

ANALISIS PELEBARAN JALAN PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN (PHJD) DI KECAMATAN MUARA KAB. TAPANULI UTARA STA. 101 + 700 S/D 109 + 700

Julianto Tampubolon¹, Deardo S. Saragih², Ira Modifa Tarigan³
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Simalungun
Jalan Sisingamangaraja Barat Pematangsiantar Telp: (0622) 24670
Email : joelee.tampoe@gmail.com

ABSTRAK

Jalan raya merupakan faktor utama dari suatu system transportasi darat. Pada daerah pedalaman transportasi jalan raya (Highway Transportation) telah membawa perubahan besar. Sedangkan pada daerah perkotaan, jalan dapat menentukan sifat dan karakteristik struktur kota itu sendiri, yakni mengenai baik tidaknya tata ruang kota tersebut. Pada umumnya pertumbuhan ekonomi dan penduduk yang sangat pesat menyebabkan kenaikan jumlah kendaraan yang tinggi, serta system jaringan jalan yang kurang memadai atau bahkan terkesan tidak sesuai lagi dengan kondisi yang ada, secara umum kondisi ini di tunjukan dengan adanya indikasi-indikasi kemacetan dan kerusakan jalan. Pada tugas akhir ini direncanakan pelebaran Ruas Jalan Di Kecamatan Muara Kabupaten Tapanuli Utara STA. 101 + 700 S/D 109 + 700 m. Ruas jalan ini merupakan salah satu akses jalan untuk utama, oleh karena itu kendaraan yang melewati jalan tersebut sangat beragam dan dengan berat yang berbeda – beda, seperti mobil penumpang, sepeda motor, truk barang, bus, trailer dan container

Kata kunci : Perkerasan Kaku, Tebal Perkerasan, Analisa Komponen

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia untuk melakukan mobilisasi keseharian sehingga volume kendaraan yang melewati suatu ruas jalan mempengaruhi kapasitas dan kemampuan dukungannya. Kesediaan jalan sangat berguna bagi masyarakat untuk melakukan semua aktifitas atau pergerakan seperti pendidikan, kesehatan dan pekerjaan dan lain-lain. Sehingga volume lalu lintas akan semakin padat tanpa ada pelebaran jalan yang sebanding dengan banyaknya volume lalu lintas. Mengakibatkan meningkatnya beban yang harus diterima oleh struktur jalan yang akan memicu terjadi kerusakan pada struktur perkerasan jalan.

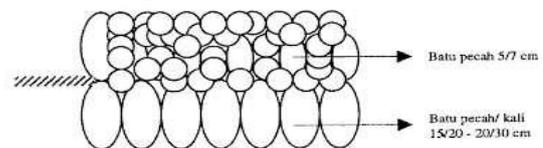
Perkerasan lentur terdiri dari lapisan pondasi bawah, lapisan pondasi atas, dan lapisan permukaan. Lapisan permukaan berupa campuran aspal dengan agregat kasar dan agregat halus, dimana proses penyatuannya dilakukan pada suhu panas tertentu dengan perbandingan aspal, agregat kasar, dan halus yang sudah ditentukan melalui *mix design*.

Oleh sebab itu dengan adanya permasalahan tersebut, penulis bermaksud untuk melakukan penelitian di Ruas Jalan Kecamatan Muara Kabupaten Tapanuli Utara STA. 101 + 700 S/D 109 + 700 m.

II. LANDASAN TEORI

Perkerasan Jalan

Sejarah perkerasan dimulai bersamaan dengan sejarah umat manusia itu sendiri yang selalu berhasrat untuk mencari kebutuhan hidup dan berkomunikasi dengan sesama. Jhon Louden MacAdam (1756-1836), orang Perancis memperkenalkan konstruksi perkerasan yang terdiri dari batu pecah dan batu kali, pori-pori di atasnya ditutup dengan batu yang lebih kecil/halus. Jenis perkerasan terkenal dengan nama perkerasan MacAdam.



Gambar 1 Perkerasan MacAdam (Sukirman, 1999).

