

Perbandingan Konstruksi Dan Biaya Untuk Struktur Perkerasan Lentur, Kaku Dan Paving Blok Pada Jalan Pantai Utara Flores

Vera Mahardika¹⁾, Rachmat Mudiyo²⁾, Soedarsono³⁾

¹⁾ Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Islam Sultan Agung
Jl.Raya Kaligawe Km.4 Semarang, 50112

Email: mahardikavera@gmail.com

²⁾ Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Islam Sultan Agung
Jl.Raya Kaligawe Km.4 Semarang, 50112

Email: rachmat@unissula.ac.id

³⁾ Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Islam Sultan Agung
Jl.Raya Kaligawe Km.4 Semarang, 50112

Email: soedarsono@unissula.ac.id

Abstract

Flexible, rigid, and paving block pavements can be used as alternative roads because the soil conditions on the Pantai Utara Flores road are rocky soil with a relatively high CBR so that the most important role in withstand load is subgrade. The purpose of the Comparison of Construction and Costs for Flexible, Rigid, and Paving Block Pavement Structures on Jalan Pantai Utara Flores is to know which one most effective and efficient when viewed from the traffic load with each pavement using the Bina Marga method, AASHTO, and Direktorat Jendral Bina Marga. Jalan Pantai Utara Flores is access to Komodo Labuan Bajo airport which is a Class I road, rocky land with a relatively high CBR, rainfall of Labuan Bajo is relatively low, LHR in Labuan Bajo is relatively small, besides Labuan Bajo is a tourist area that should be supported by road access that has driving comfort so the suitable pavement structure for Jalan Pantai Utara Flores is flexible pavement. Meanwhile, based on the recapitulation of the analysis results, the cost of flexible pavement is Rp. 28,793,604,705,600, the cost of a rigid pavement is Rp. 34,218,430,585,828 and the cost of paving block pavement is Rp. 17,410,645,080,000 so it can be seen that the paving block pavement is most economical, but the paving block pavement structure has a very uncomfortable driving comfort besides that the paving block pavement structure cannot be passed by vehicles at high speed so that the paving block pavement structure is more suitable for controlling speed of vehicles such as roads in crowded urban areas and residential roads.

Keywords: Cost Structure; Pavement Structure Construction; Flexible Pavement; Rigid Pavement; Paving Block Pavement.

Abstrak

Perkerasan lentur, kaku, dan perkerasan paving blok bisa digunakan sebagai alternatif jalan karena kondisi tanah di jalan Pantai Utara Flores berupa tanah berbatu dengan CBR yang relatif tinggi sehingga yang lebih berperan dalam menahan beban adalah tanah dasar. Tujuan dari Perbandingan Konstruksi dan Biaya untuk Struktur Perkerasan Lentur, Kaku, dan Paving Blok pada Jalan Pantai Utara Flores yaitu untuk mengetahui struktur perkerasan yang lebih tepat guna dan hemat jika dilihat dari muatan lalu lintas dengan masing-masing perkerasan menggunakan metode Bina Marga, AASHTO, dan Direktorat Jenderal Bina Marga. Jalan Pantai Utara Flores adalah akses Bandara Komodo Labuan Bajo yang merupakan jalan Kelas I, tanahnya berbatu dengan CBR yang relatif tinggi, curah hujan di kota Labuan Bajo relatif rendah, LHR kota Labuan Bajo relatif kecil, selain itu Labuan Bajo merupakan kawasan wisata yang sebaiknya didukung oleh akses jalan yang memiliki kenyamanan berkendara, maka konstruksi struktur perkerasan yang tepat guna untuk Jalan Pantai Utara Flores yaitu konstruksi struktur perkerasan lentur. Sedangkan berdasarkan rekapitulasi hasil analisa didapat biaya struktur perkerasan lentur senilai Rp. 28.793.604.705,600, biaya struktur perkerasan kaku senilai Rp. 34.218.430.585,828 dan biaya struktur perkerasan paving blok senilai Rp. 17.410.645.080,000 sehingga dapat diketahui bahwa perkerasan paving blok lebih hemat, namun struktur perkerasan paving blok memiliki kenyamanan berkendara yang sangat tidak nyaman selain itu struktur perkerasan paving blok tidak bisa dilewati kendaraan dengan kecepatan yang tinggi sehingga struktur perkerasan paving blok lebih cocok untuk mengontrol kecepatan kendaraan seperti jalan di perkotaan yang padat dan jalan lingkungan pemukiman.

