

ANALISIS PERBANDINGAN KETEBALAN LAPIS PERKERASAN ASPAL (OVERLAY) DENGAN METODE BINA MARGA 1987 DAN BINA MARGA 2024

Munding Dharma Sujana¹, Dian Kusumaningsih²,
Prodi Teknik Sipil Universitas Yudharta Pasuruan^{1,2},
E-Mail: dharmasujana7@gmail.com¹, dian@yudharta.ac.id²

ABSTRAK

Pelapisan ulang (overlay) merupakan salah satu metode rehabilitasi perkerasan jalan yang umum digunakan untuk memperpanjang umur layanan dan meningkatkan kinerja struktural jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan ketebalan overlay perkerasan aspal menggunakan dua metode, yakni Metode Bina Marga 1987 dan Metode Bina Marga 2024. Studi dilakukan pada ruas Jalan Tuter-Sumber Pitu, Kabupaten Pasuruan, dengan pendekatan deskriptif-kuantitatif berdasarkan data sekunder seperti CBR, LHR, dan hasil pengujian lendutan permukaan.

Hasil perhitungan menunjukkan perbedaan ketebalan overlay antara kedua metode. Metode Bina Marga 1987 menggunakan pendekatan semi-empiris dengan parameter lalu lintas dan daya dukung tanah, sementara Metode Bina Marga 2024 menerapkan pendekatan mekanistik-empiris yang mempertimbangkan lendutan dan kumulatif beban sumbu standar (CESAL). Hasil studi ini diharapkan dapat menjadi referensi teknis dalam menentukan metode overlay yang efisien dan sesuai dengan kondisi eksisting di lapangan.

Kata kunci: Overlay, ketebalan perkerasan, Bina Marga 1987, Bina Marga 2024, lendutan,

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu infrastruktur transportasi yang memiliki peran strategis dalam menunjang pertumbuhan ekonomi, distribusi logistik, serta mobilitas masyarakat. Di wilayah Kabupaten Pasuruan, khususnya di Kecamatan Tuter, jalan berperan penting sebagai jalur utama bagi masyarakat lokal, pelaku usaha pertanian, serta distribusi hasil panen yang menjadi komoditas unggulan daerah tersebut. Namun, seiring berjalannya waktu dan meningkatnya volume lalu lintas, termasuk kendaraan berat pengangkut hasil pertanian, kondisi perkerasan aspal di ruas Jalan Tuter mengalami berbagai kerusakan, seperti retak-retak, jalan berlubang, dan penurunan struktural. Untuk menjaga keberlangsungan fungsi jalan tersebut, salah satu solusi teknis yang umum digunakan adalah pelapisan

ulang (overlay). Langkah ini diperlukan untuk memperpanjang umur jalan serta meningkatkan kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan tersebut. Metode yang sering digunakan dalam perencanaan lapis tambah (overlay) di antaranya adalah **Metode Bina Marga 1987** dan **Metode Bina Marga 2024**.

Metode Bina Marga 1987 menggunakan pendekatan semi-empiris yang sederhana dengan mempertimbangkan nilai CBR tanah dasar dan volume lalu lintas harian rata-rata (LHR). Sebaliknya, Metode Bina Marga 2024 telah mengadopsi pendekatan mekanistik-empiris yang lebih kompleks dan mendalam, dengan mempertimbangkan sifat material, tegangan, deformasi, serta umur rencana jalan. Pada kedua metode ini dapat menghasilkan perbedaan ketebalan lapisan perkerasan. Oleh karena itu,

diperlukan menganalisis hasil perhitungan masing-masing metode.

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memperoleh pemahaman tentang perencanaan lapis tambah ketebalan aspal dan sebagai referensi metode mana yang lebih sesuai dan efisien untuk di gunakan pada jalan tertentu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif, yang bertujuan untuk mendeskripsikan dan membandingkan hasil perhitungan ketebalan overlay menggunakan dua metode berbeda, yakni Metode Bina Marga 1987 dan Metode Bina Marga 2024. Data dianalisis secara numerik untuk memperoleh perbandingan tebal perkerasan yang paling efisien dan sesuai dengan kondisi lapangan.

