaat dengan menciptakan aksesibilitas paling maksimum pada jaringan jalan. Adapun rute-rute jalan yang dapat dilalui dari centroid I ke centroid II dapat dibuat tabel 12 berikut ini sesuai pada Gambar 2.

Tabel 11 Rekap Hasil Perhitungan Biaya Pengguna Jalan

No	BOK (Rp/Kend)		Biaya Waktu (Rp/Kend)		Total (Rp/Kend)	
	Aktual	Rutin	Aktual	Rutin	Aktual	Rutin
1	24007	17716	137724	85964	161730	103680
2	5545	3917	29081	15400	34626	19317
3	8045	5958	38233	22957	46278	28915
4	4578	3303	21492	11451	26069	14754
5	6994	5100	37209	19843	44203	24943
6	5769	3826	32809	14597	38578	18423
7	10077	7204	62647	35863	72724	43067
8	8143	5819	44577	24972	52720	30791
9	4296	2816	26718	12994	31014	15810
10	2660	1821	14539	7674	17199	9495
11	11656	8233	65787	35133	77443	43366
12	21017	14144	134926	67522	155944	81666
13	9707	7597	43901	38462	53607	46058
14	11908	8619	61748	33556	73656	42175
15	18486	13480	115473	57796	133959	71276
16	2817	1864	15048	6838	17864	8702
17	4018	2796	21596	11204	25614	14000

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 12 Contoh Pilihan Rute

C'	No Ruas								C''
I	A	L							II
I	B	C	J	K	L				II
I	B	C	J	M	P	Q			II
I	B	C	I	N	P	Q			II
I	B	E	G	H	N	P	Q		II
I	D	F	E	C	J	M	P	Q	II
I	B	C	I	H	O	Q			II
I	D	F	G	O	Q				II

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 13 Biaya Pengguna Jalan Hasil Pemilihan Rute Sebelum Pemeliharaan

Not I-II/II- I	Ruas Jalan (Rp×10 ⁵)																Sum	Min	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P			Q
1	1.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	-	-	-	-	-	3.18		
2	-	0.3	0.5	-	-	-	-	-	-	0.2	0.8	1.6	-	-	-	-	3.31		
3	-	0.3	0.5	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.5	-	-	0.2	0.3	1.95	
4	-	0.3	0.5	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	-	0.7	-	0.2	0.3	2.29	1.95
5	-	0.3	-	-	0.4	-	0.7	0.5	-	-	-	-	-	0.7	-	0.2	0.3	3.21	
6	-	-	0.5	0.3	0.4	0.4	-	-	-	0.2	-	-	0.5	-	-	0.2	0.3	2.69	
7	-	0.3	0.5	-	-	-	-	0.5	0.3	-	-	-	-	-	1.3	-	0.3	3.24	
8	-	-	-	0.3	-	0.4	0.7	-	-	-	-	-	-	-	1.3	-	0.3	2.97	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 14 Biaya Pengguna Jalan Hasil Pemilihan Rute Setelah Pemeliharaan

Not I-II/II- I	Ruas Jalan (Rp×10 ⁵)																Sum	Min	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P			Q
1	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	1.85	
2	-	0.2	0.3	-	-	-	-	-	-	0.1	0.4	0.8	-	-	-	-	-	1.83	
3	-	0.2	0.3	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	0.5	-	-	0.1	0.1	1.26	
4	-	0.2	0.3	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.4	-	0.1	0.1	1.29	1.26
5	-	0.2	-	-	0.2	-	0.4	0.3	-	-	-	-	-	0.4	-	0.1	0.1	1.83	
6	-	-	0.3	0.1	0.2	0.2	-	-	-	0.1	-	-	0.5	-	0.1	0.1	1.65		
7	-	0.2	0.3	-	-	-	-	0.3	0.2	-	-	-	-	-	0.7	-	0.1	1.80	
8	-	-	-	0.1	-	0.2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	0.7	-	0.1	1.62	

Sumber : Hasil Perhitungan

Pemilihan Rute

Pemilihan rute terbaik yaitu dengan biaya pengguna jalan yang minimum dengan persamaan (7), didapatkan biaya pengguna jalan sebelum pemeliharaan pada tabel 13 dan setelah pemeliharaan pada tabel 14, dengan keduanya berada pada pilihan rute ke-3.

