

STUDI PERENCANAAN PERKERASAN RUAS JALAN KM LIANG-MORELLA KABUPATEN MALUKU TENGAH

Syahril K Husein, Bambang Suprpto, Anang Bakhtiar

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

Jalan. Mertojoyo 11 Malang

Email : tulehunahumarury@gmail.com

ABSTRAKSI

Di negara kita telah disediakan berbagai sarana transportasi, baik itu berupa transportasi darat, transportasi laut, atau pun transportasi udara. Dengan berkembangnya suatu kawasan transportasi darat jalan km liang-morella, hal ini akan mempunyai pengaruh terhadap tingkat layanan jalan km liang-morella. Kawasan jalan km liang-morella yang menghitung perkerasan jalan kita menghitung dulu LHR (lalu- lintas harian rata-rata), perhitungan ekivalen, perhitungan lintas ekivalen permulaan (LEP), perhitungan lintas ekivalen akhir (LEA), perhitungan lintas ekivalen tengah (LET), perhitungan lintas ekivalen rencana (LER), menentukan faktor regional, menentukan daya dukung tanah (DDT) dan CBR, menentukan nilai I_p dan I_{pt} , menentukan indeks tebal perkerasan (ITP), koefisien kekuatan relatif, batas minimum tebal perkerasan, tebal lebar lapisan perkerasan, menentukan drainase. Perencanaan drainase, saluran berbentuk persegi dengan dimensi lebar penampang saluran (b) = 0,5 m, tinggi penampang saluran (h) = 0,8 m tinggi jagaan (w) = 0,3 m, yang mana dengan dimensi tersebut saluran dinyatakan aman karena nilai Q saluran lebih besar dari Q rancangan.

Kata kunci : *Perencanaan jalan, Saluran drainase, Liang- Morella, Maluku Tengah*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sejalan dengan berjalannya waktu dan masa layanan, kondisi jalan pada akhirnya akan mengalami penurunan, baik ditinjau dari pelayanan maupun kondisi strukturnya. kondisi ini memang akan terjadi pada hampir semua jaringan jalan. Pada kondisi jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi atau yang melayani kendaraan berat, penurunan umumnya ditandai dengan terjadinya kerusakan struktur seperti terjadi retak, penurunan alur roda, kriting (*conrrugation*) jembol, dan jenis kerusakan lainnya. Sedangkan pada jalan-jalan dengan volume lalu lintas rendah ditandai dengan kerusakan yang umumnya di akibatkan oleh suhu maupun lingkungan.

Dengan berkembangnya suatu kawasan, hal ini akan mempunyai pengaruh terhadap tingkat layanan jalan. Pertambahan

volume lalu lintas akan menyebabkan penurunan layanan yang diakibatkan oleh menurunnya kapasitas jalan karena adanya peningkatan hambatan samping maupun karena bertambahnya, volume lalu lintas itu sendiri yang pada akhirnya akan menyebabkan tingkat keramaian jalan meningkat.

Kondisi ini terjadi pada ruas jalan di Kabupaten Maluku Tengah, khususnya pada ruas Jalan km Liang-Morella, dengan melihat kondisi, maka Pemerintah Kabupaten Maluku Tengah merasa perlu untuk melakukan studi perencanaan jalan pada kawasan ruas Jalan km liang-morella

Sistem jaringan jalan yang ada serta strategi pengembangannya akan berdampak pada jasa angkutan, sistem distribusi dan pemasaran hasil-hasil produksi, dan akan