Kata Kunci: Biaya Struktur; Konstruksi Struktur Perkerasan; Struktur Perkerasan Lentur; Struktur Perkerasan Kaku; Struktur Perkerasan Paving Blok

PENDAHULUAN

Kota Labuan Bajo merupakan destinasi wisata bertaraf internasional, namun belum memiliki sarana jalan yang memadai seperti halnya yang disampaikan oleh Menteri Keuangan Sri Mulyani Indrayani. Begitu pula jalan Pantai Utara Flores yang merupakan jalan akses Bandara Komodo Labuan Bajo yang memiliki fungsi strategis sebagai jalan masuknya wisatawan domestik

maupun mancanegara yang saat itu masih berupa bukit berbatu.

Selain perkerasan lentur dan kaku juga terdapat perkerasan paving blok yang bisa digunakan sebagai jalan alternatif karena dengan kondisi tanah di jalan Pantai Utara Flores yang berupa tanah berbatu dengan CBR yang relatif tinggi paving blok bisa menahan gaya muatan lalu lintas kemudian menyalurkannya ke tanah dasar dan paving blok

juga bisa sebagai resapan air maka air langsung lolos ke dalam tanah sehingga tidak ada genangan air di permukaan jalan, maka dilakukan penelitian tentang Perbandingan Konstruksi dan Biaya untuk Struktur Perkerasan Lentur, Kaku, dan Paving Blok pada Jalan Pantai Utara Flores supaya dapat diketahui struktur perkerasan yang lebih tepat guna dan hemat.

Lokasi penelitian terletak pada jalan Pantai Utara Labuan Bajo Akses Bandara Komodo Labuan Bajo. Fokus hanya pada struktur perkerasan karena perencanaan jalan dilakukan pada kondisi jalan yang sama dengan beban muatan lalu lintas yang sama maka yang berbeda hanya perhitungan konstruksi dari masing-masing jenis struktur perkerasan. Perhitungan struktur perkerasan direncanakan untuk jalan baru. Perhitungan ketebalan struktur perkerasan lentur dengan menggunakan Metode Analisa Komponen Bina Marga (1987). Perhitungan ketebalan struktur perkerasan kaku dengan menggunakan Metode AASHTO 1981. Perhitungan ketebalan struktur perkerasan paving blok dengan menggunakan Metode Direktorat Jenderal Bina Marga 1988.

TINJAUAN PUSTAKA

Bokko dan Rangan (2017), pada penelitian yang terdahulu hanya membandingkan konstruksi dan biaya antara aspal dan beton, begitu pula pada penelitian yang dilakukan oleh Nurahmi dan Kartika (2012) dan Maharani dan Wasono (2012). Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh penulis yaitu membandingkan konstruksi dan biaya dari perkerasan lentur, kaku dan paving blok.

Konstruksi Struktur Perkerasan Jalan

Kombinasi dari agregat dengan material pengikat yang dipakai untuk menopang muatan lalu lintas kemudian menyalurkan beban muatan tersebut ke tanah dasar merupakan definisi dari struktur perkerasan jalan. Batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil sampingan peleburan baja bisa digunakan sebagai material agregat. Selain itu material bahan pengikat yang bisa digunakan seperti aspal, semen dan tanah liat.

Lapisan-lapisan struktur perkerasan merupakan penyusun dari struktur perkerasan jalan. Lapisan-lapisan perkerasan jalan tersebut memiliki karakteristik menopang dan mendistribusikan muatan transportasi ke tanah dasar. Lapisan-lapisan perkerasan tersebut diantaranya yaitu Lapisan permukaan (surface coarse), Lapisan pondasi atas (base coarse), Lapisan pondasi bawah (Sub-base coarse) dan Lapisan tanah dasar (Sub grade). Jika dilihat dari perbedaan material penyusun lapisan permukaannya, jenis struktur perkerasan dapat dibedakan menjadi struktur perkerasan lentur, kaku dan paving blok.

