

ANALISIS PERENCANAAN OVERLAY PADA RUAS JALAN CRAKEN-NGULUNGKULON NAMBAK-NGULUNGKULON DENGAN BAHAN ACL PADA STA 0.00-13.345 KECAMATAN MUNJUNGAN KABUPATEN TRENGGALEK

Wisnu Arganata*¹, Artur Daniel Limantara ², Yosef Cahyo SP ³, Agata Iwan Candra ⁴.
^{1,2,3} Fakultas Teknik, Universitas Kediri.

e-mail: *¹ Wisnuarganata@gmail.com, ² arthur_limantara@gmail.com,
³ yosef.cs@unik-kediri.ac.id, ⁴ iwan_candra@unik-kediri.ac.id.

Abstract

Nowadays, the development of road capacity and vehicle quantity and the lack of optimal traffic infrastructure operations are the main problems in the Nambak-Ngulungkulon Craken-Ngulungkulon road section. This road is the object of observation because the road is an integrated system of the Nambak-Ngulungkulon Craken-Ngulungkulon road network. It is necessary to analyze how the performance and the thickness of the flexible pavement layer needed. To analyze road performance and calculate pavement thickness, the writer uses the Bina Marga 2017 method with ACL material at STA 0.00 - 13,345. The results of the analysis and calculation for the geometric planning of the Nambak-Ngulungkulon Craken-Ngulungkulon road section obtained the value of surface course with the 2017 Bina Marga method of 13 cm. Overlay work on the planning age is carried out in the 15 the year with an additional layer thickness with the Bina Marga 2017 method of 3 cm. And the traffic growth rate increased by 28.65% for 10 years y.a.d.

Keywords : ACL, Highways, Overlay, Traffic Growth.

Abstrak

Saat ini pengembangan kapasitas jalan dan kuantitas kendaraan dan kurangnya operasi infrastruktur lalu lintas yang optimal adalah masalah utama di ruas jalan Nambak-Ngulungkulon Craken-Ngulungkulon. Jalan ini adalah objek pengamatan karena jalan tersebut merupakan sistem yang terintegrasi dari jaringan jalan Nambak-Ngulungkulon Craken-Ngulungkulon. Perlu untuk menganalisis bagaimana kinerja dan ketebalan lapisan perkerasan lentur yang dibutuhkan. Untuk menganalisis kinerja jalan dan menghitung tebal perkerasan, penulis menggunakan metode Bina Marga 2017 dengan material ACL di STA 0,00 - 13,345. Hasil analisis dan perhitungan untuk perencanaan geometrik ruas jalan Nambak-Ngulungkulon Craken-Ngulungkulon diperoleh nilai permukaan jalan dengan metode Bina Marga 2017 13 cm. Pekerjaan overlay pada usia perencanaan dilakukan pada tahun ke-15 dengan tambahan ketebalan lapisan dengan metode Bina Marga 2017 3 cm. Dan tingkat pertumbuhan lalu lintas meningkat sebesar 28,65% selama 10 tahun y.a.d.

Kata Kunci : ACL, Bina Marga, Overlay, Pertumbuhan Lalulintas.

1. PENDAHULUAN

Jaringan jalan merupakan sarana transportasi darat yang memegang peranan penting dalam sektor perhubungan, terutama untuk kesinambungan distribusi barang dan jasa [1][2][3]. Ketersediaan jalan yang memadai dengan kondisi yang baik, lancar, aman, nyaman, dan efisien sangat diperlukan untuk menunjang laju pertumbuhan ekonomi[4]. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan sarana transportasi yang dapat menjangkau daerah-daerah yang merupakan pusat potensi ekonomi [5]. Kota Trenggalek , khususnya kecamatan Munjungan merupakan jalur yang menghubungkan ke arah Kota Pacitan dan mempunyai peranan penting sebagai daerah pertumbuhan ekonomi dan industri, [6][3][7]. Daerah ini mempunyai tanggung jawab untuk menata kembali wilayahnya termasuk meningkatkan sarana transportasi dalam hal ini jalan raya, sehingga tidak timbul kemacetan dan kecelakaan lalu lintas, akan tetapi dapat memberikan suasana yang tertib, nyaman, aman dan lancar dalam berlalu lintas yang menuju antar kota, selain dari pada itu pendistribusian barang dan jasa lebih mudah [8][9][10].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian.

