

ANALISIS KETEBALAN DAN BIAYA PERKERASAN JALAN DI RUAS JALAN RAYA LAMONGAN – MOJOKERTO

Bantot Sutriono¹, Eko Budimanto²

¹Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
email: bantot_s@yahoo.co.id

²Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Abstrak

Penurunan kinerja perkerasan jalan ditunjukkan dengan terjadinya kerusakan, yang mengganggu fungsi jalan dalam memberikan pelayanan kepada pengguna jalan. Faktor penyebab terjadi kerusakan permukaan jalan adalah beban lalu lintas harian rata-rata (LHR) dan kualitas jalan tersebut. Cara untuk memperlambat penurunan kinerja jalan adalah dilakukan pemeliharaan jalan secara berkesinambungan, sehingga jalan tersebut masih memiliki tingkat pelayanan yang baik. Tujuan penelitian ini adalah (1) Mendapatkan cara yang tepat harus dilakukan untuk menyelesaikan kerusakan lapisan perkerasan jalan di ruas jalan raya Lamongan – Mojokerto, (2) Mendapatkan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan kerusakan lapisan perkerasan jalan tersebut. Hasil penelitian adalah (1) Cara tepat yang harus dilakukan untuk menyelesaikan kerusakan lapisan perkerasan jalan tersebut adalah dengan memberikan tebal lapisan tambahan (*overlay*). Tebal lapisan tambahan 5 cm tersebut ditambahkan di lapisan ATB, yang awalnya 8 cm menjadi 13 cm. Hal ini dilakukan jika lebih 10% dari panjang jalan adalah berupa retak, maka diperlukan peningkatan struktur, dan berdasarkan analisis dan perhitungan, didapat tebal lapisan tambahan sebesar 5 cm untuk umur rencana 5 tahun. (2) Setelah dilakukan perhitungan diperlukan biaya Rp21,304 Milyar. Bila dibandingkan dengan lapisan ATB awal yaitu 8 cm diperlukan biaya sebesar Rp18,594 Milyar. Jadi ada tambahan biaya sebesar Rp2,710 Milyar untuk perbaikan perkerasan jalan. Hal tersebut disebabkan karena ada peningkatan pertumbuhan LHR sebesar 2,5%.

Kata kunci : LHR, *overlay*, perkerasan jalan

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Seiring dengan bertambahnya waktu, jalan mengalami penurunan kondisi (kinerja perkerasannya menurun). Hal tersebut disebabkan beban lalu lintas atau faktor lingkungan. Sehingga jalan tersebut akan mempunyai kondisi yang dipandang mengganggu kelancaran pengguna jalan.

Penurunan kinerja perkerasan jalan ditunjukkan dengan terjadinya kerusakan, yang mengganggu fungsi jalan dalam memberikan pelayanan kepada pengguna jalan. Faktor penyebab terjadi kerusakan permukaan jalan adalah beban lalu lintas (Lalu Lintas Harian Rata-rata / LHR) dan kualitas jalan tersebut. Cara untuk memperlambat penurunan kinerja / kondisi jalan dilakukan pemeliharaan jalan secara terus menerus (berkesinambungan), sehingga jalan tersebut masih memiliki tingkat pelayanan yang baik.

Kerusakan tersebut dialami ruas jalan sepanjang Lamongan–Mojokerto (Link 042.1) Jawa Timur, terlihat retak memanjang dan bergelombang, terutama pada tikungan dan kemiringan jalan. Kerusakan pada tikungan dan kemiringan jalan terjadi karena pengaruh gaya centrifugal dan beban gandar lalu lintas (Lalu Lintas Harian Rata-rata / LHR) yang besar.

Dari permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis kerusakan di ruas jalan raya Lamongan – Mojokerto. Tujuan penelitian ini adalah (1) Mendapatkan cara yang tepat harus dilakukan untuk menyelesaikan kerusakan lapisan perkerasan jalan di ruas jalan tersebut, (2) Mendapatkan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan kerusakan lapisan perkerasan jalan tersebut.

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Definisi Jalan

Dalam Undang-undang Republik Indonesia Nomer 13 tahun 1980 Tentang Jalan didefinisikan, bahwa jalan adalah suatu prasarana perhubungan dalam bentuk apapun, meliputi segala bagian termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas. Jalan umum adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum. Jalan khusus adalah jalan yang tidak diperuntukkan bagi lalu lintas umum. Jalan tol adalah jalan umum yang kepada para pemakainya dikenakan kewajiban membayar tol.

Jalan raya adalah jalan utama yang menghubungkan satu kawasan dengan kawasan yang lain. Biasanya jalan besar ini mempunyai ciri-ciri berikut:

1. Digunakan untuk kendaraan bermotor
2. Digunakan oleh masyarakat umum
3. Dibiayai oleh perusahaan Negara
4. Penggunaannya diatur oleh undang-undang pengangkutan.

Keberadaan infrastruktur jalan yang baik serta lancar untuk dilalui penting perannya dalam mengalirkan pergerakan komoditas yang selanjutnya akan mampu menggerakkan perkembangan peri kehidupan sosial dan meningkatkan kemampuan ekonomi masyarakat. Kondisi jalan yang lancar merupakan ukuran yang dapat menggambarkan baik buruknya operasional lalu lintas berupa kecepatan, waktu tempuh (efisiensi waktu), kebebasan bermanuver, kenyamanan, pandangan bebas, keamanan dan keselamatan jalan. (Direktorat Jendral Bina Marga, 1992).