Penelitian ini dilaksanakan pada proyek pemeliharaan ruas Jalan Tatur-Sumber Pitu, Kabupaten Pasuruan.

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data primer dan data sekunder. Data tersebut meliputi:

- Pengamatan visual kondisi jalan eksisting
- Pengukuran lendutan menggunakan alat Benkelman Beam.
- Data LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata)
- Nilai CBR tanah dasar
- Informasi teknis dari dinas terkait (Dinas PU, Bina Marga)
- Literatur Manual Desain Bina Marga 1987 dan 2024

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui dokumentasi, yaitu pengambilan data langsung dari laporan dan dokumen proyek, serta wawancara informal dengan pihak pelaksana proyek untuk klarifikasi beberapa data teknis.

Analisis data dilakukan dengan metode Bina marga 1987 dan Manual desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024,

yang mencakup perhitungan indikator berikut:

1. Menghitung Ketebalan Overlay
 - a. Menghitung ketebalan overlay menggunakan metode Bina Marga 1987 berdasarkan parameter seperti CBR, LHR, IP, dan Faktor Regional.
 - b. Menghitung ketebalan overlay menggunakan metode Bina Marga 2024 dengan pendekatan mekanistik-empiris menggunakan data ESA, lendutan (D0, D200), VDF, dan lainnya.
2. Menganalisis hasil ketebalan overlay dari kedua metode dan membandingkan efisiensi struktural dan kesesuaian terhadap kondisi eksisting.
3. Menyimpulkan metode mana yang lebih efisien dan tepat digunakan untuk penanganan overlay di ruas jalan yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Perkerasan Dengan Metode MDPJ 2024

Umur Rencana

Umur Rencana untuk perkerasan lentur ruas jalan Tatur-Sumber Pitu Kabupaten Pasuruan diambil yaitu 10 tahun.

Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Nilai Faktor pertumbuhan lalu lintas (i) dapat ditentukan dari tabel berikut.

Tabel 1.6 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

	Jawa	Sumatra	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,15	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Bina Marga (2024)

Dari tabel diatas di dapat nilai faktor dari laju pertumbuhan lalu lintas (i) pada pulau Jawa dengan fungsi jalan desa sebesar 4,80%.

Data Lalu Lintas Harian (LHR)

Data Lalu Lintas Harian (LHR) di ruas jalan Tuter-Sumber Pitu Kabupaten Pasuruan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.7 Data LHR

Jenis Kendaraan	Golongan	LHR/(Kend/Hari)
Sepeda Motor	1	5833
Mobil Pribadi	2	1235
Mobil Pengangkut Umum	3	0
Pick up	4	128
Bus Kecil	5a	0
Bus Besar	5b	0
Truk Kecil	6a	62
Truk Sedang	6b	12
Truk 3 As (gandar)	7A1	0
Truk 4 As (gandar)	7A2	0
Truk Lebih Dari 4 As (gandar)	7A3	0

PT. Adi Dharma Engineering

Analisa Volume Lalu Lintas

- Menghitung Lalu Lintas Harian Rata-rata Awal Umur Rencana (LHR₀)

$$R_{(2023-2024)} = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i}$$

$$= \frac{(1+0,01 \times 0,0480)^{10}-1}{0,01 \times 0,0480}$$

$$= 10$$

- Menghitung Lalu Lintas Harian Rata-rata Akhir Umur Rencana (LHR_A)

$$R_{(2023-2034)} = \frac{(1+0,01i)^{UR}-1}{0,01i}$$

$$= \frac{(1+0,0480)^{10}-1}{0,01 \times 0,0480}$$

$$= 1,35$$

Lalu Lintas pada Lajur Rencana

Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL) pada desa tutur-

Sumber pitu di ambil 1 lajur yang dapat dilihat di tabel berikut.