Penelitian ini dilakukan di ruas jalan Craken-Ngulungkulon Nambak-Ngulungkulon Kecamatan Munjungan Kabupaten Trenggalek.

2.2. Analisis Lalulintas

Dengan asumsi awal $S_{awal} = 3,3$ dan $P_t = 2,0$ diperoleh faktor ekivalen masing-masing kendaraan seperti pada tabel berikut :

Tabel 1. Faktor Ekivalen Kendaraan menurut Metode Bina Marga 2017 Jenis Kendaraan Faktor Ekivalen

Jenis Kendaraan	Faktor Ekivalen
GOL 1	0,0008
GOL 2	0,1672
GOL 3	0,8029
GOL 4	1,0865
GOL 5	1,1389

Sumber : [11][12] *Bina Marga 2017*

Pada **Tabel 1.** Diketahui jenis kendaraan Gol 1 memiliki Faktor Ekivalen 0,0008, Gol 2 memiliki Faktor Ekivalen 0,1672, Gol 3 memiliki Faktor Ekivalen 0,8029, Gol 4 memiliki Faktor Ekivalen 1,0865, Gol 5 memiliki Faktor Ekivalen 1,1389

Tabel 2. Jumlah Kendaraan Ekivalen 18 kip ESAL

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan Tahun 1 (a)	Angka Pertumbuhan	Perencanaan Tahun 1 (c) = (a)x(b)	Faktor Ekivalen (d)	Perencanaan 18-K ESAL (e)=(c)x(d)
		6% (b)			
GOL 1	12.838,00	36,79	472.310,02	0,0008	377,8480
GOL 2	441,00	36,79	16.224,39	0,1672	2.712,7180
GOL 3	2.457,00	36,79	90.393,03	0,8029	72.576,5638
GOL 4	296,00	36,79	10.889,84	1,0865	11.831,8112
GOL 5	148,00	36,79	5.444,92	1,3819	7.524,3349
Total	16.180,00		595.262,20	18k-ESAL (W18)	95.023,2759

Sumber : Data diolah

Keterangan :

(a) = Jumlah LHR awal tahun perencanaan

(b) = Faktor pertumbuhan lalulintas : $faktor = (1+g)^t - 1$ g

Dimana : $g = \frac{\text{angka pertumbuhan lalulintas}}{100}$

Pengulangan kumulatif 18- kip ESAL per-arrah pada lajur rencana tahun pertama :

$$W18t = DD \times DL \times W18$$

Dimana :

DD = faktor distribusi arah 50 %

DL = Faktor distribusi lajur 100 %

Maka :

$$\begin{aligned} W18t &= 0,5 \cdot 1 \cdot 95.023,2759 \\ &= 17511,6370 \text{ 18-kip ESAL} \\ &= 0,5 \cdot 10^6 \text{ 18-kip ESAL} \end{aligned}$$

Untuk menentukan pengulangan beban dalam perencanaan fungsi waktu dibuat gambar perkiraan kumulatif pengulangan 18 –kip ESAL dalam periode analisis, yang diperoleh dari persamaan :

$$W18t = W18' [(1+g)^t - 1] g$$

Dimana :

W18t = kumulatif pengulangan 18-kip ESAL perarah pada lajur rencana fungsi waktu

W18' = kumulatif pengulangan 18-kip ESAL pada tahun pertama

g = angka pertumbuhan lalulintas 6 %

t = waktu (tahun perencanaan)

Tabel 3. Kumulatif 18-kip ESAL terhadap waktu

Waktu (Tahun) X	Kumulatif Beban Ekivalen Y	Waktu (Tahun) X	Kumulatif Beban Ekivalen Y
0	0,0000	5	281854,6479
1	47511,6380	6	348765,9268
2	103000,0000	7	419691,8824
3	159180,0000	8	494873,3954
4	218773,0800	9	574565,7991

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada **Tabel 3.** Menunjukkan nilai Kumulatif Beban Ekivalen dari tahun ke tahun mulai tahun ke 1 sampai tahun ke 9.