2.2. Pengelompokan Jalan Berdasarkan Perannya

Pengelompokan jalan berdasarkan peranannya dapat digolongkan menjadi

1. Jalan Arteri, yaitu jalan yang melayani angkutan jarak jauh dengan kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah masuk dibatasi secara efisien
2. Jalan Kolektor, yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpulan dan

pembagian dengan ciri-ciri merupakan perjalanan jarak dekat dengan kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk dibatasi

3. Jalan Lokal, yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-ratanya rendah dengan jumlah jalan masuk dibatasi.

Pengelompokan Jalan Menurut Kelasnya

Pengaturan kelas jalan dilakukan berdasarkan peraturan perundang-undangan dibidang lalu lintas dan angkutan jalan (UU 14/1992 dan PP No. 43/1993) Kelas jalan dibagi kedalam kelas I, II, III-A, III-B dan III-C berdasarkan kemampuannya untuk dilalui oleh kendaraan dengan dimensi dan MST tertentu.

Tabel 1. Kelas Jalan dan Spesifikasi Prasarana Jalan

	KELAS I	KELAS II	KELAS III-A	KELAS III-B	KELAS III-C
Fungsi Jalan	Arteri	Arteri	Arteri/ Kolektor	Kolektor	Kolektor
Dimensi/ Lbr. Kendaraan	Maksimal 2.50 M	Maksimal 2.50 M	Maksimal 2.50 M	Maksimal 2.50 M	Maksimal 2.10 M
Dimensi/ Pjg. Kendaraan	Maksimal 18.0 M	Maksimal 18.0 M	Maksimal 18.0 M	Maksimal 18.0 M	Maksimal 9.0 M
Mst	> 10 Ton	10 Ton	8 Ton	8 Ton	8 Ton

Sumber : UU 38/2004, Pasal 10

Pengelompokan kelas jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarananya Penjelasan UU 38/2004, Pasal 10 :

1. Jalan Bebas Hambatan (*Freeway*)
 Jalan umum untuk lalu lintas menerus yang memberikan pelayanan menerus/ tidak terputus dengan pengendalian jalan masuk secara penuh, dan tanpa adanya persimpangan sebidang, serta dilengkapi dengan pagar ruang milik jalan, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah dan dilengkapi dengan median.
2. Jalan Raya (*Highway*)
 Jalan umum untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas dan dilengkapi dengan median, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah.
3. Jalan Sedang (*Road*)
 Jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan

masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar paling sedikit 7 (tujuh) meter.

4. Jalan Kecil (*Street*)

Jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar paling sedikit 5.5 (lima setengah) meter.

Tabel 2. Persyaratan Teknis Jalan Menurut Kelasnya

Aspek Persyaratan Teknis	Kelas Jalan			
	Jalan Bebas Hambatan	Jalan Raya	Jalan Sedang	Jalan Kecil
Jalan Lalu Lintas	Menerus	Menerus	Jarak Sedang	Setempat
Pengendalian Jalan Masuk	Pengendalian Penuh	Dibatasi	Tidak Dibatasi	-
Persimpangan Sebidang	Tidak Boleh Ada	-	-	-
Pagar Rumija	Harus Ada	-	-	-
Median	Harus Ada	Harus Ada	-	-
Jumlah Lajur	Min. 2 Per Arah	Min. 2 Per Arah	Min. 2 Untuk 2 Arah	Min. 2 Untuk 2 Arah
Lebar Lajur	Min. 3.5 m	Min. 3.5 m	-	-
Lebar Jalur	-	-	7.0 m	5.5 m
Ruang Milik Jalan	Min. 30 m	Min. 25 m	Min. 15 m	Min. 11 m

2.3. Lalu Lintas Kendaraan

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melintas satu titik pengamatan dalam satu satuan waktu. Volume lalu lintas memerlukan lebar perkerasan yang lebih besar, agar tercipta keamanan dan kenyamanan. Sebaiknya jalan yang terlalu lebar untuk lalu lintas dalam 1 tahun dibagi 365 hari dalam satuan mobil penumpang (SMP). Volume lalu lintas diperoleh dengan : analisa lalu lintas saat ini dan perkiraan faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana. (Depkimpraswil, 2003).

2.4. Jenis Kerusakan Jalan

Kerusakan yang terjadi di permukaan atas jalan dapat dibedakan sebagai berikut (Depkimpraswil, 2003) :

1. Retak (*Cracking*), terdiri dari :
 - a. Retak halus (*Hair Cracking*)
 - b. Retak kulit buaya (*Aligator craking*)
 - c. Retak pinggir (*Edge Cracking*)
 - d. Retak sambungan bahu dan

- e. Retak sambungan jalan (*Lame Join Cracking*)
 - f. Retak sambungan pelebaran jalan (*Widening Cracking*)
 - g. Retak refleksi (*Reflection Cracking*)
 - h. Retak susut (*Shinkage Cracking*)
 - i. Retak selip (*Slippage Cracking*)
2. Distorsi (*Distortion*) terdiri dari :
 - a. Alur (*Rust*)
 - b. Amblas (*Grade Depressions*)
 - c. Jembul (*Upheaval*)
 3. Cacat Permukaan (*Disintegration*) terdiri dari :
 - a. Lubang (*Potholes*)
 - b. Pelepasan butir (*Raveling*)
 - c. Pengelupasan lapisan permukaan (*Stripping*)
 4. Pengausan (*Polished Aggregate*)
 5. Kegemukan (*Bleeding or Flushing*)
 6. Penurunan Pada Bekas Penanaman Utilitas

2.5. Struktur Perkerasan Jalan

Tujuan utama pembuatan struktur perkerasan jalan adalah untuk mengurangi tegangan atau tekanan akibat beban roda sehingga mencapai nilai yang diterima oleh tanah yang menyokong struktur tersebut. (Saodang, Hamirhan, 2010).