Dasar Perhitungan Konstruksi Perkerasan

Untuk perencanaan perkerasan jalan tersebut, perlu diketahui hal-hal yang berhubungan dengan perhitungan tersebut, perlu di ingat bahwa lapisan konstruksi perkerasan adalah lapisan yang tersusun dari agregat yang disusun diatas tanah dasar, dimana lapisan tersebut berfungsi memikul beban lalu lintas,

adapun hal-hal pokok yang perlu diketahui dalam perencanaan konstruksi jalan

Data Lalu Lintas

Data lalu lintas merupakan data pokok yang sangat penting dalam perencanaan konstruksi jalan raya, data lalu lintas ini merupakan beban konstruksi yang direncanakan dan dalam perencanaannya tidak hanya didasarkan pada jumlah kendaraan tetapi juga pada variabel yang lain, antara lainnya:

- a. Volume Lalu Lintas
- b. Angka Ekuivalen (E)
- c. Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Menetapkan Tebal Perkerasan

Variabel - variabel untuk menetapkan lapisan tebal perkerasan dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Koefisien kekuatan relatif (Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan metode Analisa Komponen, Departemen Pekerjaan Umum 1987)

Koefisien Kekuatan			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR %	
0,40	-	-	744	-	-	LASTON
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	LASBUTAG
0,32	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA MACADAM LAPEN (MEKANIS) LAPEN (MANUAL)
0,26	-	-	340	-	-	
0,25	-	-	-	-	-	
0,20	-	-	-	-	-	
0,14	-	-	-	-	-	
-	0,28	-	590	-	-	LASTON ATAS
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	LAPEN (MEKANIS) LAPEN (MANUAL)
-	0,19	-	-	-	-	
-	0,15	-	-	-	-	Stab tanah dengan semen
-	0,13	-	-	-	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (Kelas A) Batu pecah (Kelas B) Batu pecah (Kelas C) Sirtu/pitrun (Kelas A) Sirtu/pitrun (Kelas B) Sirtu/pitrun (Kelas C)
-	0,13	-	-	-	80	
-	0,12	-	-	-	60	
-	-	0,13	-	-	70	
-	-	0,12	-	-	50	
-	-	0,11	-	-	30	

Tabel 2 Batas-batas minimum tebal lapisan perkerasan untuk lapis permukaan (Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan metode Analisa Komponen, Departemen Pekerjaan Umum 1987)

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
-----	--------------------	-------

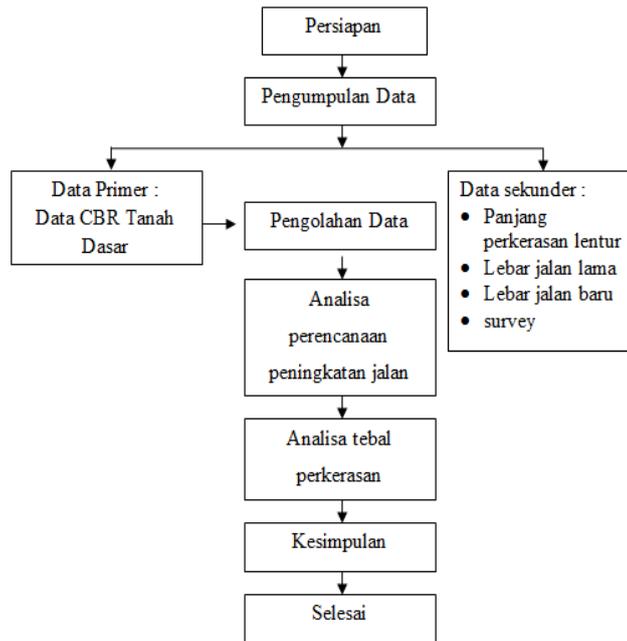
< 3,00	5	Lapis pelindung : (Buras/Burtu/Burdu)
3,00 – 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lsbutag, Laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lsbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥10,00	10	Laston

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir / Flow Chart

Sesuai dengan maksud dan tujuan dari penelitian ini serta pertimbangan batasan dan

ruang lingkup penelitian, maka rencana pelaksanaan penelitian akan mengikuti bagan alir seperti pada gambar 1



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

IV. ANALISA DATA

Daerah Penelitian

Kondisi Umum Kabupaten Tapanuli Utara yang merupakan salah satu daerah Kabupaten di Provinsi Sumatera Utara terletak di wilayah dataran tinggi Sumatera Utara dan berada pada ketinggian antara 300 - 1500 meter di atas permukaan laut.

Kondisi Geografi Secara geografis Kabupaten Tapanuli Utara terletak pada koordinat 1°20'00" -2°41'00" Lintang Utara (LU) dan 98°05' -99°16' Bujur Timur (BT). Dengan luas wilayah yang dimiliki ± 3.800,31 Km², dengan distribusi luas daratan sebesar 3.793,71 Km² dan luas perairan Danau Toba sebesar 6,60 Km².