Tabel 1.8 Lalu Lintas pada Lajur Rencana

Jalan Lajur Setiap Arah	DL(%)
1	100
2	80
3	60
4	50

Bina Marga (2024)

Adapun faktor distribusi arah (DD) dapat diambil:

DD = diambil 0,5 (untuk jalan 2 arah)

DL = 100% = 1

Faktor Ekuivalen Beban (Vehicle Damage Factor)

Tabel 1.9 VDF

Jenis Kendaraan	Golongan	kondisi			
		VDF 4		VDF 5	
Bus Besar	5B	1,2	1,2	1,3	1,3
Truk 2 Sumbu 4 Roda	6A	0,5	0,5	0,4	0,4
Truk 2 sumbu 6 Roda	6B	1,6	0,4	2,2	0,4
Truk 3 Sumbu-Berat	7A1	10,1	3	17,2	3,4
Truk 4 Sumbu-Berat	7C1	8,2	5,7	11,9	7,2

Bina Marga (2024)

Nilai VDF digunakan bergantung terhadap situasi periode beban normal Muatan Sumbu Terberat (MST). VDFfaktual digunakan pada situasi periode beban normal belum terlaksanakan dan VDFnormal digunakan pada saat periode beban normal sudah mulai beroperasi. VDF 4 digunakan saat akan mencari nilai CESA 4 untuk tebal overlay berdasarkan lendutan maksimum. Sedangkan VDF 5 digunakan untuk mencari nilai CESA 5 agar mendapatkan tebal overlay berdasarkan lengkung lendutan.

Rumus CESA 4:

- ESA_{faktual}

$$(LHR_{2023} \times VDF_{Faktual} \times 365 \times DD \times DL \times R)$$

$$LHR_{2024} \times \left(1 + \frac{i}{100}\right)^1 \times 365 \times 1 \times 1 \times 10$$

$$102 \times \left(1 + \frac{4,80}{100}\right)^1 \times 365 \times 1 \times 1 \times 10$$

$$= 390170,4$$

- ESA_{normal}

$$LHR_{2023} \times VDF_{Faktual} \times 365 \times DD \times DL \times R$$

$$LHR_{2024} \times \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{10} \times 365 \times 1 \times 1 \times 1,35$$

$$102 \times \left(1 + \frac{4,80}{100}\right)^1 \times 365 \times 1 \times 1 \times 1,35$$

$$= 52.673,004$$

Rekapitulasi perhitungan lalu lintas:

Tabel 1.10 Perhitungan Lalu Lintas

Waktu	Golongan Kendaraan								Jumlah	SAT	
	Sepeda Motor	Mobil Pribadi/PU	Pick Up/Truk Kecil	Bus Sedang	Bus Besar	Truk 2 as (gandar)	Truk 3 as (gandar)	Truk 4 as (gandar)			
REKAP KEND	5.833	1.235	190	-	-	12	-	-	3.534	Kendh	
ESAL	0,62	41,31	-	-	-	60,32	-	-	102,24	ESAL (2023)	
ESAL - 2023	Esal Dengan Pertumbuhan lalu lintas 4,8% dalam 10 tahun kedepan									163,39	ESAL (2033)
ESAL - 2033	37.317,71										
	59.638,65										

PT. Adi Dharma Engineering

Menentukan Tebal Overlay Berdasarkan Lentutan Maksimum

Tebal	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)	Suhu (°C) ($d < 10$ cm)								d (mm)	Tebal	d_4 (mm)
				T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8			
1	0	170	236	23,4	46,4	30,6	27,4	29,367	1,073	1,2	4,72	0,390236767	2,37264	5,0264
2	0	140	175	35,2	45,8	45,6	40,2	43,867	0,913	1,2	3,5	0,390236767	1,45996	2,2469
3	0	145	190	34,1	42,6	43,4	38,3	41,433	0,935	1,2	3,8	0,390236767	1,65303	2,7657
4	0	160	221	39,5	43,9	46,0	41,2	43,967	0,913	1,2	4,42	0,390236767	1,88811	3,5672
5	0	150	196	35,8	40,4	42,0	37,6	40,367	0,944	1,2	3,92	0,390236767	1,73366	3,0060