2.3 Pengaruh Pengembangan Tanah Dasar

Pengaruh pengembangan tanah dasar menyebabkan berkurangnya tingkat pelayanan dan dihitung berdasarkan : ketebalan badan jalan = 46 cm ; Indek plastisitas = 12 ; Potensi pengembangan vertikal (V_r) = 0,32 inchi dan Swell Rate Constant (Θ) = 0,07 untuk $PI > 20$

Jadi pengaruh pengembangan tanah dasar adalah :

$$\Delta PSISW = 0,00335 \cdot V_r \cdot P_s \cdot (1 - e^{-\Theta t})$$

Dibuat gambar $\Delta PSISW$ fungsi waktu, dengan $P_s = 80\%$ (timbunan tanah dasar disumsikan mempunyai swelling yang sama). Hasil perhitungnan $\Delta PSISW$ terdapat pada tabel di bawah berikut :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Pengaruh Pengembangan Tanah Dasar

Waktu (Tahun) X	$\Delta PSISW$ Y	Waktu (Tahun) X	$\Delta PSISW$ Y
0	0.0000	10.5	0,0252
1	0.0012	11	0.0264
1.5	0.0036	11.5	0.0276
2	0.0048	12	0.0288
2.5	0.0060	12.5	0.0300
3	0.0072	13	0.0312
3.5	0.0084	13.5	0.0324
4	0.0096	14	0.0336
4.5	0.0108	14.5	0.0348
5	0.0120	15	0.0360
5.5	0.0132	15.5	0.0372
6	0.144	16	0.0384
6.5	0.156	16.5	0.0396
7	0.0168	17	0.0408
7.5	0.0180	17.5	0.0420
8	0.0192	18	0.0432

8.5	0.0204	18.5	0.0444
9	0.0216	19	0.0456
9.5	0.0228	19.5	0.0468
10	0.0240	20	0.0480

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada **Tabel4**. Memperllihatkan hasil perhitungan pengaruh pengembangan tanah dasar tiap tahun serta nilai Δ PSISW

2.5 Tahapan Penelitian.

Adapun alur dan tahapan pada penelitian ini secara garis besar adalah Pengamatan awal, setelah itu lanjut untuk Studi literatur, kemudian membuat Rumusan masalah, kemudian melakukan Pengumpulan data dan Pelaksanaan survei. Setelah itu Pengolahan data yang terakhir Pembahasan serta Kesimpulan..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Perhitungan Tebal Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 2017

Data-data yang dipergunakan dalam perhitungan ini diambil dari Proyek Jalan Craken-Ngulungkulon Nambak-Ngulungkulon, kondisi jalan masih berupa jalan terjal, sedangkan untuk data lalu lintas berpatokan pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, [13][14] dan material lapis perkerasan diambil data fiktif.