Data Perhitungan Tebal Lapisan Perkerasan

Untuk merencanakan lapisan tebal perkerasan dengan metode analisa komponen pada perencanaan konstruksi jalan raya, perlu adanya data - data yaitu:

- Data – Data Perencanaan Tebal Lapisan Jalan
- Klasifikasi jalan = Kelas I
- Jalan = Arteri

- Lebar jalan = 8 meter
- Arah = 1 LaJur dan 2 Arah
- Panjang efektif = 2300 meter
- Perkembangan lalu lintas = 6%
- Umur rencana = 20 tahun
- Curah hujan rata-rata pertahun = 800 mm/tahun
- Kelandaian jalan = 3%
- Jenis lapisan perkerasan yang digunakan
- Lapisan permukaan = Laston
- Lapisan pondasi atas = Batu pecah kelas A
- Lapisan pondasi bawah = Sirtu kelas B
- Data CBR yang diperoleh menurut STA
- STA. 0+250 = 6,29 %
- STA. 0+250 = 6,29 %
- STA. 0+250 = 6,29 %

Menghitung LHR (Lintas Harian Rata-Rata)

Komposisi Kendaraan Awal Umur Rencana (2020)

Tabel 3 Data Lalu Lintas Harian Rata – Rata

JENIS KENDARAAN	LHR
SEPEDA MOTOR, SEKUTER, DAN RODA 3	761
SEDAN, JEEP, ST. WAGON	114
OPELET (PICKUP COMBI)	88
PICK UP, MOBIL HANTARAN, PICKUP BOX	119
BUS KECIL	10
BUS BESAR	0
TRUK RINGAN 2 SUMBU	52
TRUK SEDNG 2 SUMBU	40
TRUK AS 3	5
TOTAL	1189

Sumber : Dinas Bina Marga Provinsi Sumatera Utara

4.4. Menentukan Angka Ekuivalen

Berdasarkan tabel angka ekuivalen (E) didapat angka ekuivalen kendaraan sebagai berikut :

Tabel 4 Angka Ekuivalen

JENIS KENDARAAN	Sumbu	Sumbu	Ekivalen
Sepeda motor	(1)	0,0002	0.0002
Sedan, Jeep ST. Wagon	(1 + 1)	0.0002 + 0.0002	0,0004
Opelet (Pick up Combi)	(2 + 3)	0.0036 + 0.0183	0.0219
Pick up, Mobil Hantaran, Pick up Box	(5 + 8)	0.0143 + 0.9238	1,0648
Bus Kecil	(3 + 6)	0.0198 + 0.02510	0.0449
Bus Besar	(3 + 7)	0.0016 + 0.0466	0.0482
Truk Ringan 2 Sumbu	(3 + 5)	0.0016 + 0.1753	0.1769
Truk sedang 2 Sumbu	(6 + 12)	0.293 + 0.0002	0,2932
Truk As 3	(6 + 19)	0.0251 + 0.002	0.027

Sumber : Analisa Data

Menentukan LET (Lintas Ekuivalen Tengah)

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

Dari data, dapat dihitung LET yaitu :

$$\begin{aligned} LET_5 &= \frac{1}{2} (LEP + LEA_5) \\ &= \frac{1}{2} (160,82 + 212,89) \\ &= 186,855 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LET_{10} &= \frac{1}{2} (LEA_5 + LEA_{10}) \\ &= \frac{1}{2} (212,89 + 381,25) \\ &= 297,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LET_{15} &= \frac{1}{2} (LEA_{10} + LEA_{15}) \\ &= \frac{1}{2} (381,25 + 913,70) \\ &= 647,476 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LET_{20} &= \frac{1}{2} (LEA_{15} + LEA_{20}) \\ &= \frac{1}{2} (913,70 + 2930,35) \end{aligned}$$

$$LET_{2041} = 1922,026$$

Menentukan LER (Lintas Ekuivalen Rencana)

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

$$\begin{aligned} LER_5 &= 186,855 \times 0,5 \\ &= 93,428 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LER_{10} &= LET_{10} \times 10/10 \\ &= 297,07 \times 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LER}_{10} &= 297,07 \\ \text{LER}_{15} &= \text{LET}_{15} \times 15/10 \\ &= 647,476 \times 1,5 \\ \text{LER}_{15} &= 971,21 \\ \text{LER}_{20} &= \text{LET}_{20} \times 20/10 \\ &= 1922,026 \times 2 \\ \text{LER}_{20} &= 3844,052 \end{aligned}$$