- D_r = Lentutan balik rata-rata pada segmen jalan
N = Jumlah titik yang diuji

$$D_r = \frac{\sum D_n \text{penyesuaian BB}}{n}$$

$$= \frac{9,155}{5} = 1,83 \mu\text{m}$$

- Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{N \sum D_0^2 - (\sum d_0)^2}{N(N-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{5 \times 17,21 - (83,81)^2}{5(5-1)}}$$

$$= 0,33 \mu\text{m}$$

- Lentutan maksimum (Lentutan karakteristik)

$$d_{wakil} = d_R + 2S$$

(Untuk jalan alteri/tol)

$$d_{wakil} = d_R + 1,64S$$

(Untuk jalan Jolektor)

$$d_{wakil} = d_R + 1,28S$$

(Untuk jalan Lokal)

Rumus lentutan karakteristik yang akan digunakan adalah $d_{wakil} = d_R + 1,28S$, mengingat ruas jalan yang ditinjau adalah ruas jalan Lokal.

$$d_{wakil} = d_R + 1,28S$$

$$= 1,83 + 2 \times 0,33$$

$$= 2,49 \text{ mm}$$

- Tebal overlay

Nilai lentutan karakteristik dan nilai beban rencana lalu lintas (CESA) digunakan untuk menentukan tebal overlay.

$$d_{wakil} = 2,49$$

$$CESA = 59.638,65$$

Dengan beban rencana ESA4 sebesar 52.673,004.

Dengan beban rencana CESA sebesar 59.638,65 diperoleh tebal lapis tambah (overlay) yang dibutuhkan sebesar 50 mm atau 5 cm.

Perhitungan Perkerasan dengan metode Bina Marga 1987

Umur Rencana

Umur rencana pada perkerasan lentur di ruas jalan Tutur-Sumber Pitu diambil yaitu adalah 10 tahun.

Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas (i) juga harus ditentukan, nilai i dapat ditentukan dari tabel berikut :

Perhitungan CBR Menggunakan Alat DCP

perhitungan korelasi nilai dcp ke cbr sebagai berikut :

perhitungan korelasi DCP terhadap CBR (Conus 60^o)

$$\begin{aligned} \log(\text{CBR}) &= 2,8135 - 1,313 \log \text{DCP} \\ (\text{mm/tumbukan}) & \\ &= 2,8135 - 1,313 \times \log 23,0 \\ &= 10,6\% \end{aligned}$$

Dari data yang diperoleh dilakukan perhitungan dengan cara menentukan CBR terendah, kemudian menentukan jumlah harga CBR yang sama dan yang lebih besar. Angka jumlah terbanyak dinyatakan dalam 100%, jumlah yang lain merupakan persentasi pada nilai CBR yang mewakili adalah didapat dari angka persentase 90% dan diperoleh CBR desainnya 7,1%.

Menentukan LHR Pada Umur Rencana

Tabel 1.11 Data LHR

Jenis Kendaraan	Golongan	LHR/(Kend/Hari)
Sepeda Motor	1	5833
Mobil Pribadi	2	1235
Mobil Pengangkut Umum	3	0
Pick up	2	128
Bus Kecil	5a	0
Bus Besar	5b	0
Truk Kecil	6a	62
Truk Sedang	6b	12
Truk 3 As (gandar)	7A1	0
Truk 4 As (gandar)	7A2	0
Truk Lebih Dari 4 As (gandar)	7A3	0
Jumlah		7.270

a. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHRo) Awal Umur Rencana.