Perhitungan tebal lapis perkerasan jalan dengan metode Bina Marga 2017, [15][16] dihitung berdasarkan tabel data-data berikut :

Data –data lain yang diperlukan adalah :

1. Periode analisis : 10 tahun
2. Angka pertumbuhan lalulintas : 6%
3. Fungsi jalan : Urban
4. Klasifikasi jalan : Arteri
5. Tanah dasar (CBR) : 8 %
6. Indek Plastisitas (IP) : 12,00

Data – data yang diasumsikan :

1. Tingkat Pelayanan awal (Po) : 4,2 (lapis permukaan beton aspal)
2. Keandalan (R)
 - a. Jalan arteri urban diambil : 90 %
 - b. Untuk 2 tahap (perkerasan awal dan 1 kali overlay), $R = 0,9^{1/2}$: 95 %
 - c. Zr (simpangan baku normal) untuk R = 95 % : -1,645
3. Koefisien drainase (m)

- a. diambil 0,8 untuk keadaan drainase cukup dan waktu pengeringan dalam keadaan lembab sampai jenuh > 25 %
- b. Standar Deviasi keseluruhan (So) Untuk perencanaan antara 0,4 – 0,5 diambil So = 0,45
- c. Tanah dasar (Mr = Modulus resilien)

$$\begin{aligned} Mr &= 1500 \times \text{CBR} \\ &= 1500 \times 8 \\ &= 12.000 \text{ Psi} \end{aligned}$$

3.2 Perencanaan Tebal lapis Perkerasan

Untuk konstruksi perkerasan jalan dengan umur 20 tahun dipakai pendekatan analisis lapisan yang digunakan untuk menentukan ketebalan lapisan, [17][18][19]. Konstruksi perkerasan jalan terdiri atas 3 lapis yaitu:

1. Lapis permukaan beton aspal (ACL) : E = 40000 Psi ; a1 = 0,42
2. Lapisan pondasi atas, batu pecah kelas A : E = 30000 Psi ; a2 = 0,14
3. Lapisan pondasi bawah agregat kelas B : E = 11000 Psi ; a3 = 0,08

Penentuan ketebalan masing-masing lapisan adalah :

- a. Lapis permukaan : R = 95 % ; So = 0,45 ; W20 = 1,8 x 10⁶ 18-kip ESAL
- b. Lapis pondasi atas : E = 30000 Psi ; PSITR = 2,1532 ; SN = 2,1

Ketebalan beton aspal :

$$\begin{aligned} D^*1 &= SN1 / a1 = 2,1 / 0,42 \\ &= 5 \text{ inchi} = 12,7 \text{ cm} \approx 13 \text{ cm} \text{ atau } 5,118 \text{ inchi} \\ SN^* &= a1 \cdot D^*1 = 0,42 \cdot 5,118 \\ &= 2,148 > SN1 = 2,1 \end{aligned}$$

Lapis pondasi atas :

Dengan data yang sama kecuali E = 11000 Psi diperoleh SN2 = 2,90

Ketebalan batu pecah kelas A (CBR 80 %) :

$$\begin{aligned} D^*2 &= SN2 - SN^*1 / (a2m2) \\ &= 2,9 - 2,149 / (0,14 \cdot 0,8) \\ &= 6,705 \text{ inch} \\ &= 17,03 \text{ cm} \approx 17,5 \text{ atau } = 6,9 \text{ inch} \\ SN^*2 &= a2 \cdot D^*2m2 \\ &= 0,14 \cdot 6,9 \cdot 0,8 \\ &= 0,77 \end{aligned}$$

$$SN^*1 + SN^*2 > SN2 \quad 2,148 + 0,77 = 2,919 > 2,9$$

Lapis Pondasi Bawah :

Ketebalan agregat kelas B (CBR 100 %)

$$\begin{aligned} D^*3 &= [\text{SN}3 - (\text{SN}^*2 + \text{SN}^*1)] / a3m3 \\ &= [3,35 - (0,77 + 2,148)] / 0,08 \cdot 0,8 \\ &= 6,734 \text{ inch} = 17,105 \text{ cm} \approx 17,5 \text{ cm} \text{ atau} = 6,9 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SN}_{\text{total}} &= 0,42 \cdot 5,118 + 0,14 \cdot 6,9 \cdot 0,8 + 0,08 \cdot 6,9 \cdot 0,8 \\ &= 3,36 \end{aligned}$$