Penentuan harga CBR (California Bearing Ratio)

Dari data yang didapat data CBR sebesar: 5,15%, 10,38%, 6,30%, 4,65%, 7,44%, 6,18%, 2,77%.

$$\begin{aligned} \text{CBR rata-rata} &= \frac{5,15\% + 10,38\% + 6,30\% + 4,65\% + 7,44\% + 6,18\% + 2,77\%}{7} \\ &= 6,12\% \\ \text{CBR max} &= 10,38\% \\ \text{CBR min} &= 2,77\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CBR segmen} &= \text{CBR rata-rata} - \frac{\text{CBR max} - \text{CBR min}}{R} \\ &= 6,12\% - \frac{10,38\% - 2,77\%}{2,83} \\ &= 3,43\% \end{aligned}$$

Nilai CBR yang didapat melalui metode grafis dan analitis adalah = 3,43 %.

Menentukan tebal lapisan perkerasan

Menentukan nilai DDT (Daya Dukung Tanah)

Dari hasil pemeriksaan data CBR, kita dapat menentukan nilai DDT dengan cara berikut:

$$\begin{aligned} \text{DDT} &= 4,3 \cdot \log 3,43 + 1,7 \\ &= 4,3 \times 0,54 + 1,7 \\ &= 4,022 \end{aligned}$$

Menentukan faktor regional (FR)

$$\% \text{ kendaraan berat} = \frac{\text{Jumlah Kendaraan Berat} \times 100\%}{1189}$$

$$\text{Jumlah semua kendaraan} = \frac{226 \times 100\%}{1189} = 19 \%$$

Dari data yang diketahui:

Curah hujan 1800 mm/tahun = iklim II > 900/tahun

Kelandaian jalan 5% = kelandaian I (<6%)

Maka faktor regional yang didapat adalah = 2,0-2,5

Indeks permukaan pengaruh

Untuk mendapatkan nilai IP dapat dilihat dari nilai LER dan tabel indeks permukaan dibawah ini. Nilai LER untuk 5 tahun kedepan adalah 99,454. Nilai LER untuk 10 tahun kedepan adalah 301,395. Nilai LER untuk 15 tahun kedepan adalah 670,838. Nilai LER untuk 20 tahun kedepan adalah 2150,316. Dengan klasifikasi jalan arteri.

Klasifikasi jalan arteri:

$$\begin{aligned} \text{LER}_5 &= 99,454 = 10 - 100 \text{ IP} &= 2,0 \\ \text{LER}_{10} &= 301,395 = 100 - 1000 \text{ IP} &= 2,0 - 2,5 \end{aligned}$$

$$\text{LER}_{15} = 670,838 = 100 - 1000 \text{ IP} = 2,0 - 2,5$$

$$\text{LER}_{20} = 2150,316 = 1000 - 3000 \text{ IP} = 2,5$$

Indeks permukaan pada awal umur rencana (ITP)

ITP dapat ditentukan melalui grafik nomogram. Untuk menentukan ITP dari grafik nomogram diperlukan data sebagai berikut. IP, IPo, DDT, LER, dan FR. Untuk mendapatkan angka IPo, Dari tabel dan grafik nomogram didapat hasil:

$$\begin{aligned} \text{Untuk 5 tahun kedepan} \\ \text{IP} &= 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} IP_o &= 3,9 - 3,5 \\ DDT &= 4,022 \\ LER_{20} &= 2150,316 \\ FR &= 2,5 \end{aligned}$$

Menetapkan tebal perkerasan

Untuk 20 tahun

Koefisien kekuatan relatif, dilihat dari tabel koefisien relatif.

- Lapisan permukaan : Laston, MS 744a1 = 0,4
- Lapisan pondasi atas : Batu Pecah kelas A a2 = 0,14
- Sirtu (CBR 50) a3 = 0,12

Tebal lapisan minimum dilihat dari ITP

- Lapisan permukaan : Laston, MS 744 d1 = 15 cm
- Lapisan pondasi atas : Batu Pecah kelas A d2 = 30 cm
- Lapisan pondasi bawah: Sirtu kelas B d3 = 40 cm
- Total dtot = 85 cm

Dari hasil analisa didapat:

CBR desain 3,43% dari penarikan garis pada gambar nomogram korelasi, didapat DDT = 4,022, DDT = 4,022 dari nomogram II dengan LER₂₀ = 2150,316 didapat ITP = 15.