Konstruksi Struktur Perkerasan Lentur

Konstruksi jalan yang berbentuk kombinasi dari agregat yang berupa batu pecah, kerikil, pasir dan filler yang berupa semen atau kapur dicampur dengan material pengikat berupa aspal disebut dengan konstruksi perkerasan lentur. Tujuan pemakaian material aspal sebagai material pengikat yakni untuk mensupport tegangan tarik sehingga meningkatkan kekuatan konstruksi jalan

dalam menahan muatan transportasi dan membuat permukaan konstruksi jalan memiliki sifat tahan air.

Berikut langkah-langkah untuk menghitung tebal perkerasan struktur perkerasan lentur:

- Menentukan lapisan-lapisan perkerasan;
- Menghitung Perkembangan Lalu Lintas;
- Menentukan Faktor Pertumbuhan Lalu lintas (R);
- Menentukan Koefisien distribusi arah kendaraan (C);
- Menentukan Angka Ekuivalen ;
- Menghitung Lintas Ekuivalen.

Lintas Ekuivalen adalah pengulangan/repitisi muatan/beban yang diwujudkan pada sumbu standar yang ditopang oleh struktur perkerasan terhadap jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR). Lintas Ekuivalen terdiri atas Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP), Lintas Ekuivalen Akhir (LEA), Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dan Menghitung Lintas Ekuivalen Rencana (LER).

Rumus Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{i=1}^{i=n} A_i \times E_i \times C_i \times (1 + a)^{n'} \quad (1)$$

Dengan:

LEP =Lintas Ekuivalen Permulaan.

A_i =Jumlah kendaraan untuk 1 jenis kendaraan, dinyatakan dalam kendaraan/hari/2 arah untuk jalan tanpa median dan kendaraan/hari/1 arah untuk jalan dengan median.

E_i =Angka Ekuivalen Beban Sumbu untuk satu jenis kendaraan.

C_i =Koefisien distribusi kendaraan pada lajur rencana.

A =Faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan dari survey lalu lintas sampai saat jalan tersebut dibuka.

n' =Jumlah tahun dari saat diadakan pengamatan sampai jalan tersebut dibuka.

Rumus Lintas Ekuivalen Akhir (LEA)

$$LEA = LEP (1 + r)^n \quad (2)$$

Dengan:

LEA =Lintas Ekuivalen Akhir.

LEP =Lintas Ekuivalen Permulaan.

r =Faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana.

n =Umur rencana jalan tersebut.

Rumus Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

$$LET = 1/2 (LEP + LEA) \quad (3)$$

Dengan:

LET =Lintas Ekuivalen Tengah

LEA =Lintas Ekuivalen Akhir.

LEP =Lintas Ekuivalen Permulaan.

Rumus Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

$$LER = LET \times FP \quad (4)$$

Dengan:

LER =Lintas Ekuivalen Rencana

LET =Lintas Ekuivalen Tengah

FP =Faktor Penyesuaian (FP) = UR/10.

UR =Umur rencana.

Menentukan Faktor Regional (FR)

Menentukan Indeks Permukaan Awal IP_0

Menentukan Indeks Permukaan Akhir (IPT)

Menentukan Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Menentukan koefisien bahan tebal perkerasan

Menentukan tebal perkerasan

Kontrol terhadap tebal minimum

Konstruksi Struktur Perkerasan Kaku

Konstruksi jalan yang berbentuk kombinasi dari agregat yang berupa batu pecah, kerikil, pasir dicampur dengan material pengikat berupa semen disebut dengan konstruksi perkerasan kaku (rigid pavement). Konstruksi perkerasan kaku tersusun atas slab beton sebagai lapisan permukaannya bisa dengan lapisan perkerasan aspal ataupun tidak yang terletak tepat di atas lapisan pondasi atas/bawah atau dapat langsung berada di atas tanah dasar. Perkerasan kaku dapat berupa slab beton dengan sambungan tidak bertulang, slab beton dengan sambungan bertulang, dan slab beton menerus bertulang, juga slab beton pratekan.

Konstruksi Struktur Perkerasan Paving Blok

Paving blok atau bata beton yaitu material konstruksi yang diolah menggunakan kombinasi dari agregat, material pengikat yang umumnya adalah semen, air, dan dengan atau tanpa zat aditif. Konstruksi jalan yang menggunakan paving blok sebagai lapisan permukaannya yang disusun dengan sedemikian rupa di atas pasir perata disebut dengan perkerasan paving blok (concrete blok pavement) atau interblok.