3.3 Hasil Stabilitas Marshal Test Lapis Permukaan

$$\text{HRS (843 kg)} = 0,21$$

$$\text{ATBL (746 kg)} = 0,19$$

$$\text{ATB (1232 kg)} = 0,255 \text{ . +}$$

$$\text{Jumlah} = 0,655$$

Hasil test mis design test :

1. Agregat base course kelas A (CBR 80 %) : $a_2 = 0,13$
2. Agregat subbase kelas B (CBR 30 %) : $a_3 = 0,109$

Perhitungan tebal masing-masing lapis perkerasan dengan hasil stabilitas Marshal test adalah sebagai berikut :

Lapis Permukaan :

$$\begin{aligned} D^*1 &= \text{SN}1 / a_1 = 2,1 / 0,655 \\ &= 3,206 \text{ inch} = 8,14 \text{ cm} \approx 8,5 \text{ cm} \text{ atau} = 3,346 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SN}^*1 &= a_1 \cdot D_1 = 0,655 \cdot 3,346 \\ &= 2,1919 > \text{SN}1 = 2,1 \end{aligned}$$

Lapis Pondasi Atas :

$$\begin{aligned} D^*2 &= \text{SN}2 - \text{SN}^*1 / (a_2 m_2) = 2,9 - 2,1919 / (0,13 \cdot 0,8) \\ &= 6,808 \text{ inch} = 17,29 \text{ cm} \approx 17,5 \text{ atau} = 6,9 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SN}^*2 &= a_2 \cdot D^*2 m_2 = 0,13 \cdot 6,9 \cdot 0,8 \\ &= 0,7176 \end{aligned}$$

$$\text{SN}^*1 + \text{SN}^*2 > \text{SN}2$$

$$2,1919 + 0,7176 = 2,909 > \text{SN}2 = 2,9$$

Lapis Pondasi Bawah :

$$\begin{aligned} D^*3 &= [\text{SN}3 - (\text{SN}^*2 + \text{SN}^*1)] / a_3 m_3 \\ &= [3,35 - (0,7176 + 2,1919)] / 0,109 \cdot 0,8 \\ &= 5,05 \text{ inch} = 12,8 \text{ cm} \approx 13 \text{ cm} \text{ atau} = 5,12 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\text{SN}_{\text{total}} = 0,655 \cdot 3,346 + 0,13 \cdot 6,9 \cdot 0,8 + 0,109 \cdot 5,12 \cdot 0,8$$

$$= 3,3556$$

3.4 Perhitungan Perkerasan Jalan Lama (Overlay) Metode Bina Marga 2017

Perhitungan pekerjaan jalan lama atau overlay dengan metode Bina Marga 2017 dengan menggunakan data – data berikut [16][20]:

1. Laston (ACL) : $a_1 = 0,445$ (tebal 13 cm)
2. Lapis pondasi atas kelas A (CBR 80%) : $a_2 = 0,13$ (tebal 17,5 cm)
3. Lapis pondasi bawah kelas B (CBR 30%) : $a_3 = 0,109$ (tebal 17,5 cm)
4. CBR tanah dasar : 9,1 % - S_o : 0,45 - R : 95 %
5. $M_r = 1500 \times CBR = 1500 \times 9,1 = 13650$

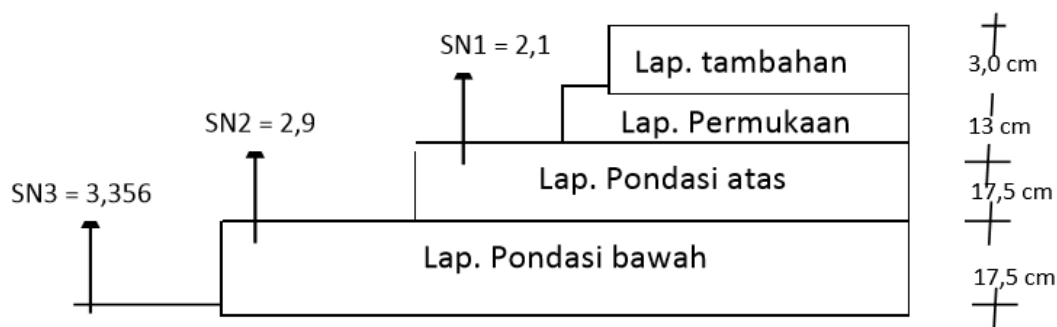
Berdasarkan data-data diatas diperoleh nilai SN sebesar 3,5