memberikan dampak pertumbuhan potensi wilayah dan perkembangan ekonomi di masa mendatang. Untuk itu pengembangan jaringan jalan diperlukan untuk menjamin sistem jaringan jalan dan lintas angkutan umum dapat berfungsi secara optimal dengan memanfaatkan kelebihan keunggulan dan potensi yang dimiliki, baik dari sisi rute jalan, kondisi lalu lintas dan penggunaan lahan serta nilai ekonomis jalan tersebut.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian diatas mengenai kondisi jalan penulisan dapat mengidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Jalan km Liang-Morella merupakan jalur utama untuk angkutan barang dari pelabuhan menuju kedaerah lain seperti Tulehu, serta Kabupaten diprovinsi Maluku.
2. Pada proyek jalan km Liang-Morella tebal lapisan perkerasan sudah ada namun banyak kerusakan dibanyak titik untuk itu maka didalam perencana ini akan direncanakan suatu perkerasan jalan .
3. Belum adanya drainase untuk jalan baru.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas serta melihat kondisi jalan, penulis dapat merumuskan masalah yang akan dibahas, yaitu :

1. Berapa jumlah LHR pada jalan km liang-Morella dan jenis apakah jalan tersebut ?
2. Berapa tebal lapisan perkerasan perkerasan lentur pada perencanaan jalan tersebut ?
3. Berapa dimensi saluran drainase pada jalan tersebut ?

Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari studi ini adalah:

1. mengetahui jumlah LHR, dan jenis jalan tersebut.

2. mengetahui tebal lapisan perkerasan lentur pada perencanaan jalan tersebut
3. mengetahui dimensi saluran drainase pada jalan tersebut.

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan gambaran tentang cara perhitungan tebal lapis tambahan dengan metode analisa komponen dan hitungan dimensi saluran drainase.
2. Sebagai bahan acuan pembaca dalam menghitung LHR, dan menentukan tebal perkerasan dengan metode analisa komponen dan perhitungan dimensi saluran drainase.

Lingkup Pembahasan

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka penulis hanya membahas yaitu antara lain:

1. Menentukan jenis kontruksi jalan dan klasifikasi jalan yang dipakai sesuai dengan tanah dasar, meliputi :
 - a. Menentukan kriteria jalan
 - b. Menentukan tipe jalan
 - c. Menentukan struktur jalan
2. Perhitungan volume Lalu Lintas Harian (LHR).
 - a. Penentuan tingkat pertumbuhan lalu lintas per tahun (i)
 - b. Perhitungan komposisi kendaraan pada awal umur rencana
 - c. Perhitungan LHR pada akhir umur rencana
3. Perhitungan perencanaan pertambahan lebar perkerasan
 - a. Menentukan angka ekivalen (E)
 - b. Menentukan Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)
 - c. Menentukan Lintas Ekivalen Akhir (LEA)
 - d. Menentukan Lintas Ekivalen Tengah (LET)
 - e. Menentukan Lintas Ekivalen Rencana (LER)
 - f. Menentukan daya dukung tanah CBR dan DDT.
 - g. Menentukan Faktor Regional (FR)

- h. Menentukan indeks permulaan pada akhir umur rencana (IPT) dan indeks permukaan pada awal (IPO)
 - i. Menentukan Indeks Tebal Perkerasan (ITP)
 - j. Menetapkan tebal lebar lapisan perkerasan.
4. Perencanaan sistem drainase
- 4.1 Uji konsistensi
 - 4.2 Analisa frekuensi dan probabilitas *log person*
 - 4.3 Perhitungan uji kesesuaian distribusi :
 - a. Uji *chi-kuadrat*
 - b. *Ujitemirnovkolmogorof*
 - 4.4 Perhitungan waktu konsentrasi (Tc)
 - 4.5 Perhitungan waktu konsentrasi (Tc)
 - 4.6 Perhitungan intensitas hujan (I)
 - 4.7 Perhitungan luas daerah pengaliran (A)
 - 4.8 Perhitungan koefisien pengaliran (C)
 - 4.9 Perhitungan besar debit (Q)
 - 4.10 Perhitungan dimensi saluran

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam UU Jalan Raya No. 13/1980 bahwa jalan adalah suatu sarana perhubungan darat dalam bentuk apapun meliputi segala bagian jalan termasuk bagian pelengkap dan perlengkapannya yang termasuk bagian lalu lintas. (Sumber : *Suryadharma, H dan Benikdiktus Hal. 1*)