$$LHR_0 = LHR$$

$$LHR_0 = 7,270 \text{ Kend/Hari}$$

b. Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHRA) Akhir Umur Rencana

Dengan Rumus sebagai berikut:

$$LHR_A = LHR_0 (1 + i)^{UR}$$

$$= 5833 (1 + 4,80)^{10}$$

$$= 9321.9077 \text{ Kend/Hari}$$

$$= 9321 \text{ Kend/Hari}$$

Perhitungan Angka ekivalen (E) untuk masing-masing jenis kendaraan

- Mobil Pribadi, berat total 2 ton. Beban as depan 1 ton as belakang 1 ton = 0,0002 + 0,0002 = 0,0004 ton
- Pickup, berat total 3 ton. Beban as depan 1 ton as belakang 2 ton = 0,0002 + 0,0036 = 0,0038

Menghitung Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

Dengan Rumus sebagai berikut:

$$LEP = LHR_0 \times C \times E$$

$$= 1235 \times 1 \times 0,0004$$

$$= 0,494$$

Menghitung Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Dengan rumus sebagai berikut:

$$LEA = LHRA \times C \times E$$

$$= 1973 \times 1 \times 0,0004$$

$$= 3,7824$$

Menghitung Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Dengan rumus sebagai berikut:

$$LET = (LEP + LEA)/2$$

$$= (13,758 + 21,7956)/2$$

$$= 17,7768$$

Menghitung Lintas Ekivalen Rencana (LER)

$$LER = LET \times UR / 10$$

$$= 17,7768 \times 10 / 10$$

$$= 17,7768$$

Mencari nilai DDT

CBR desain sebesar 7,1% setelah dikorelasikan dengan Nomogram DDT dan CBR di dapat nilai daya dukung tanah (DDT) sebesar 5,3.

Dengan rumus sebagai berikut:

$$DDT = 4,3 \times \log 7,1 + 1,7$$

$$= 4,3 \times 0,8512 + 1,7$$

=5,3

Faktor Regional (FR)

Faktor regional (FR) dapat ditentukan yaitu data-datanya sebagai berikut.

- kelandaian < 6%, presentase kendaraan berat 0,2%.
- data curah hujan < 900 mm/th.

Maka nilai FR didapat yaitu sebesar 0,5.

Perhitungan Tebal Perkerasan

- DDT = 5,3%
- LER = 17,7768
- IP = 2,0 (Arteri/Perkotaan)
- IPo = 4
- FR = 0,5

Susunan Tebal Lapis Perkerasan

Dari tabel koefisien kekuatan relatif diperoleh data sebagai berikut.

- Lapisan Permukaan
Laston(a1) = 0,4
- Lapisan Pondasi Atas
Batu Pecah Kelas A (a2) = 0,14
- Lapisan Pondasi Bawah
sirtu Kelas A (a3) = 0,13

Maka,

$$ITP = (a1 \times D1) + (a2 \times D2) + (a3 \times D3)$$

Tabel 1.12 Batas Tebal Minimum

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3.00	5	Lapis Pelindung : (buras/burtu/burda)
3.00 - 6.70	5	Lapen / Aspal Makadam, HRA, Lasbutag, Laston
6.71 - 7.49	7.5	Lapen / AspalMakadam, HRA, Lasbutag, Laston
7.50 - 9.99	7.5	Lasbutag, Laston
≥ 10	10	Laston

SKBI 1987

Tabel 1.13 Batas Tebal Minimum

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3.00	15	batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3.00 - 7.49	20	batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
	10	LASTON ATAS
7.50 - 9.99	20	batu pecah. Stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi makadam
	15	LASTON ATAS
10.00 - 12.14	20	batu pecah. Stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi makadam, LAPEN, LASTON ATAS
≥ 12.25	25	batu pecah. Stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi makadam, LAPEN, LASTON ATAS

SKBI 1987

Dari tabel tebal minimum lapis perkerasan diperoleh tebal minimum yaitu D1 minimum = 7,5 cm, dan pada tabel batas minimum tebal lapis pondasi diperoleh tebal minimum D2 minimum = 20 cm.