Menurut Setianto, (1999), tentang perkerasan pondasi bawah yang umum di Indonesia adalah dengan :

- a. Batu belah dengan balase pasir (konstruksi *system Telford*)
- b. Dengan pasir berbatu (sirtu) atau tanah sirtu (*pit-run graded*)

Kendaraan pada posisi diam diatas struktur yang diperkeras menimbulkan beban langsung pada perkerasan yang terkonsentrasi pada bidang kontrak yang kecil antar roda dan perkerasan. Ketika kendraan bergerak timbul tambahan tegangan dlnamis akibat pergerakan kendaraan keatas dan kebawah karena ketidakrataan perkerasan, hal ini akan menimbulkan efek pukulan tambahan pada permukaan jalan ketika kendaraan berjalan.

Struktur perkerasan terdiri dari lapisan tanah dasar, lapis pondasi bawah, lapisan pondasi, lapisan permukaan. Konstruksi perkerasan pada prinsipnya dapat dibagi menjadi:

1. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan PC.
2. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan dengan bahan pengikatnya menggunakan aspal. Lapisan mempunyai sifat menyebarkan dan memikul beban lalu lintas.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composit pavement*) yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur. (Robinson, 1995).

Intensitas tegangan statis dan tegangan dinamis terbesar terjadi dipermukaan perkerasan dan terdistribusi dengan bentuk piramid dalam arah vertikal pada seluruh ketebalan struktur perkerasan. Peningkatan distribusi tegangan tersebut mengakibatkan tegangan semakin kecil sampai permukaan lapis tanah dasar, tegangan itu cukup kecil sehingga tidak mengakibatkan lapis tanah dasar tidak mengakibatkan distorsi atau rusak. Untuk menyederhanakan masalah distribusi beban berbentuk piramid dapat di asumsikan mempunyai sudut 45° terhadap bidang horizontal dan dapat memberikan perkiraan angka yang tepat. Dalam kenyataannya distribusi itu terjadi sedikit lebih besar pada bagian atas lapisan perkerasan jalan tersebut.

2.6. Indeks Tebal Perkerasan

Menurut Dirjen Bina Marga (2009) indeks tebal perkerasan dinyatakan dalam persamaan :

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \dots \dots \dots (1)$$

Average Daily Traffic (ADT)

Average Daily Traffic / Lalu-lintas harian rata-rata adalah volume lalu-lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal dua jenis

lalu-lintas harian rata-rata yaitu lalu-lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dan Average Daily Traffic (ADT).

LHRT adalah jumlah lalu-lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data-data selama 1 tahun penuh.

$$LHRT = \text{Jumlah lalu-lintas dalam 1 tahun} \dots (2)$$

$$LHRT = (1+i)^n \cdot LHR \dots \dots \dots (3)$$

di mana :

n = Jangka waktu 10 tahun, perkiraan umur jalan

i = Besar angka pertumbuhan lalu-lintas dengan nilai i = 2.5%

LHRT dinyatakan dalam SMP/ hari/2 arah

$$LHR = \frac{\text{jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}} \dots \dots (4)$$

(Dirjen Dikti, 1997)

2.7. Volume Jam Perencanaan (VJP)

Volume jam perencanaan dihitung sebagai berikut :

- Apabila terdapat arus lalu-lintas per jam yang melebihi volume jam perencanaan maka kelebihan tersebut boleh mempunyai nilai yang terlalu besar
- Volume tersebut tidak boleh mempunyai nilai yang sangat besar, sehingga akan mengakibatkan jalan menjadi lenggang biayanya mahal
- Volume tersebut tidak boleh terlalu sering terdapat pada distribusi arus lalu-lintas setiap jam untuk periode satu tahun

$$VJP = K \times LHR \text{ atau } LHR = VJP/K \dots (5)$$

di mana :

K = Faktor VJP yang diperoleh jam sibuk beberapa jalan antar kota atau jalan di dalam kota.

Nilai dapat bervariasi antara 10% - 15% untuk jalan antar kota, Sedangkan untuk jalan dalam factor K akan lebih kecil.

2.8. Lintas Ekuivalen

Lintas ekuivalen menurut Dirjen Bina Marga dibedakan menjadi :

- a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = LHR_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (6)$$

di mana :

- J = jenis kendaraan
- C = koefisien distribusi kendaraan
- E = angka ekuivalen

b. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

$$LEA = LHR_j (1 + I) \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (7)$$

di mana :

- i = perkembangan lalu lintas
- J = jenis kendaraan

UR = umur rencana

c. Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

$$LET = LEA - LEP \dots\dots\dots (8)$$

di mana :

- LET = Lintas ekuivalen tengah
- LEA = Lintas ekuivalen akhir
- LEP = Lintas ekuivalen permulaan

d. Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

$$LER = LET \times FP \dots\dots\dots (9)$$

di mana :

- LER = Lintas ekuivalen rencana
- LET = Lintas ekuivalen tengah
- FP = UR/10

e. Faktor umum rencana yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalu lintas. (N) faktor ini merupakan pangali yang diperoleh dari penjumlahan harga rata-rata setiap tahun

Tabel 3. Nilai N (15) untuk Perhitungan AE 18 KSAI

Tahun	r%					
	2%	4%	5%	6%	8%	10%
1	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.05
2	2.04	2.08	2.08	2.12	2.16	2.21
3	3.09	3.18	3.18	3.30	3.38	3.48
4	4.16	4.33	4.42	4.51	4.69	4.87
5	5.25	5.53	5.66	5.80	6.10	6.41
6	6.37	6.77	6.97	7.18	7.63	8.10
7	7.51	8.06	8.35	8.65	9.28	9.96
8	8.70	9.51	9.62	10.20	11.05	12.00
9	9.85	10.79	11.30	11.84	12.99	14.26
10	11.05	12.25	12.90	13.60	15.05	16.73
15	17.45	20.25	22.15	23.90	28.30	33.36
20	24.55	30.40	33.90	37.95	47.70	60.20

2.9. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan maksimum yang diijinkan, sehingga tidak menimbulkan bahaya. Didalam merencanakan geometri jalan raya, kecepatan rencana

yang dipakai disesuaikan dengan type jalan sifat lapangan, seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandangan, dan lain-lain, Kecepatan yang ditetapkan untuk perencanaan dimana korelasi segi-segi fisiknya akan mempengaruhi operasi kendaraan.