Klas Jalan Menurut Fungsi Jalan

Berdasarkan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No. 13/1970, fungsi jalan terdiri dari : (Sumber : *Suryadharma, H dan Benikdiktus, 2008, hal 1-2*)

1. Jalan Utama
2. Jalan Sekunder
3. Jalan penghubung

Klasifikasi Jalan

Jalan berdasarkan sistem jaringan jalannya yang memenuhi syarat atau kriteria

yaitu : (Sumber : Alamsyah A.A 2006 ; Hal. 3 – 6)

1. Jalan Arteri Primer
2. Jalan Kolektor Primer kriterianya
3. Jalan Lokal Primer kriterianya
4. Jalan Arteri Sekunder kriterianya
5. Jalan Lokal Sekunder kriterianya

Kriteria Perencanaan Jalan

Penampang melintang jalan adalah potongan suatu jalan tegak lurus pada as jalan yang menggambarkan bentuk serta susunan bentuk bagian – bagian jalan yang bersangkutan pada arah melintang. (Sumber : *Alik Ansyari Alamsyah Hal. 19”2006*)

Bagian – bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Bagian jalan yang termasuk langsung untuk lalu lintas
2. Bagian yang berguna untuk drainase jalan
3. Bagian konstruksi jalan (Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum “Perencanaan Perkerasan Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen” Hal 6*)
4. Daerah Manfaat Jalan (DAMAJA)
5. Daerah Milik Jalan (DAMLIA)
6. Daerah Pengawasan Jalan (DAWASJA)

Perencanaan Perkerasan Jalan Raya

Konstruksi perkerasan jalan adalah Kontruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas.

1. Kontruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*)
2. Kontruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*)
3. Kontruksi perkerasan komposit (*composable pavement*)

Pondasi Jalan Raya

Pondasi jalan raya terdiri dari tanah dan perkerasan yang mana memiliki daya dukung yang berbeda tergantung dari jenis tanah dasarnya. Penampang bagian pondasi pada jalan raya berbeda – beda, tergantung dari jenis tanah dasar yang dapat dilihat dari harga CBR (%) atau daya dukung tanah dasarnya.

1. Lapisan Pondasi Atas (Base Course)
2. Lapisan Pondasi Bawah (Sub – Base Course)
3. Tanah Dasar (Subgrade)

Prencanaan Drainase Jalan

Drainase didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan atau lahan, sehingga fungsi kawasan atau lahan terganggu.

Analisa Hidrologi

1. Uji konsistensi data
Ketelitian hasil penelitian dalam ramalan hidrologi sangat diperlukan, yang tergantung dari konsistensi data itu sendiri, dalam suatu rangkaian cara pengamatan hujan dapat timbul non-homogenitas dan tidak kesesuaian, yang dapat mengakibatkan penyimpangan dalam perhitungan
2. Analisa frekuensi dan probabilitas
Tujuan analisa frekuensi data dan hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa – peristiwa seperti hujan lebat, banjir dan kekeringan yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan.
3. Uji kesesuaian Distribusi Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampai data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi bertujuan untuk mengetahui kebenaran dari suatu hipotesis.

Saluran (channels)

1. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi (T_c) adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan suatu aliran.

2. Menentukan luas pengaliran (A)

Luas daerah tangkapan hujan (catchment area) pada perencanaan saluran samping jalan adalah daerah pengaliran (drainage area) yang menerima curah hujan selama waktu tertentu (intensitas hujan), sehingga menimbulkan debit limpasan yang harus ditampung oleh saluran samping untuk dialirkan ke sungai. (Sumber : Shirley L Hendarsin Hal 279 – 280)

3. Menentukan besarnya koefisien pengaliran (C_w).

Koefisien pengaliran atau koefisien limpasan (C_w) adalah angka reduksi dari intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan, kemiringan atau kelandaian, jenis tanah dan durasi hujan.