Rumus :

$$\begin{aligned} ITP &= (a_1 \times D_1) + (a_2 \times D_2) + (a_3 \times D_3) \\ 15 &= (0,4 \times D_1) + (0,14 \times 30) + (0,12 \times 40) \\ 15 &= 9 + (0,4 \times D_1) \\ D_1 &= 15 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Perbandingan hasil tinjauan lapangan dan perhitungan

Hasil Tinjauan Data di Lapangan		Hasil Tinjauan Analisis Perhitungan	
(AC ABCE) + (AC-BC)(AC-WC) (15 + 5 + 5)	15 cm	(AC ABCE) + (AC-BC) (AC-WC) (7,75cm+6cm+4 cm)	15 cm
Batu Agregat Kelas A	15 cm	Batu Agregat Kelas A	15 cm
Sirtu Agregat Kelas B	30 cm	Sirtu Agregat Kelas B	30 cm
Timbunan Pilihan	55 cm	Timbunan Pilihan	55 cm

Perhitungan Umur Rencana Perkerasan Jalan Tambahan (overlay)

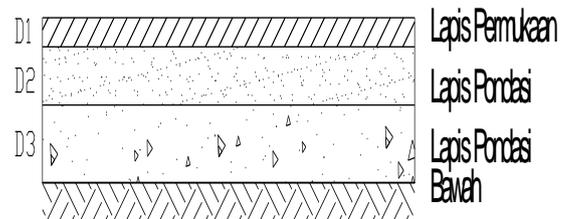
Perhitungan umur rencana perkerasan dihitung berdasarkan lintas ekivalen rencana (LER) sehingga diketahui kapan pekerjaan tambahan lapis perkerasan (overlay) pada umur rencana dilakukan. Berdasarkan nilai LER maka :

$$\begin{aligned} \sum LER &= \sum LET_{20} \cdot UR/10 \\ 3222,003 &= 2013,716 \cdot UR/10 \\ UR &= 16 \text{ tahun} \approx 20 \text{ tahun.} \end{aligned}$$

Jadi pada tahun ke 20 dari umur rencana, perkerasan jalan tersebut harus dilakukan pekerjaan overlay untuk perawatan perkerasan jalan. Nilai ITP umur rencana perkerasan dihitung dengan menentukan nilai ITP sebagai berikut :

$$\begin{aligned} ITP_{20} &= a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \\ ITP_{20} &= 0,4 \cdot 20 + 0,14 \cdot 30 + 0,12 \cdot 40 = 17. \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan lapis perkerasan overlay adalah sebagai berikut :



Gambar 2 Lapis Perkerasan Tambahan (overlay) untuk 20 Tahun

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan pada bab - bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Kebutuhan LHR pada segmen jalan tersebut untuk UR 20 tahun yaitu 23209 kendaraan/hari. Angka pertumbuhan lalu lintas merupakan hal penting yang harus di perhatikan dalam perhitungan tebal perkerasan.
2. Secara praktis ketebalan jalan pada peningkatan ruas jalan Silangit Sp. Muara – Tapanuli Utara (jalan 1 jalur 2 arah) didapat dari perhitungan sebesar 20 cm lebih besar dari perhitungan data yang didapat dari lapangan. Perbedaan hasil dalam perhitungan tidaklah menentukan salah satu metode lebih baik dari metode lainnya. Hal ini dikarenakan kondisi lingkungan/lapangan dan bahan yang tersedia.
3. Hasil perhitungan penulis ketebalan perkerasan jalan tambahan (overlay) pada

proyek Program Hibah Jalan (PHJD) Ruas Silangit Sp. Muara (Jalan 1 arah 2 Jalur) Kecamatan Muara Kabupaten Tapanuli Utara didapat sebesar 8 cm.

Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan di atas, maka penulis dapat menyampaikan beberapa saran yaitu:

1. Dalam pelaksanaan dilapangan didahulukan pekerjaan minor seperti dinding penahan tanah, drainase, dan lain-lain. Baru kita lanjutkan dengan pekerjaan mayor. Seperti penimbunan batu agregat kelas A, sirtu agregat kelas B, dan aspal laston AC WC.
2. Dalam pelaksanaan dilapangan jarak AMP (Asphalt Mixing Plant) tidak terlalu jauh dari lokasi proyek agar tidak terjadi kendala berupa penurunan suhu Asphalt Concrete (AC) yang pas untuk perhamparan.
3. Untuk menghindari kesalahan dalam merancang, faktor non teknis perancang harus diperhatikan, agar ketepatan membaca skala nomogram dapat di terima kebenarannya.
4. Penyesuaian faktor regional selayaknya lebih diperhatikan lagi dan perlu meningkatkan kerja sama dengan instansi terkait.
5. Sebaiknya pelaksanaan pengaspalan tidak dilakukan pada saat hari hujan (musim hujan).