Nilai Aksesibilitas

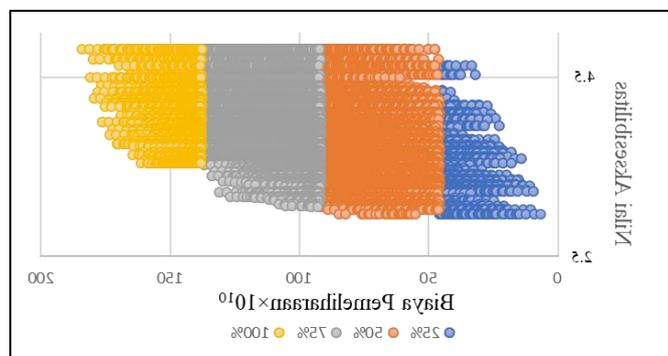
Perhitungan nilai aksesibilitas menggunakan persamaan (5) dan persamaan

(6) dengan asumsi bahwa kondisi jalan kedua arah memiliki kondisi yang sama. Hasil yang diperoleh yaitu nilai aksesibilitas kondisi sebelum pemeliharaan dan setelah dilakukan pemeliharaan pada tabel 15. Aksesibilitas yang didapatkan dari kedua arah tersebut terjadi kenaikan aksesibilitas sebesar 54% dibandingkan sebelum pemeliharaan yaitu sebesar 3.20972, di mana aksesibilitas setelah dilakukan pemeliharaan adalah maksimum didapatkan total sebesar 4.95315.

Tabel 15 Perhitungan Indeks Aksesibilitas Sebelum Pemeliharaan dan Setelah Pemeliharaan

C	Perjalanan Penumpang	Biaya Perjalanan (Rp)×10 ⁵		Indeks Aksesibilitas	
		Sebelum Pemeliharaan	Setelah Pemeliharaan	Sebelum Pemeliharaan	Setelah Pemeliharaan
A-A	-	-	-	-	-
A-B	313,252	1.95	1.26	1.60486	2.47658
B-B	-	-	-	-	-
B-A	313,252	1.95	1.26	1.60486	2.47658
Total :				3.20972	4.95315

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 3. Hubungan Aksesibilitas dan Biaya Pemeliharaan

Sumber: Hasil Pemodelan

Pemodelan Enumerasi Kombinasi

Hasil enumerasi kombinasi dari 17 ruas yaitu 2^{17-1} sehingga didapatkan 131,071 kombinasi, dengan pemodelan biaya pemeliharaan dalam skenario (100%, 75%, 50%, dan 25%). Hubungan nilai aksesibilitas dengan biaya pemeliharaan yang didapatkan pada masing masing skenario adalah ditunjukkan pada gambar grafik 3.

Hasil Pemodelan Skenario Kombinasi

Pada gambar grafik 3 diatas menunjukkan indeks aksesibilitas yang didapatkan dari setiap iterasi kombinasi yang telah dihasilkan, gambar grafik tersebut menunjukkan indeks aksesibilitas yang tertinggi berada pada nilai aksesibilitas maksimum sebesar 4.95315, yaitu terdapat pada pilihan skenario 100%, 75%, dan 50% anggaran.

Kombinasi yang didapatkan pada skenario 50% ini terdapat sejumlah 579 pilihan kombinasi dengan nilai aksesibilitas paling maksimum sama dengan di nilai 4.95315, dengan biaya pemeliharaan yang didapatkan yaitu sebesar (0.47-0.92) Triliyun. Sehingga biaya pemeliharaan paling minimum yaitu dengan total sebesar 0.47 Triliyun, dimana didapatkan pada kombinasi ke 111110, 102966, 103078, dan 102958. Nilai aksesibilitas maksimum pada skenario 50% sama dengan nilai maksimum jika kondisi seluruh ruas dipelihara dalam kondisi pendanaan penuh tersebut, hal ini menunjukkan bahwa dalam pemodelan biaya pemeliharaan ini dapat dioptimalkan dengan biaya pemeliharaan seminimum mungkin karena setiap ruas jalan rata-rata masih dalam kategori perawatan minimum. Hal ini disebabkan kondisi perkerasan masih dalam kondisi baik dan rusak sedang sehingga dengan pemeliharaan jalan ini dapat memperbaiki fungsional jalan dan tetap memberikan aksesibilitas wilayah maksimum.