Dipandang dari segi pengemudi, kecepatan rencana dinyatakan sebagai kecepatan yang memungkinkan seseorang pengemudi didapat mengemudi dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca cerah, lalu-lintas lengang, dan tanpa pengaruh lainnya yang serius. Dengan perkataan lain perencanaan geometrik Standart adalah disain yang mempunyai batas keamanan. Oleh karena itu kecepatan rencana dapat di lampau pada saat mengemudi, jika alinuyennya mempunyai kondisi yang baik. Untuk memperoleh kecepatan rencana, dapat diperoleh dengan mendasari kelas jalan.

Tabel 4. Kecepatan Rencana

Tipe Jalan	Kelas Jalan	Kecepatan (Km/jam)
Tipe I	Kelas I	100 atau 80
	Kelas II	100 atau 60
Tipe II	Kelas I	60
	Kelas II	60 atau 50
	Kelas III	40 atau 30
	Kelas IV	30 atau 20

Sumber dari rekayasa jalan raya, 15

Tabel 5. Pembagaian Kelas Jalan

VLR (smp/hari) Fungsi	>50.000	50.000	
Jalan	Kelas I		Kelas II
Arteri	Kelas I	Kelas II	
VLR (smp/hari) Fungsi	> 30.000	30.000 ≥	10.000 ≥
Jalan kolektor D B	Kelas III	Kelas III	Kelas IV
	Kelas III	Kelas III	Kelas IV
VLR (smp/hari) Fungsi	>30.000	10.000 ≥ > 1000	1000 ≥
Jalan Lokal	Kelas III	Kelas IV	Kelas V
	Kelas III	Kelas IV	Kelas V

Sumber dari: Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 4

di mana :

- VLR = Volume lalu-lintas rencana (smp/hr)
- D = Datar
- G = Pegunungan
- B = Pembaikan

Dengan menggunakan Rumus :

$$V = \text{dengan satuan m/detik (km/jam)} \dots (10)$$

di mana :

- V = Kecepatan kendaraan (Km/jam)
- t = waktu (detik)
- S = Jarak / panjang busur (m)

Besar kecepatan yang terjadi jika dibandingkan dengan kecepatan ijin pada suatu ruas jalan memang sulit dicegah sekalipun dengan pemberian raubu-rambu. Untuk itu perlu penyusunan observasi dimana lokasi pada tikungan yang ada disepanjang Jalan Raya Lamongan-Bts. Kab.Mojokerto, adapun caranya adalah

1. Menentukan panjang busur dan juring lingkaran melalui data lapangan/observasi.
2. Dengan menggunakan Stop Watch waktu tempuh kendaraan untuk melewati titik busur atau juring lingkaran diukur

Sebagaimana telah dijelaskan pada uraian sebelumnya. Bahwa karakteristik pengemudi adalah teknologi yang semakin canggih, kendaraan yang ada semakin memiliki tingkat kenyamanan yang tinggi pula, dan juga tergantung dari beberapa faktor :

- a. Kemampuan pengemudi mengontrol kendaraan
- b. Tipe dan kondisi jalan
- c. Karakteristik mental pengemudi
- d. Kecepatan
- e. Tujuan perjalanan
- f. Warna ukuran dan bentuk halangan

III. METODE PENELITIAN

3.1. Definisi Operasional dan Variabel

1. Penentuan Karakter Lalu Lintas
 Menghitung jumlah rata-rata kendaraan yang melewati jalan Lamongan – Bts.Kab.Mojokerto atau sebaliknya setiap tahun untuk mobil penumpang,

mini bus dan sejenisnya, serta truk sedang.

2. Perhitungan LHR Rencana
 Perhitungan Jumlah Lalu lintas harian rata-rata (LHR rencana) untuk umur rencana 5 tahun dan 10 tahun, arah kota Lamongan–Bts.Kab.Mojokerto berdasarkan golongan kendaraan
 $LHR_{rencana} = LHR (1 + i)^n$
3. Perhitungan Kenaikan LHR
 Setelah dilakukan perhitungan rencana LHR rencana, kemudian dilakukan perhitungan kenaikan LHR dari tahun ke tahun berdasarkan golongan kendaraan
 $LHR_{naik} = LHR_n - LHR_{n-1}$
4. Perhitungan Pertumbuhan LHR
 $i = (LHR_n / LHR_{n-1} - 1) \times 100\%$
 $i \text{ rata-rata} = \Sigma i / n$
5. Perhitungan Pertumbuhan LHR Tiap Tahun Berdasar Golongan Kendaraan
6. Perhitungan Lintas Ekuivalen
 $LHR_{tahun ke n} = LHR_n (1 + i)$
 $LEP = LHR_{ke n} \times C \times E$
 $AE \ 18 \ KSAL = 365 \times LEP \times N$
7. Perhitungan Beban Gandar Kendaraan
 Untuk mengetahui besarnya beban gandar terhadap umur rencana jalan, dapat dilakukan dengan menghitung beban gandar standar (ESAL) dan persentase
 $\% = (E / \Sigma E) \times 100$
 $\% ADT = (LHR_n / \Sigma LHR_n) \times 100$
8. Perbandingan Persentase ADT dan ESAL
 Setelah dilakukan perhitungan beban gandar terhadap umur rencana jalan, selanjutnya dibandingkan antara ADT dan ESAL dalam bentuk persentase
9. Perhitungan Lendutan Jalan
 Setelah dilakukan perbandingan persentase ADT dan ESAL, selanjutnya dilakukan pemeriksaan lendutan jalan dengan alat Benkelman Beam
 $X = \Sigma d / n$
 $S = (\sqrt{n(\Sigma d^2) - (\Sigma d)^2}) / n(n-1)$
10. Penentuan Tebal Lapisan Tambahan
 Dari perhitungan lendutan tersebut diketahui nilai ITN dan DTN sebagai dasar untuk menentukan tebal lapisan