Maka,

$$ITP = (a1 \times D1) + (a2 \times D2) + (a3 \times D3)$$

$$3,8 = (0,4 \times 5) + (0,14 \times 20) + (0,13 \times D3)$$

$$D3 = (3,8 - 3 - 2,8)/0,13$$

$$D3 = 15,3846 = 15 \text{ cm}$$

Jadi rencana susunan lapisan perkerasan pada ruas jalan Tuter Sumber-Pitu adalah:

$$D1 = \text{Laston} = 5 \text{ cm}$$

$$D2 = \text{Batu Pecah Kelas A} = 20 \text{ cm}$$

$$D3 = \text{Sirtu Kelas A} = 15 \text{ cm}$$

Perhitungan Overlay Jalan Lama

- Kekuatan Jalan Lama:
Laston (MS.744) 7,5cm
= 60% x 5 x 0.40 = 1,8

$$\text{Batu Pecah (CBR 100) 20cm} \\ = 100\% \times 20 \times 0,14 = 2,8$$

$$\text{Sirtu Kelas A (CBR70) 15cm} \\ = 100\% \times 15 \times 0,13 = 1,95$$

$$ITP = 5,95$$

- Umur Rencana 10 tahun:

$$\begin{aligned}\Delta ITP &= ITP_{10} - ITP \\ &= 3,8 - 5,95 = 2,15 \\ D1 &= 2,15/0,40 \\ &= 5,375 = 5,5 \text{ cm}\end{aligned}$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Perbedaan hasil dalam perhitungan tidaklah menentukan salah satu metode lebih baik dari metode lainnya. Hal ini karena kondisi lingkungan/lapangan dan bahan yang tersedia antara Indonesia dan Amerika Serikat sangat berbeda.
2. Dari hasil perhitungan diketahui nilai tebal lapis tambah(overlay) dengan metode mdpj 2024 yaitu sebesar 5cm dan dengan Metode Bina Marga 1987 yaitu sebesar 5,5cm. Lebih Besar pakek metode Bina Marga 1987 di bandingkan dengan MDPJ 2024
3. Secara praktis di lapangan hasil perhitungan kedua metode tersebut dapat dikatakan relatif sama hanya terpaut 0.05 cm saja.

Saran

Berdasarkan hasil analisis tersebut penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Untuk menghindari kesalahan dalam merancang, faktor non teknis perancang harus diperhatikan, agar ketepatan membaca skala nomogram dapat diterima kebenarannya.
2. Penyesuaian faktor regional selayaknya lebih diperhatikan lagi dan perlu meningkatkan kerja sama dengan instansi terkait.

DAFTAR PUSTAKA

Fikri Ilham. 2024. "Perbandingan Desain Tebal Lapis Tambah Dengan Metode Bina Marga 2024 Dan AASHTO 1993 Menggunakan Data Lendutan Falling Weight

Deflectometer (Comprasion Of Additional Layer Thickness Design According To 2024 Bina Marga And 1993 AASHTO Methods Using Filling Weight Deflectometer Data)."

Jenderal, Direktorat, Bina Marga, Sekretaris Direktorat, Jenderal Bina, Para Direktur, Jenderal Bina, Para Kepala, Satuan Kerja, and Jenderal Bina. n.d. "I Dokumen Ini Tidak Dikendalikan Jika Di Unduh/ Uncontrolled When Downloaded."

Manoppo, Cheryl N., Theo K. Sendow, and Mecky R. E. Manoppo. 2021. "Analisa Perbandingan Desain Lapis Tambah (Overlay) Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Bina Marga 2017 Dan AASHTO 1993." *Jurnal Sipil Statik* 9(4):725–34.

Nugroho, Andi, Suhudi, and Andy Kristafi Arifianto. 2018. "Studi Perencanaan Tebal Lapisan Perkerasan Tambahan (Overlay) Pada Ruas Jalan Ki Ageng Gribig Sawojajar-Malang." *Jurnal Penelitian Mahasiswa* 2(1):145–57.

Nuryati, S. 2015. "Analisis Tebal Lapis Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 1987 Dan Aashto 1986." *Bentang* 3(1):262544.

Perkerasan, Struktur, Lentur Cara, and Bina Marga. 2018. "SAINS Vol. XIV No. 3 Agustus 2018." XIV(3).

Sukirman, Silvia. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*.