Namun pada grafik 3 di atas terdapat beberapa opsi pilihan penambahan biaya pemeliharaan, seperti pada beberapa skenario biaya pemeliharaan jalan > 0.92 Triliyun dengan pilihan aksesibilitas yang paling maksimum, maka dapat dijadikan pilihan dalam penambahan pembiayaan pemeliharaan jalan di mana semakin besar biaya pemeliharaan yang dipilih maka dapat meningkatkan kondisi struktural jalan.

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Pengukuran nilai aksesibilitas maksimum dihitung menggunakan persamaan model gravitasi dengan menggunakan pergerakan kendaraan sebagai peluang kesempatan yang dilakukan pengguna jalan dibandingkan dengan biaya perjalanan yang dikeluarkan oleh pengguna jalan dalam melakukan perjalanan dengan memilih rute dengan biaya yang paling murah sebagai impedansinya. Biaya perjalanan tersebut terdiri dari biaya operasi kendaraan dan biaya waktu dengan nilai aksesibilitas maksimum yang dihasilkan setelah dilakukan pemeliharaan adalah sebesar 4.95315 sebagai aspek manfaat yang akan diterima dalam meningkatkan aksesibilitas wilayah. Aksesibilitas wilayah meningkat sebesar 54% dibandingkan sebelum pemeliharaan jalan.
2. Menggunakan enumerasi dilakukan iterasi pada setiap kombinasi yang terbentuk dari pemeliharaan kondisi aktual dengan kondisi pemeliharaan minimum, dimana jika bernilai 0 maka kondisi pemeliharaan adalah rutin dan jika bernilai 1 maka kondisi pemeliharaan adalah sesuai dengan kebutuhan, dan kombinasi ini dapat dibentuk pilihan sebanyak (2^n-1) sehingga pada pemodelan ini didapatkan 131071 pilihan kombinasi

sebagai batasan anggaran dengan beberapa skenario pendanaan yang dibuat yaitu pada skenario 100%, 75%, 50% dan 25%.

3. Hasil optimasi dari 4 skenario anggaran yang terpilih dengan aksesibilitas maksimum yaitu pada skenario 50%, dimana terdapat biaya pemeliharaan yang paling minimum yaitu sebesar 0.47 Triliyun yaitu pada kombinasi ke 111110, 102966, 103078, dan 102958. Biaya minimum ini dapat dipilih sebagai pemeliharaan jalan jika terjadi keterbatasan alokasi anggaran biaya pemeliharaan jalan.

Saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya yaitu analisis jaringan jalan yang lebih luas sebaiknya menggunakan GA karena lebih efisien, serta perhitungan estimasi biaya pengguna jalan dapat ditambah menggunakan beberapa aspek seperti biaya kecelakaan dan biaya emisi, atau biaya lainnya untuk memperoleh biaya pengguna jalan yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriliyanto, R., & Sudiby, T. (2018). *Analisis Kemacetan Dan Perkiraan Tingkat Pelayanan Jalan Pada Masa Mendatang (Studi Kasus Jalan Raya Sawangan Depok) (Traffic Jam Analysis and Prediction of Future Road Service Level (Case Study of Jalan Raya Sawangan Depok).* 03(02), 85–96.
- Behavior, C., Burns, L. D., & Golob, T. F. (1976). *The Role Of Accessibility In Basic Transportation Choice Behavior.* 5, 175–198.
- Bertolini, L., le Clercq, F., & Kapoen, L. (2005). Sustainable accessibility: A conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. *Transport Policy*, 12(3), 207–220.