tambahan pada *overlay* yang ditentukan, terutama kerusakan akibat beban gandar kendaraan pada jalan diruas jalan yang miring dan lengkung.

$$ITN = ADT \times E$$

$$DTN = ITN \times F$$

$$D = x + 2.S$$

11. Perhitungan Perkerasan Jalan

Setelah diketahui tebal lapisan tambahan kemudian dihitung biaya perkerasan jalan berdasarkan panjang jalan dan ketebalan sesuai dengan aturan Dirjen Bina Marga.

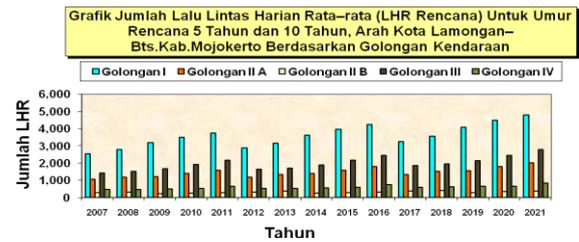
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penentuan Karakter Lalu Lintas

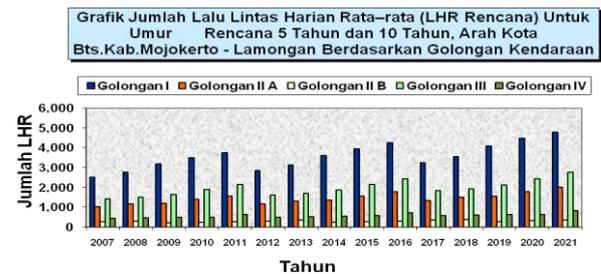
Jumlah kendaraan yang melewati jalan Lamongan – Bts.Kab.Mojokerto atau sebaliknya setiap tahun mengalami kenaikan rata-rata 2,4% untuk mobil penumpang, mini bus dan sejenisnya, serta truk sedang. Wawancara yang dilakukan penulis dengan Pegawai DPU Bina Marga, didapatkan bahwa hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh *High Way Transport Planing Project and Traffic for Screening Road Bettermant Project* adalah LHR untuk semua jenis kendaraan di Jawa Timur dari tahun 1989 sampai tahun 2015 mencapai 2,5%. LHR ini berlaku juga untuk jalan raya Lamongan–Bts.Kab. Mojokerto, sehingga besaran LHR tersebut dapat digunakan sebagai standar perhitungan perencanaan pembuatan jalan dengan $i = 2,5\%$.

4.2. Perhitungan LHR Rencana

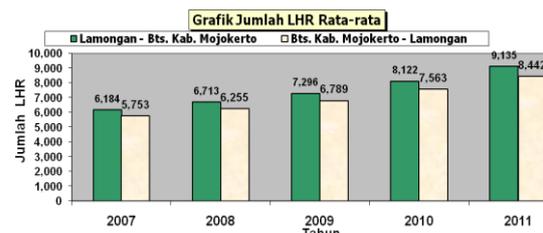
Untuk mengetahui perkembangan lalu lintas di sepanjang jalan Lamongan–Bts.Kab.Mojokerto, maka dapat dilihat dari perhitungan LHR rumus dengan $i=2,5$.



Gambar 1. Jumlah LHR Rencana Lamongan - Bts. Kab. Mojokerto



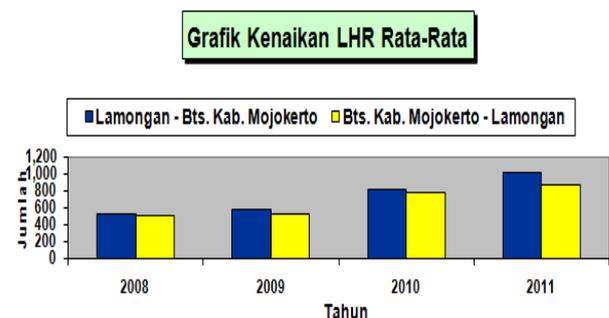
Gambar 2. Jumlah LHR Rencana Bts. Kab. Mojokerto – Lamongan



Gambar 3. Grafik Jumlah LHR Rata-rata

4.3. Perhitungan Kenaikan LHR

Setelah dilakukan perhitungan rencana LHR rencana, kemudian dilakukan perhitungan kenaikan LHR dari tahun ke tahun berdasarkan golongan kendaraan adalah sebagai berikut :

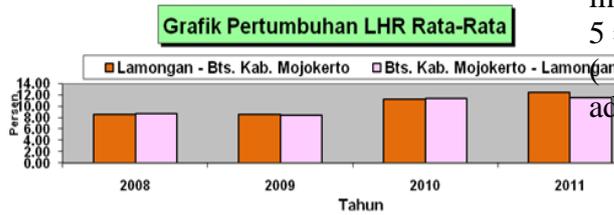


Gambar 4. Grafik Kenaikan LHR Rata-rata

Perhitungan Pertumbuhan LHR

Selanjutnya dilakukan perhitungan pertumbuhan LHR. Rumus pertumbuhan

adalah $i = (LHR_t - LHR_{t-1}) \times 100\%$, hasilnya sebagai berikut :