4. Menghitung kecepatan aliran (V)

Kecepatan rata – rata aliran diperoleh dari rumus manning adalah :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

5. Menghitung dimensi saluran
 - a. Luas penampang basah (A)
 - b. Keliling basah (P)
 - c. Jari – jari hidrolik (R)
 - d. Kapasitas saluran (Q_1)
 - e. Tinggi jagaan (W)

PEMBAHASAN

Adapun pembahasan yang akan disajikan meliputi penentuan klasifikasi jalan km Liang-Morella, perhitungan perkerasan jalan, dan perencanaan saluran drainase.

Penentuan Klasifikasi Jalan

Penentuan klasifikasi jalan merupakan awal dari perencanaan perkerasan ruas jalan km Liang-Morella dengan umur yang direncanakan 10 tahun dan tahun pembukaan jalan tahun 2016.

Tabel 1. Data Lalu Lintas

Tahun	Lalu lintas	jumlah
2016	jl.morella- liang	7693
	jl.liang- morella	7707

Tabel 2. Data lalu lintas tahun 2016 (Jalan km Liang-Morella)

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan
1	Sepedamotor,skute r,roda 3	5213
2	Mobil penumpang	1352
3	Bus kecil	23
4	Bus besar	22
5	Truksumbutunggal	72
6	Truksumbuganda	502
7	Truk 2 sumbu	13
8	Truk 3 sumbu	1
9	Kendaraantakbermotor	52
	Jumlah	7693

Tabel 3. LHR 2016 (awal rencana)

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan X (1 + i)?	Jumlah Kendaraan/hari (2 arah)
1	Sepedamotor,skute r,roda 3	5213(1+0,1) ¹	5270.63
2	Mobil penumpang	1352(1+0,1) ¹	1353.35
3	Bus kecil	23(1+0,1) ¹	23.02
4	Bus besar	22(1+0,1) ¹	22.02
5	Truk sumbutunggal	72(1+0,1) ¹	72.07
6	Truk sumbuganda	502(1+0,1) ¹	502.5
7	Truk 2 sumbu	13(1+0,1) ¹	13.14
8	Truk 3 sumbu	1(1+0,1) ¹	1.01
9	Kendaraantakbermotor	52(1+0,1) ¹	52.05

Tabel 4. LHR 2026 (akhir rencana)

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan X (1 + i)?	Jumlah Kendaraan/hari (2 arah)
1	Sepedamotor,skute r,roda 3	5270(1+0,1) ¹⁰	5270.63
2	Mobil penumpang	1366(1+0,1) ¹⁰	1366.95
3	Bus kecil	23(1+0,1) ¹⁰	23.25
4	Bus besar	22(1+0,1) ¹⁰	22.24
5	Truk sumbutunggal	72(1+0,1) ¹⁰	72.8
6	Truk sumbuganda	507(1+0,1) ¹⁰	507.55
7	Truk 2 sumbu	13(1+0,1) ¹⁰	13.14
8	Truk 3 sumbu	1(1+0,1) ¹⁰	1.01
9	Kendaraantakbermotor	52(1+0,1) ¹⁰	52.57

Perhitungan Ekivalen (E)

LHR Pada akhir rencana dikalikan dengan nilai (E) masing – masing kendaraan :

Tabel 5. Perhitungan Ekivalen

No	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan	Koefisien Faktor Ekivalen (E) Satuan Kendaraan	Jumlah Ekivalen (ump x E)
1	Sepedamotor,skute r,roda 3	5270.63	1	5270.631
2	Mobil penumpang	1366.95	1	1366.947
3	Bus kecil	23.25	3	69.76281
4	Bus besar	22.24	3	66.72964
5	Truk sumbutunggal	72.8	2	145.5919
6	Truk sumbuganda	507.55	2	1015.099
7	Truk 2 sumbu	13.14	2	26.28743
8	Truk 3sumbu	1.01	3	3.033165
9	Kendaraantakbermotor	52.57	1	52.57487
		Total		8.0166513

Tabel 6. Perhitungan Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)