<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.01.006>

- Cascetta, E., Carteni, A., & Montanino, M. (2013). A New Measure of Accessibility based on Perceived Opportunities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 87(January 2015), 117–132. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.598>
- Choi, J. (2020). Road User Costs for highway construction projects involving a lane closure. *Sustainability (Switzerland)*, 12(8), 1–12. <https://doi.org/10.3390/SU12083084>
- Geurs, K. T., & Wee, B. Van. (2004). *Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions.* 12, 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- Hamdi, Hadiwardoyo, S. P., Correia, A. G., & Pereira, P. (2017). ScienceDirect ScienceDirect Pavement Maintenance Optimization Strategies for National Road Network in Indonesia Applying Genetic Algorithm. *Procedia Engineering*, 210, 253–260. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.11.074>
- Hansen, W. G. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Planning Association*, 25(2), 73–76. <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>
- Kadarisman, M. (2015). Policy Implementation Of Land Transportation System and Its Impact Towards Social Welfare In Jakarta. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, 02(01), 59–78.
- Kadhim, A. J., Banyhussan, Q. S., & Jameel, A. K. (2020). Cost-effectiveness analysis of a road improvement proposal based on sustainability Indicators: Case study Al-Nebai-

- Baghdad highway. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 8(2), 916–932.
<https://doi.org/10.21533/PEN.V8I2.1354.G575>
- Kemen PUPR. (2006). Kementerian PUPR. *DIALOGISIKAN DANA 17,3 TRILIUN UNTUK PERBAIKAN JALAN*.
<https://pu.go.id/berita/dialokasikan-dana-17-3-triliun-untuk-perbaikan-jalan>
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2011). Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan. In *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 13/PRT/M/2011*.
- Linneker, B. J., & Spence, N. A. (1992). An Accessibility Analysis of the Impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain. *Regional Studies*, 26(1), 31–47.
<https://doi.org/10.1080/00343409212331346761>
- Litman, T. (2011). Measuring Transportation. *ITE Journal (Institute of Transportation Engineers)*, 73(10), 28–32.
www.joaopereira.com
- Matisziw, T. C., & Grubestic, T. H. (2010). Evaluating locational accessibility to the US air transportation system. *Transportation Research Part A*, 44(9), 710–722.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.07.004>
- Mikolaj, J., Remek, L., & Margorinova, M. (2019). Road user effects related to pavement degradation based on the highway development and management tools. *Transportation Research Procedia*, 40, 1141–1149.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.159>
- Munggaran, N. A., & Wibowo, A. (2017). Kajian faktor-faktor penyebab kerusakan dini perkerasan. *Jurnal Infrastruktur*, 3(01), 9–18.
- Nahdalina, Hadiwardoyo, S. P., & Nahry. (2018). COST-EFFECTIVENESS OF ROAD NETWORK MAINTENANCE OPTIMIZATION BASED ON ACCESSIBILITY MEASUREMENT ENT. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 9(13), 1705–1720.
- Nope, F. J. S., Djakfar, L., & Anwar, M. R. (2017). *Model prioritas penanganan jalan (Studi Kasus di Kabupaten Timor Tengah Selatan, NTT)*. 02.
- Perera, L., & Thompson, R. G. (2020). Road User Charging for Urban Freight Vehicles: A Systems Approach. *Journal of Transportation Technologies*, 10(03), 214–243.
<https://doi.org/10.4236/jtts.2020.103014>
- Radar Banyumas. (2019). Radar Banyumas. *Perbaikan Jalan Terkendala Anggaran*. sumber:
<https://radarbanyumas.co.id/perbaikan-jalan-terkendala-anggaran/%0ACopyright> ©
 Radarbanyumas.co.id
- Sadasivam, S., & Mallela, J. (2015). Application of work zone road user costs to determine schedule-related incentives and disincentives: Conceptual framework. *Transportation Research Record*, 2504(2504), 39–45.
<https://doi.org/10.3141/2504-05>
- Tamin, O. Z. (2000). Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Edisi Kedua. In *Perencanaan dan pemodelan transportasi*.
- Zanuardi, A., Suprayitno, H., & Budianto, H. (2020). Pemanfaatan prinsip value for money dalam penentuan prioritas pemeliharaan Jalan (studi kasus : jalan nasional di kota surabaya). *Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum*, 10(April 2018), 1–10.
- Zukhruf, F., Frazila, R. B., Almira, R., & Ag, S. (2019). *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil Pengembangan*

*Model Optimasi Pemeliharaan Jalan
Tahun Jamak dengan Batasan*

Anggaran. 26(2), 139–146.
<https://doi.org/10.5614/jts.2019.26.2.6>