Perhitungan tebal lapis perkerasan tambahan (overlay) adalah :

1. $60 \% \cdot 13 \cdot 0,455 = 3,471$ cm
2. $100 \% \cdot 17,5 \cdot 0,13 = 2,275$ cm
3. $100 \% \cdot 17,5 \cdot 0,109 = 1,9075$ cm + Σ SN = 7,6535 cm atau 3,013 inch

$$SN - \Sigma SN = 0,455 \cdot D_1$$

$$D_1 = 1,0944 \text{ inch atau } 2,779 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}$$



Gambar 3.1 : Tebal tambahan lapis perkerasan dengan Metode Bina Marga 2017

4. KESIMPULAN

Dari perencanaan peningkatan ruas jalan Craiken - Ngulungkulon ; Nambak – Ngulungkulon dengan lebar perkerasan yang ada 4.00 m dan panjang p13.456 km dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan diketahui nilai tebal lapis permukaan (surface course) dengan metode Bina Marga 2017 sebesar 13 cm.
2. Pekerjaan lapisan tambahan (overlay) pada umur rencana dilakukan pada tahun ke 15 dengan tebal lapis tambahan dengan metode Bina Marga 2017 sebesar 3 cm.

Angka pertumbuhan lalu lintas merupakan hal penting yang harus diperhatikan dalam perhitungan tebal perkerasan. Pada penelitian ini angka pertumbuhan lalulintas meningkat 28,65% untuk 10 tahun y.a.d.

5. SARAN

Peningkatan jalan ruas jalan craken-nglungkulon;nambak-ngulungkulon munjungan sebaiknya dilakukan perawatan secara berkala sehingga jalan dapat berfungsi selama umur rencana bahkan lebih.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan artikel ini, penulis ucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing dan Universitas Kadiri. Penulis berharap agar artikel ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Yuwono, Y. C. Sp, and L. D. K, “STUDY ANALISA VOLUME KENDARAAN PADA SIMPANG BERSINYAL DI PEREMPATAN ALUN ALUN KOTA KEDIRI,” *Jurmateks*, vol. 1, no. 1, pp. 101–111, 2018.
- [2] H. Yustianingsih and Istianah, “SURVEI KEPADATAN ARUS LALU LINTAS DI PERSIMPANGAN PENCENG JALAN RA. RUKMINI, KECAPI KABUPATEN JEPARA,” pp. 19–24, 2017.
- [3] R. Rahman, “Analisa Dampak Lalu Lintas (Studi Kasus: Studi Kemacetan di Jalan Ngagel Madya Surabaya),” *SMARTek*, vol. 8, no. 4, pp. 317–332, 2010.
- [4] A. Nashirudin, S. Winarto, and Sudjati, “PERENCANAAN CHECKDAM KALI NGASINAN KANAN DESA NOTOREJO KECAMATAN GONDANG KABUPATEN TULUNGAGUNG,” *Jurmateks*, vol. 1, no. 2, pp. 192–203, 2018.
- [5] R. O. Purbawa, A. Ridwan, and Y. C. S. P, “PERENCANAAN STRUKTUR ATAS ASRAMA PUTRI DI UNIVERSITAS KADIRI,” *Jurmateks*, vol. 1, no. 2, pp. 182–191, 2018.
- [6] A. D. Limantara, A. I. Candra, and S. W. Mudjanarko, “MANAJEMEN DATA LALU LINTAS KENDARAAN BERBASIS SISTEM INTERNET CERDAS KADIRI,” *semnastek*, no. November, pp. 1–2, 2017.
- [7] F. A. Lestari and Y. Apriyani, “ANALISIS DAMPAK LALU LINTAS AKIBAT ADANYA PUSAT PERBELANJAAN DIKAWASAN PASAR PAGI PANGKALPINANG TERHADAP KINERJA RUAS JALAN,” *J. Fropil*, vol. 2, no. 1,