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perkiraan biaya atau perkiraan nilai uang yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan konstruksi berdasarkan pada gambar kerja merupakan arti dari Rencana Anggaran Biaya (RAB). Pada penerapannya, rencana anggaran biaya adalah instrumen dalam mengontrol kuantitas dana pelaksanaan proyek konstruksi menurut tahapannya sesuai dengan konsep yang telah dibuat.

Pemilik proyek konstruksi (owner), konsultan perencanaan, dan kontraktor/pelaksana membuat estimasi harga atau RAB sebelum suatu proyek konstruksi mulai dilaksanakan. Biasanya Rencana Anggaran Biaya (RAB) terdapat pada dokumen penawaran.

Tujuan Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) memiliki beberapa tujuan yaitu:

1. Mengetahui jumlah dana yang diperlukan untuk suatu pekerjaan konstruksi.
2. Mengantisipasi timbulnya ketidaklancaran pada proses pelaksanaan pekerjaan konstruksi.

3. Sebelum pekerjaan konstruksi dilaksanakan, Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diserahkan pelaksana sebagai harga penawaran pada saat ikut lelang harus dimengerti dan dipahami sebagai acuan dasar sehingga bisa mencegah timbulnya inefisiensi biaya atau pemborosan pada penggunaan sumber daya cost estimate (estimasi biaya)

Tahapan Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Tiap-tiap anggota struktur organisasi perusahaan jasa konstruksi yang berada di bawah komando manajer proyek wajib mengikuti Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan konstruksi sebagai acuan biaya pelaksanaan. Terdapat 2 (dua) estimasi dalam menetapkan harga pada suatu pelelangan, yakni Estimasi perencanaan (Engineer's Estimate atau EE) dan Estimasi pemilik (Owner's Estimate atau OE).

Penyusunan perkiraan biaya ini umumnya tersusun atas biaya tenaga kerja dan biaya bahan konstruksi maupun biaya peralatan. Mengenai tahapan penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yaitu sebagai berikut:

1. Perhitungan Perkiraan Kuantitas

Rumus perhitungan perkiraan kuantitas pekerjaan yang biasanya digunakan:

Perkiraan kuantitas untuk luasan (m^2) = panjang x lebar

Perkiraan kuantitas untuk volume (m^3) = panjang x lebar x tinggi

Perkiraan kuantitas untuk panjang (m) = panjang atau tinggi

Perkiraan kuantitas untuk pekerjaan borongan (lumsump, unit, buah) = sesuai kesepakatan

2. Analisis Harga Satuan Pekerjaan

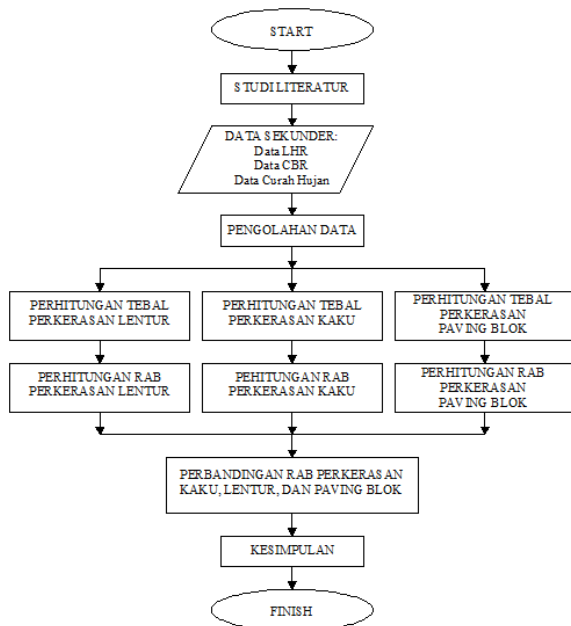
Harga Satuan Pekerjaan dijadikan acuan dalam penyusunan dan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dikarenakan ketidaksamaan harga satuan upah dan harga bahan pada masing-masing daerah.

Dalam penyusunan dan perhitungan Harga Satuan Pekerjaan biasanya digunakan analisa BOW. Analisa BOW (Burgerlijke Openbare Werken) adalah sebuah pedoman dalam penyusunan dan perhitungan Harga Satuan Pekerjaan yang ditentukan oleh Direktorat BOW tanggal 28 Februari 1921 Nomor 5372 A pada zaman penjajahan Belanda.