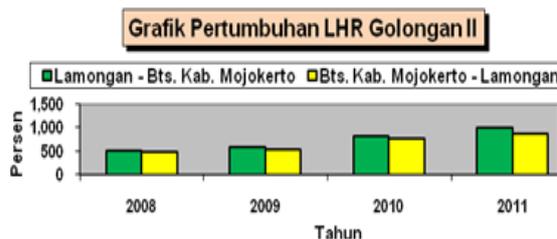
Gambar 5. Grafik Pertumbuhan LHR Rata-rata

Perhitungan Pertumbuhan LHR Tiap Tahun Berdasar Golongan Kendaraan

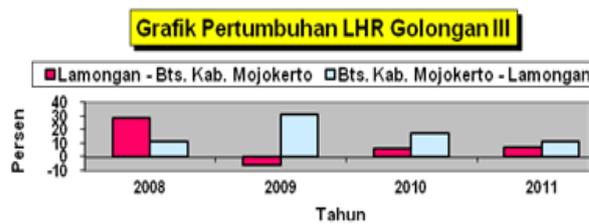
Selanjutnya dilakukan perhitungan pertumbuhan LHR tiap tahun adalah sebagai berikut :



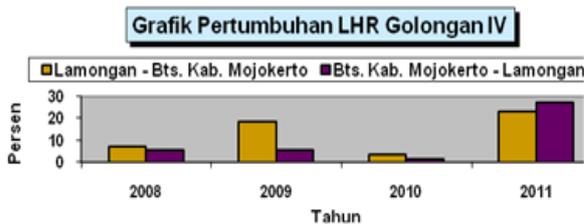
Gambar 6. Grafik Pertumbuhan LHR Golongan I



Gambar 7. Grafik Pertumbuhan LHR Golongan II



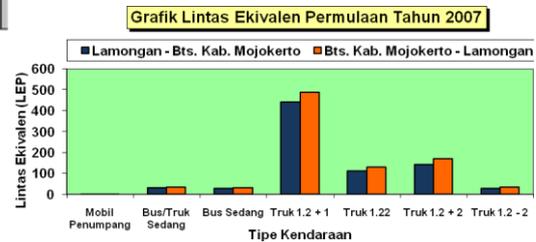
Gambar 8. Grafik Pertumbuhan LHR Golongan III



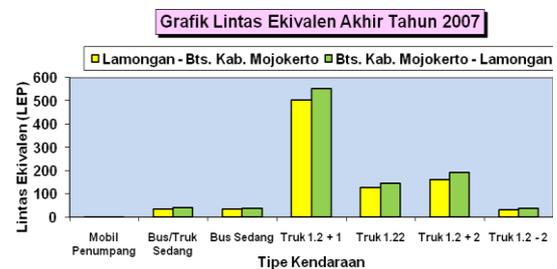
Gambar 9. Grafik Pertumbuhan LHR Golongan IV

4.4. Perhitungan Lintas Ekuivalen

Selanjutnya dilakukan perhitungan lintas ekuivalen dengan rumus LHR tahun ke 5 = $LHR_{2007} (1 + i)^5$ dan $LEP = LHR \text{ ke } 5 \times C \times E$ adalah sebagai berikut :



Gambar 10. Grafik Lintas Ekuivalen Permulaan Tahun 2007



Gambar 11. Grafik Lintas Ekuivalen Akhir Tahun 2007

Dari gambar 10 dan 11 dapat dicari AE 18 KSAL yaitu :

$$AE \ 18 \ KSAL = 365 \times LEP \times N$$

Dimana N didapat dari tabel 3 sehingga didapat :

Untuk $n = 10$ tahun $i = R = 8\%$ sehingga $N = 9,28$

Untuk masing – masing arah nilai AE 18 KSAL sebagai berikut :

- Lamongan – Bts. Kab. Mojokerto
 $AE \ 18 \ KSAL = 365 \times 786,33 \times 15,05 = 4.3195.067,273$
 kendaraan dalam 10 tahun
- Bts. Kab. Mojokerto – Lamongan
 $AE \ 18 \ KSAL = 365 \times 890,73 \times 15,05 = 4.893.002,573$
 kendaraan dalam 10 tahun

Untuk $n = 5$ tahun $i = R = 8\%$ sehingga $N = 6,1$

Untuk masing-masing arah nilai AE 18 KSAL sebagai berikut :

- a. Lamongan – Bts. Kab. Mojokerto
 AE 18 KSAL = $365 \times 889,66 \times 6,1$
 = 1.980.827,99
 kendaraan dalam 5 tahun
- b. Bts. Kab. Mojokerto – Lamongan
 AE 18 KSAL = $365 \times 1007,78 \times 6,1$
 = 2.243.822,17
 kendaraan dalam 5 tahun

Untuk $n = 1$ tahun $i = R = 8\%$ sehingga $N = 1,04$

Untuk masing – masing arah nilai AE 18 KSAL sebagai berikut :

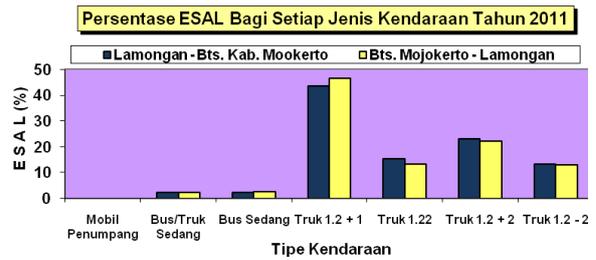
- a. Lamongan – Bts. Kab. Mojokerto
 AE 18 KSAL = $365 \times 1373,22 \times 1,04$
 = 521.274,312
 kendaraan dalam 1 tahun
- b. Bts. Kab. Mojokerto – Lamongan
 AE 18 KSAL = $365 \times 1358,34 \times 1,04$
 = 515.625, 864
 kendaraan dalam 1 tahun

4.5. Pengaruh Beban Gandar Terhadap Umur Rencana Jalan

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh beban gandar kendaraan terhadap kerusakan lapisan perkerasan jalan pada ruas jalan yang menikung dan miring, maka perlu diketahui beban gandar kendaraan dan lendutan jalan.