No	Jenis Kendaraan	LHR 2016	Koefisien Distribusi (C)	Ekivalen (E)	LEP
1	Sepedamotor, skuter,roda 3	5218.21	0.5	0.0004	1.043
2	Mobil penumpang	1353.35	0.5	0.0004	0.27
3	Bus kecil	23.02	0.5	0.1593	1.833
4	Bus besar	22.02	0.5	0.35	3.853
5	Truk sumbutunggal	72.07	0.5	0.1593	5.74
6	Truk sumbuganda	502.5	0.5	0.35	87.947

Perhitungan Besar Debit (Q)

$$Q = \frac{c \cdot w \cdot I \cdot A}{3,6}$$

$$\frac{0,58 \cdot \left(151,695 \frac{\text{mm}}{\text{jam}}\right) \cdot 0,032 \text{ km}^2}{3,6}$$

$$= 0,26 \text{ m}^3/\text{detik}$$

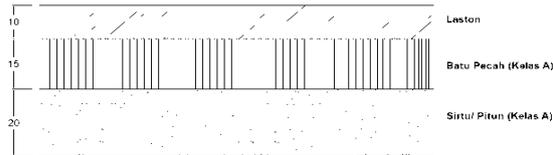
Tabel 7 Perhitungan Lintas Ekielen Akhir (LEA)

No	Jenis Kendaraan	LHR 2026	Koefisien Distribusi (C)	Ekuivalen (E)	LEA
1	Sepedamotor, skuter, roda 3	5270,63	0,5	0,0004	1,054
2	Mobil penumpang	1366,95	0,5	0,0004	0,273
3	Bus kecil	23,25	0,5	0,1593	1,851
4	Bus besar	22,24	0,5	0,35	3,892
5	Truck sumbu tunggal	72,8	0,5	0,1593	5,801
6	Truck sumbu ganda	507,55	0,5	0,35	88,821
7	Truck 2 sumbu	13,14	0,5	1,0375	6,811
8	Truck 3 sumbu	1	0,5	1,0375	0,523
9	Kendaraan tak bermotor	52,57	0	0	0
					109,026

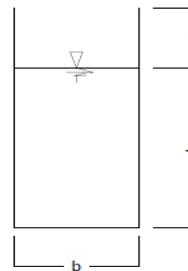
Tebal Lebar Lapisan Perkerasan

$$ITP = a_1 \cdot d_1 + a_2 \cdot d_2 + a_3 \cdot d_3$$

Umur rencana : 10 tahun



Perhitungan Dimensi Saluran



Tabel 8. Data Luas Stasiun

No	Nama	Luas	Bobot
1	Liang	76,93	21,37
2	Morella	19,07	5,30
3	Tulehu	265,04	73,34
	Total	360,04	100%

Gambar 1. Penampang Saluran

1. Penampang saluran (A)
 $A = b \times h$
 $= 0,5 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}$
 $= 0,40 \text{ m}^2$
2. Keliling basah (P)
 $P = b + 2 \cdot h$
 $= 0,5 + 2 \cdot 0,8$
 $= 2,1 \text{ m}$
3. Jari – jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$= \frac{0,40}{2,1}$$

$$= 0,19 \text{ m}$$

Perhitungan Distribusi Log Person Tipe III

NO	X	Log X	P	Log X - Log Xt	(Log X - Log Xt) ²	(Log X - Log Xt) ³
1	293,28	2,467	9,09091	0,3640	0,13251	0,04824
2	167,32	2,224	18,18182	0,1203	0,01447	0,00174
3	232,20	2,366	27,27273	0,2626	0,06896	0,01811
4	124,99	2,097	36,36364	-0,0064	0,00004	0,00000
5	68,43	1,835	45,45455	-0,2680	0,07184	0,02748
6	196,53	2,293	54,54545	0,1902	0,03617	0,00688
7	60,02	1,778	63,63636	-0,3250	0,10562	-0,03432
8	112,70	2,052	72,72727	-0,0513	0,00263	-0,00014
9	48,65	1,687	81,81818	-0,4162	0,17319	-0,07207
10	171,01	2,233	90,90909	0,129769178	0,01684	0,00219
Jumlah		21,03252		1,9984E-15	0,62227	-0,00190
Rerata		2,10325		1,9984E-16	0,06223	-0,00019
Sd		0,26295				