Karena ada beberapa bagian analisa BOW yang tidak sesuai dengan keperluan konstruksi yang menggunakan teknologi maka Analisa BOW tidak bisa digunakan untuk pekerjaan konstruksi yang menggunakan teknologi seperti alat berat namun cuma bisa digunakan pada pekerjaan konstruksi yang bersifat tradisional yang menggunakan alat-alat konvensional. Walaupun begitu, untuk menyusun anggaran biaya pekerjaan konstruksi masih dapat dipakai analisa BOW menjadi acuan (Ibrahim, 1994).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian bisa dilihat dari Gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-Data untuk Perencanaan Jalan Pantai Utara Flores

Jalan Pantai Utara merupakan akses Bandara Komodo sehingga jalan tersebut merupakan jalan Kelas I yang maksimal memikul beban >10 ton atau jalan untuk lalu lintas berat. Jalan tersebut awalnya berupa bukit tanah berbatu dengan CBR terendah 12,18%. Lebar jalan 6 m dan panjang jalan 8.200 m. Umur rencana 10 tahun. Dengan jumlah curah hujan 424 mm dalam 47 hari (<900 mm/tahun). Sedangkan data LHR disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. LHR Labuan Bajo-Malwatar

Jenis Kendaraan	Tahun	
	2016	2017
Sepeda motor	3083	3225
Sedan, jeep	8	8
Opelet, combi	703	738
Pick up, microtruck	210	222
Bus kecil	68	70
Truk 4 Roda	3	3
Truk 6 Roda	266	266
Truk 3 Sumbu	35	38
Total	4376	4570

Sumber: Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Balai X NTT

Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur

- Menentukan lapisan-lapisan perkerasan
- Surface : Aspal (AC-WC dan AC-BC)
- Base : Batu Pecah Kelas A
- Subbase : Batu Pecah Kelas B

Menghitung Perkembangan Lalu Lintas

$$Perkembangan\ Lalu\ Lintas = \frac{(LHR_{2017} - LHR_{2016})}{LHR_{2017}} \times 100\%$$

$$Perkembangan\ Lalu\ Lintas = \frac{(4570 - 4376)}{4570} \times 100\%$$

$$Perkembangan\ Lalu\ Lintas = 4,245\% \approx 4$$

Menentukan Faktor Pertumbuhan Lalu lintas (R)

Dari perhitungan $i = 4\%$ dan umur rencana = 10 tahun maka $R = 12$ (Dari Tabel Faktor Pertumbuhan Lalu lintas (R) Bina Marga, 1987)

Menentukan Koefisien distribusi arah kendaraan (C)

Untuk kendaraan ringan pada jumlah lajur 2 dan arah 2 digunakan 0,5. Sedangkan koefisien distribusi arah kendaraan (C) untuk kendaraan berat pada jumlah lajur 2 dan arah 2 digunakan 0,5.

Menentukan Angka Ekvivalen (Kefie dkk, 2012):

1. Sepeda Motor, $E=0,0002$
2. Mobil penumpang beban 2 ton (50% as depan + 50% as belakang), $E=0,0004$
3. Non bus dan pickup beban 4 ton (50% as depan + 50% as belakang), $E=0,0072$
4. Bus wisata dan umum beban 9 ton (34% as depan + 66% as belakang), $E=0,3006$
5. Truk dua as beban 8,3 ton (34% as depan + 66% as belakang), $E=0,2174$
6. Truk tiga as beban 31,4 ton (25% as depan + 3x25% as belakang), $E=3,4259$

Menghitung Lintas Ekvivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{i=1}^{i=n} A_i \times E_i \times C_i \times (1+a)^{n'} \tag{5}$$

Tabel 2. Lintas Ekvivalen Permulaan

Jenis Kendaraan	A_i	E_i	C_i	$(1+a)^{n'}$	LEP
Sepeda motor	3225	0,0002	0,5	1,480	0,477
Sedan, jeep	8	0,0004	0,5	1,480	0,002
Opelet, combi	738	0,0072	0,5	1,480	3,933
Pick up, microtruck	222	0,0072	0,5	1,480	1,183
Bus kecil	70	0,3006	0,5	1,480	15,574
Truk 4 Roda	3	0,2174	0,5	1,480	0,483
Truk 6 Roda	266	3,4529	0,5	1,480	679,781
Truk 3 Sumbu	38	3,4529	0,5	1,480	97,112
Total	4570				798,544