4.6. Perhitungan Beban Gandar Kendaraan

Untuk mengetahui besarnya beban gandar terhadap umur rencana jalan, dapat dilakukan dengan menghitung beban gandar standar (ESAL) dan persentase dengan rumus $\% = (E / \sum E) \times 100$ dan $\% ADT = (LHR_{2008} / \sum LHR_{2008}) \times 100$



Gambar 12. Grafik Persentase ESAL Bagi Setiap Jenis Kendaraan Tahun 2011

4.7. Perbandingan Persentase ADT dan ESAL

Setelah dilakukan perhitungan beban gandar terhadap umur rencana jalan, selanjutnya dibandingkan antara ADT dan ESAL dalam bentuk persentase, sebagai berikut :

Tabel 4.10 Perbandingan Persentase ADT Jenis Kendaraan Ringan dan Kendaraan Berat yang Melewati Jalan Raya Lamongan – Bts. Kab Mojokerto Sesuai Data Tahun 2011

Ruas	Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat
Lamongan– Bts.Kab.Mojokerto	43,88%	56,10%
Bts.Kab.Mojokerto - Lamongan	44,93%	55,08%

Sumber : hasil perhitungan analisis

Tabel 4.11 Perbandingan Persentase ESAL Jenis Kendaraan Ringan dan Kendaraan Berat yang Melewati Jalan Raya Lamongan – Bts.Kab.Mojokerto Sesuai Data Tahun 2011

Ruas	Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat
Lamongan– Bts.Kab.Mojokerto	0,016%	99,98%
Bts.Kab.Mojokerto - Lamongan	0,017%	99,99%

Sumber : hasil perhitungan analisis

Perhitungan Lendutan Jalan

Setelah dilakukan perbandingan persentase ADT dan ESAL, selanjutnya dilakukan pemeriksaan lendutan jalan dengan alat *Benkelman Beam*, hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4.12 Perhitungan Lendutan Jalan

Ruas	n	$\sum d$ (mm)	$(\sum d^2)$ (mm)	$(\sum d)^2$ (mm)	X	S
(7 + 000 - 13)	121	51,733	25,010			

+ 000)				2,676,345	0,428	0,1552
--------	--	--	--	-----------	-------	--------

Sumber : hasil perhitungan analisis

di mana :

$$X = \sum d / n$$

$$S = (\sqrt{n(\sum d^2) - (\sum d)^2}) / n(n-1)$$

Penentuan Tebal Lapisan Tambahan

Dari perhitungan lendutan tersebut diketahui nilai ITN dan DTN sebagai dasar untuk menentukan tebal lapisan tambahan pada overlay yang ditentukan, terutama kerusakan akibat beban gandar kendaraan pada jalan diruas jalan yang miring dan lengkung.

Tabel.4.13 Perhitungan Initial Traffic Number (ITN)

Kelas	Tipe Kendaraan	E	Lamongan - Bts.Kab Mojokerto		Bts.Kab.Mojokerto Lamongan	
			ADT	ITN	ADT	ITN
1	Mobil Penumpang	0.00025	2754	0.69	2748	0.69
2	Bus/Truk Sedang	0.10935	892	97.54	878	96.01
3	Bus Sedang	0.12512	845	105.73	848	106.1
4	Truk 1.2 + 1	2.52035	732	1,844.90	729	1,837.34
5	Truk 1.22	13,730	474	650.80	389	534.10
6	Truk 1.2 +2.2	2.4684	395	975.02	357	881.22
7	Truk 1.2-2	3.06855	184	564.61	167	512.45
8	Truk 1.2-2.2	-	-	-	-	-
Jumlah		966,502	6276	4239.28	6116	3967.90

Sumber : hasil perhitungan analisis

di mana :

$$ITN = ADT \times E$$

Tabel.4.14 Perhitungan Tebal Lapisan Pondasi

Ruas	D (mm)	ITN	Faktor (0,5)	DTN (5 thn)	Overlay (5 thn)
(7 + 000 - 13 + 000)	0,738	4103,59	2895×10^{-3}	11,879	5 cm

Sumber : hasil perhitungan analisis

di mana :

$$\text{Faktor (t)} = \frac{(1 + i)^5 - 1}{20r}$$

di mana : $n = 5$

$r = i$ rata-rata Lamongan –

Bts.Kab. Mojokerto = 8,21%

= i rata-rata Bts.Kab.

Mojokerto – Lamongan = 8,06%

Jadi $i = (8,21 + 8,06) / 2 = 8,135\%$
 sehingga Faktor untuk 5 tahun

$$= \frac{(1 + 8,135)^5 - 1}{20 (8,135)} = 2,895.10^{-3}$$

$$DTN = ITN \times F$$

$$= 4103,59 \times 2,895.10^{-3}$$

$$= 11.879$$

$$D = x + 2.S$$

$$= 0,428 + (2 \times 0,1552)$$

$$= 0,738$$

Perhitungan Biaya Perkerasan Jalan

Setelah dilakukan perhitungan tebal lapisan tambahan, kemudian dilakukan perhitungan biaya perkerasan jalan. Panjang jalan yang dilakukan perkerasan adalah 6.000 m¹ dengan struktur jalan sebagai berikut :

Urugan pilihan tebal 30 cm,

CTB tebal 30 cm,

ATB tebal 8 cm dan

AC tebal 4 cm.