DAFTAR PUSTAKA

- Asril Nizar, Ira Modifa, & Purba, N. (2022). Perencanaan Perhitungan Anggaran Biaya Bidang Bina Marga Pendukung Spesifikasi Tahun 2018 Pada Pembangunan Ruas Jalan Simpang Marihat – Gerak Tani Kecamatan Siantar Kabupaten Simalungun. *Jurnal Santeksipil*, 2(1), 44 – 48. <https://doi.org/10.36985/jsl.v2i1.479>
- Harahap, A. K., & Damanik, D. (2021). Evaluasi Pembangunan Drainase di Jalan Jambuara Nagori Buntu Bayu STA 0.000 – STA 3.000 Kecamatan Hatanduhan Kabupaten Simalungun. *Jurnal Santeksipil*, 1(1). <https://doi.org/10.36985/jsl.v1i1.10>
- Harahap, A. K., & Manalu, B. J. . (2021). Perencanaan Struktur Pondasi Pada Bangunan Puskesmas Jawa Maraja Bah Jambi Kabupaten Simalungun Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Santeksipil*, 1(2). <https://doi.org/10.36985/jsl.v1i2.14>
- <https://id.wikipedia.org/wiki/Aspal>
- https://id.wikipedia.org/wiki/Perkerasan_jalan
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 378/KPTS/1987.1987. Petunjuk perencanaan

Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen. Departeman Pekerjaan Umum, diterbitkan oleh Yayasan Penerbit PU

- Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor : 02/M/BM/2013
- Nizar, H. A., & Purba, V. E. (2021). Evaluasi Jalan Rabat Beton baru pada STA 2.000 - STA 3.000 di Jalan Jambuara Nagori Buntu Bayu Kecamatan Hatanduhan Kabupaten Simalungun. *Jurnal Santeksipil*, 1(1). <https://doi.org/10.36985/jsl.v1i1.8>
- Pedoman Desain Tebal Perkerasan Jalan Lentur : Pd.T.-01-2002-B
- Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan cara manual PD.T-19-2004-B.
- Saragih, D. S., Modifa, I., & Rinaldi, A. (2021). Evaluasi Tebal Perkerasan Kaku (Rigidpavement) Pada Jalan Tol Tebing Tinggi – Serbelawan Berdasarkan Metode Bina Marga 2017 Dan PCA. *Jurnal Santeksipil*, 1(2). <https://doi.org/10.36985/jsl.v1i2.12>
- Saragih, D. S., Tarigan, I. M., & Pandiangan, A. S. (2022). Analisa Ketebalan Agregat Kelas B Dan Kelas A Pada Kontrak Rehabilitas Rekonstruksi Paket Kisaran – Simpang Kawat KM 157 + 600 - 158 + 100 (Studi Kasus Jalan Nasional Kisaran-Simpang Kawat). *Jurnal Santeksipil*, 2(1), 35 –. <https://doi.org/10.36985/jsl.v2i1.478>.
- Saragih, D. S., Tarigan, I. M., & Pandiangan, A. S. (2022). Analisa Ketebalan Agregat Kelas B Dan Kelas A Pada Kontrak Rehabilitas Rekonstruksi Paket Kisaran – Simpang Kawat KM 157 + 600 - 158 + 100 (Studi Kasus Jalan Nasional Kisaran-Simpang Kawat). *Jurnal Santeksipil*, 2(1), 35 –. <https://doi.org/10.36985/jsl.v2i1.478>
- Sianturi, N. M. ., & Saragih, D. S. (2021). Evaluasi Pembangunan Drainase Ringroad Pangururan – Tomok STA 32+000 Sampai Dengan STA 38+000 Di Kabupaten Samosir. *Jurnal Santeksipil*, 1(1). <https://doi.org/10.36985/jsl.v1i1>
- Sukirman, Silvia, 1999, Aspal Beton, Nova, Bandung. Supranto, M.A.J, 1987, Statistik, Teori dan Aplikasi Edisi Kelima, Jilid 1, Penerbit Erlangga. Surabaya
- www.ilmudasardanteknik.com/2016/11/penge-tiandanjenisaspal.html?m=1