Menghitung Lintas Ekvivalen Akhir (LEA)

$$LEA = LEP (1 + r)^n \tag{6}$$

Tabel 3. Lintas Ekuivalen Akhir

Jenis Kendaraan	LEP	(1+r) ⁿ	LEA
Sepeda motor	0,477	3,106	1,483
Sedan, jeep	0,002	3,106	0,007
Opelet, combi	3,933	3,106	12,214
Pick up, microtruck	1,183	3,106	3,674
Bus kecil	15,574	3,106	48,369
Truk 4 Roda	0,483	3,106	1,499
Truk 6 Roda	679,781	3,106	2111,297
Truk 3 Sumbu	97,112	3,106	301,614
Total	798,544		2480,158

Menghitung Lintas Ekuivalen Tengah (LET)

$$LET = \frac{1}{2}(LEP + LEA) \quad (7)$$

Tabel 4. Lintas Ekuivalen Tengah

Jenis Kendaraan	LEP	LEA	LET
Sepeda motor	0,477	1,483	0,980
Sedan, jeep	0,002	0,007	0,005
Opelet, combi	3,933	12,214	8,074
Pick up, microtruck	1,183	3,674	2,429
Bus kecil	15,574	48,369	31,972
Truk 4 Roda	0,483	1,499	0,991
Truk 6 Roda	679,781	2111,297	1395,539
Truk 3 Sumbu	97,112	301,614	199,363
Total	798,544	2480,158	1639,351

Menghitung Lintas Ekuivalen Rencana (LER)

$$LER = LET \times FP \quad (8)$$

Tabel 5. Lintas Ekuivalen Rencana

Jenis Kendaraan	LET	FP = $\frac{UR}{10}$	LER
Sepeda motor	0,980	1	0,980
Sedan, jeep	0,005	1	0,005
Opelet, combi	8,074	1	8,074
Pick up, microtruck	2,429	1	2,429
Bus kecil	31,972	1	31,972
Truk 4 Roda	0,991	1	0,991
Truk 6 Roda	1395,539	1	1395,539
Truk 3 Sumbu	199,363	1	199,363
Total	1639,351		1639,351

Menentukan Faktor Regional (FR)

$$\% \text{ kendaraan berat} = \frac{(70 + 3 + 266 + 38)}{4570}$$

$$\% \text{ kendaraan berat} = 8,249 \% \leq 30\%$$

Dari data curah hujan BMKG Komodo Labuan Bajo didapat data jumlah curah hujan 426 mm dan jumlah hari hujan 47 hari sehingga jumlah hujan per tahun yaitu < 900 mm/th. Kelandaian 3-25% >10%. Dari

Tabel Faktor Regional (Bina Marga, 1987) didapat FR = 1,5.

Menentukan Indeks Permukaan Awal IP₀

Dari Tabel Indeks Permukaan Awal (Bina Marga, 1987) digunakan IP₀ = >4 karena lapis permukaan menggunakan laston.

Menentukan Indeks Permukaan Akhir (IPT)

Dari Indeks Permukaan Akhir (Bina Marga, 1987) dengan nilai LER > 1000, jalan kolektor, sehingga nilai IPT = 2,0 -2,5 digunakan IPT = 2,5

Menentukan Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Dari Nomogram untuk Ipt = 2,5 dan IP₀ = >4 didapat nilai ITP = 10

Menentukan koefisien bahan tebal perkerasan dari Tabel Koefisien Relatif (Bina Marga, 1987)

Surface : Laston/Aspal (a₁=0,35)
Base : Batu Pecah Kelas A (a₂=0,14)
Subbase : Batu Pecah Kelas B (a₃=0,13)

Menentukan tebal perkerasan :

Dari Tabel Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan Lentur (Bina Marga, 1987) ditentukan tebal minimum D₁ = 10 cm dan tebal D₂ minimum setebal 20 cm.