4. Kecepatan aliran (V)

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,012} \cdot 0,19^{2/3} \cdot 0,01^{1/2}$$

$$= 1,27 \text{ m/dtk}$$

5. Tinggi jagaan (w)

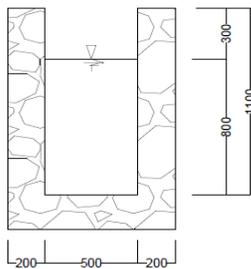
$$W = 1/3 \times h = 1/3 \cdot 0.8 = 0.26 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$$

6. Kontrol kapasitas saluran

$$Q = A \cdot V$$

$$= 0.84 \times 1,27$$

$$= 1,066 \text{ m}^3/\text{dtk}$$



Gambar 2. Tinggi Jagaan (w)

Dari hasil nilai kontrol diatas saluran drainase dinyatakan aman karena Q saluran $= 1,066 \text{ m}^3/\text{dtk} > Q = 0,26 \text{ m}^3/\text{dtk}$

PENUTUP

Kesimpulan

1. Dari hasil LHR sebesar 8.0166513 ,maka dapat ditentukan kelas jalan yang digunakan pada studi ini adalah fungsi arteri jalan utama kelas 1,sesuai dengan ketentuan klasifikasi kelas jalan Direktorat Jendral Bina Marga.
2. Perencanaan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan menggunakan metode analisa komponen, pada CBR 10,05% dengan susunan lapisan:
 - Laston =10
 - Batu pecah(KelasA) =15
 - Sirtu/Pitrun (KelasA) =20

3. Dari pengolahan data hujan dari tiga buah stasiun penakar hujanya itu Stasiun Morella, Stasiun Liang, dan Stasiun Waii diperoleh dimensi saluran dengan bentuk persegi, $b=0,5 \text{ m}$ $h=0,8 \text{ m}$.

Saran

1. Untuk studi perencanaan konstruksi perkerasan jalan lentur (*flexible pavement*) dapat dilanjutkan dengan menggunakan metode AASHTO 1993 (*America Association Of State Highway And Transportation Officials 1993*).
2. Untuk perencanaan drainasi perhitungan hujan rancangan dapat dilanjutkan dengan menggunakan metode distribusi gumbel.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A,A, Edisi Revisi (2006), *Rekayasa Jalan Raya*, Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang
- Direktorat Jendral Bina Marga, (1992), *Standart Perencanaan Geometric Untuk Jalan Perkotaan*, Penerbit Direktorat Pembinaan Jalan Kota
- Hendarsin, S.L, Cetakan Pertama (2000), *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Penerbit Politeknik Negeri Bandung Jurusan Teknik Sipil,
- Bandung Suryadharma, H, Dan Susanto, B, (1999), *Rekayasa Jalan Raya*, Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Sukirman, S, (1994), *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Penerbit Nova Bandung
- Sukirman, S, (1994), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova Bandung

Saodang, H, Edisi Pertama (2004), *Konstruksi Jalan Raya Buku 1 Geometrik Jalan*, Penerbit Nova Bandung

Suripin, (2003), *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Penerbit Andi Yogyakarta

Saodang, H, Edisi Kedua (2005), *Konstruksi Jalan Raya Buku 2 Geometrik Jalan*, Penerbit Nova Bandung

Sutanto, (2006), *Pedoman Drainase Jalan Raya*, Penerbit-Universitas Indonesia Jakarta

Soedarsono, U.D, (1979), *Konstruksi Jalan Raya*, Penerbit Departemen Pekerjaan Umum

Soemarto, C.D, Edisi Kedua (1999), *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga Jakarta