Tebal lapisan tambahan 5 cm tersebut ditambahkan di lapisan ATB, yang awalnya 8 cm menjadi 13 cm. Setelah dilakukan perhitungan diperlukan biaya Rp21.304.927.000. Bila dibandingkan dengan lapisan ATB awal yaitu 8 cm diperlukan biaya sebesar Rp18.594.890.000. Jadi ada tambahan biaya sebesar Rp2.710.037.000 untuk perbaikan perkerasan jalan. Hal tersebut disebabkan karena ada peningkatan pertumbuhan LHR sebesar 2,5%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan :

- Cara tepat yang harus dilakukan untuk menyelesaikan kerusakan lapisan perkerasan jalan tersebut adalah dengan memberikan tebal lapisan tambahan (overlay). Tebal lapisan tambahan 5 cm tersebut ditambahkan di lapisan ATB, yang awalnya 8 cm menjadi 13 cm. Hal ini dilakukan jika lebih 10% dari panjang jalan adalah berupa retak, maka diperlukan peningkatan struktur, dan berdasarkan analisis dan perhitungan,

didapat tebal lapisan tambahan sebesar 5 cm untuk umur rencana 5 tahun.

- b. Setelah dilakukan perhitungan diperlukan biaya Rp21.304.927.000. Bila dibandingkan dengan lapisan ATB awal yaitu 8 cm diperlukan biaya sebesar Rp18.594.890.000. Jadi ada tambahan biaya sebesar Rp2.710.037.000 untuk perbaikan perkerasan jalan. Hal tersebut disebabkan karena ada peningkatan pertumbuhan LHR sebesar 2,5%.

5.2. Saran

- a. Salah satu penyebab kerusakan jalan Lamongan – Bts.Kab.Mojokerto karena beban LHR yang melebihi kapasitas standar pelayanan jalan. Karena itu disarankan kepada instansi terkait dalam hal ini Dinas Perhubungan agar mendirikan pos Survey Timbang kendaraan di daerah studi, khususnya sebagai pintu masuk dan keluar dari dan ke Lamongan – Mojokerto. Sehingga nantinya jalan yang ada bisa memberikan pelayanan secara optimal dan bertahan lama sesuai dengan umur rencana jalan.
- b. Adanya pengawasan yang ketat terhadap pelaksanaan pekerjaan terkait pemeliharaan atau perbaikan jalan oleh Dinas PU Bina Marga dan menindak tegas pelaksana / kontraktor yang curang dalam melaksanakan pekerjaan perbaikan / pemeliharaan jalan raya.

DAFTAR PUSTAKA

- Chu Kia Wang & C.G.Salmon, 1990, *Desain Beton Bertulang Jilid I dan II, Edisi Keempat*, Erlangga, Jakarta.
- Dahlan, A.T. dan sjaahanulirwan, M, 2001, *Antisipasi Kegagalan dan Kerusakan pada Perkerasan Jalan*, Makalah Teknik, Konferensi Regional Teknik Jalan ke-7 Wilayah Tengah dan Timur, Denpasar : 18-19 Juli 2001.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SKSNI 03-2847-2002)*.
- Depkimpraswil, 2003, *Campuran Beraspal Panas, Modul Prasarana Transportasi, Modul B.1.1 dan 2*, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- Depkimpraswil, 2003, *Tinjauan Penanganan Kerusakan Jalan dan Jembatan pada Ruas Jalan Nasional/Propinsi di Jawa Timur*, Makalah Seminar Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Litbang Sarana Transpostasi Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- Dinas PU Binamarga, 2009, *Kerangka Acuan Kerja Swakelola Rehabilitasi/ Pemeliharaan Anggarannya 2009*, Surabaya.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 1992, *Pedoman Pelaksanaan Pemeliharaan Jalan dan Jembatan*, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1986, *Peraturan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*.
- Dirjen Dikti, 1997, *Rekayasa Jalan Raya*, Jakarta : Gunadarma
- Freyssinet, 1978, *Cantilever Bridge Construction, Freyssinet VSL Internasional, The Free Cantilevering Methode in Prestressed Concrete Bridge Construction*, VSL Internasional Ltd, Berne.
- Naaman E. Antonie, 1982, *Prestressed Concrete Analisis dan Design*, McGraw Hill, New York.
- Paterson, W.D.O, 1997, *Road Deterioration and Maintenance Effect : Model for Planning Management, The Highway Design and Maintenance Standard Series*, Baltimore, Maryland (USA) : The John Hopkins University Press.
- Podolny JR, Walter and Muller, Jean M, 1982, *Construction and Design of Prestressed Concrete Segmental Bridges*, Paris – France.
- Robinson, Richard, 1995, *Road Maintenance for Developing*

- Countries, Transport and Road Research Laboratory, Crowthone Berkshire United Kingdom.*
- Setianto, Purwo, 1999, *Teknik Jalan Raya*, Erlangga, Jakarta
- Saodang, Hamirhan, 2010, *Konstruksi Jalan Raya*, 2-ed., Nova, Bandung.
- Soedarmo, G.D. dan Poernomo, S.J.E, 1997, *Mekanika Tanah*, Cetakan ke-6, Jakarta : Kanisius.
- T. Y. Lin dan Ned H. Burns, 2000, *Desain Struktur Beton Prategang Jilid I dan II, Edisi Ketiga*, Interaksara, Jakarta.