- pp. 32–44, 2014.
- [8] T. Y. Purnomo, L. D. Krisnawati, and Y. C. Sp, “KAJIAN JEMBATAN KECAMATAN SENDANG (RUAS JALAN TUGU – PABYONGAN) KABUPATEN TULUNGAGUNG DENGAN METODE KOMPOSIT,” *Jurmateks*, vol. 1, no. 1, pp. 112–125, 2018.
- [9] I. B. P. Widiarta, “Analisis Pemilihan Moda Untuk Perjalanan Kerja (Studi Kasus : Desa Dalung, Kecamatan Kuta Utara, Badung, Bali),” *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 14, no. 2, pp. 218–225, 2010.
- [10] A. Kholiq, “Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Antara Bina Marga Dan Aashto’93 (Studi Kasus: Jalan Lingkar Utara Panyingkiran-Baribis Ajalengka),” *J-Ensitec*, vol. 1, no. 01, pp. 43–51, 2014, doi: 10.31949/j-ensitec.v1i01.15.
- [11] Direktorat Jendral Bina Marga, “Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota.” 2017.
- [12] [Kementerian PUPR]. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat direktorat jendral bina marga and D. J. B. Marga, “Manual Desain Perkerasan Jalan,” Nomor 02/M/BM/2013, 2013.
- [13] E. Kusnandar, “Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997,” *J. Jalan dan Jemb.*, vol. 26, no. 2, pp. 1–11, 2009.
- [14] R. Fitriana, “STUDI KOMPARASI PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU JALAN TOL MENGGUNAKAN METODE BINA MARGA 2002 DAN AASHTO 1993 (Studi Kasus : Ruas Jalan Tol Solo – Kertosono),” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [15] Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, “Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol,” *Standar Geom. Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol*, no. 010, 2009.
- [16] Direktorat Jendral Bina Marga, “Perencanaan Geometrik Jalan,” *Departemen Pekerjaan Umum*. 2017.
- [17] A. Theofilatos, G. Yannis, E. I. Vlahogianni, and J. C. Golias, “Modeling the effect of traffic regimes on safety of urban arterials: The case study of Athens,” *J. Traffic Transp. Eng. (English Ed.)*, vol. 4, no. 3, pp. 240–251, 2017, doi: 10.1016/j.jtte.2017.05.003.
- [18] S. Awiyaningsih, H. Moetrisono, and D. T. Sipil, “ANALISIS DAMPAK LALU LINTAS AKIBAT PEMBANGUNAN MALL LAGOON AVENUE SUNGKONO TERHADAP KINERJA SIMPANG DI JL MAYJEND SUNGKONO - HR MUHAMMAD SURABAYA,” *Tek. Eng. Sains J.*, vol. 2, no. 2, pp. 131–134, 2018.
- [19] I. T. Husodo and S. Budirahardjo, “Analisa desain pelebaran perkerasan lentur pada jalan

- wolter monginsidi semarang,” *J. Tek. Sipil Giratory Upgris*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2019.
- [20] M. L. Pangerapan, T. K. Sendow, and L. Elisabeth, “Studi Perbandingan Perencanaan Tebal Lapis Tambah (Overlay) Perkerasan Lentur Menurut Metode Pd t-05- 2005-b dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 (Studi Kasus : Ruas Jalan Bts . Kota Manado - Tomohon),” *J. Sipil Statik*, vol. 6, no. 10, pp. 823–834, 2018.