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

$$10 = (0,35 \times 10) + (0,14 \times 20) + (0,13 \times D_3)$$

$$10 = 3,5 + 2,8 + 0,13D_3$$

$$10 = 6,3 + 0,13D_3$$

$$0,13D_3 = 3,7$$

$$D_3 = 28,462 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Kontrol terhadap tebal minimum

Dari Tabel Ketebalan Minimum Konstruksi Lapisan Permukaan (Bina Marga, 1987) dengan ITP 10 didapat tebal minimum lapis permukaan setebal 10 cm sudah memenuhi. Pada lapisan permukaan struktur perkerasan lentur dengan ketentuan dari Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal, ditentukan tebal minimum AC-WC yaitu 4 cm dan tebal minimum AC-BC yaitu 6 cm. Dari Tabel Ketebalan Minimum Konstruksi Lapisan Pondasi (Bina Marga, 1987) dengan ITP 10 didapat tebal minimum lapis pondasi setebal 20 cm jadi tebal dari hasil analisa sudah memenuhi.



Gambar 2. Lapisan Perkerasan Lentur

Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku

Menentukan jenis permukaan perkerasan kaku

Digunakan Beton Bersambung Tanpa Tulangan dengan sambungan per 5 m, karena per lajur hanya selebar 3 m.

Menentukan mutu beton

Jalan Pantai Utara Flores merupakan Jalan Kelas I sehingga digunakan beton mutu tinggi ($f_c' = 40 - 45 \text{ kg/cm}^2$) dengan mutu K-300 pada lapisan permukaan dan digunakan beton mutu rendah K-175 untuk lantai kerja.

Menghitung beban ekuivalen sumbu tunggal 18kip harian atau total (W18)

Dari perhitungan LER struktur perkerasan lentur diketahui LER = 1639,351 maka W18 (ESA) = $1639,351 \times 10 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari} = 5.983.631,15 = 5,984 \times 10^6$

Tegangan yang bekerja pada beton semen (ft)

ft = 500 psi

Menentukan modulus reaksi tanah dasar (k)

Dari Konversi CBR Terhadap Modulus Reaksi Tanah Dasar (AASHTO) didapat $k = 210 \text{ psi/in}$

Menghitung modulus elastisitas beton semen (E beton semen)

Digunakan beton K-300

$F'c = 0,083K = 0,083 \times 300 = 24,9 \text{ Mpa}$

$1 \text{ psi} = 0,0068476 \text{ Mpa}$

$24,9 \text{ Mpa} = 24,9 : 0,0068476 = 3.636,311 \text{ psi}$

$E_c = 4.700\sqrt{f'c} = 4.700\sqrt{3.636,311} = 283.418,613 \text{ psi}$

Menentukan tebal perkerasan dari nomogram

Dengan menggunakan Nomogram untuk perkerasan kaku (AASHTO, 1981) didapat tebal beton = 8,5 inchi $\approx 9 \text{ inchi} = 9 \times 2,54 \text{ cm} = 22,86 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$.

Menentukan lebar sambungan muai

Sambungan muai dibuat selebar $\frac{3}{4} \text{ in} - 1 \text{ in}$. Ditentukan siar muai $\frac{3}{4} \text{ in} = 0,75 \times 2,54 \text{ cm} = 1,905 \text{ cm} \approx 2 \text{ cm}$.

Menentukan kedalaman sambungan susut

Kedalaman sambungan susut dibuat minimal $\frac{1}{4}$ tebal perkerasan. Direncanakan kedalaman sambungan susut $\frac{1}{4}$ tebal perkerasan yaitu $25 \text{ cm} : 4 \text{ cm} = 6,25 \text{ cm} \approx 6,5 \text{ cm}$.

Menentukan sambungan memanjang

Dari Tabel Jarak Tie Bar (AASHTO) ditentukan spesifikasi sambungan memanjang yaitu:

panjang $25 \text{ in} = 25 \times 0,254 \text{ cm} = 6,35 \text{ m} \approx 6 \text{ m}$,

lebar lajur $10 \text{ ft} = 10 \times 0,304 \text{ m} = 3,04 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$,

didapat jarak maksimum tie bar 38 inchi = $38 \times 0,254 \text{ m} = 9,652 \text{ m}$.

Menentukan ukuran, panjang dan jarak dowel

Untuk dowel digunakan BJ-32 ulir (digunakan diameter 32 mm dengan berat nominal per meter = 6,313 kg/m dari SNI 2052:2017). Dari Tabel Ukuran, panjang dan Jarak Dowel (AASHTO) ditentukan:

Diameter dowel $1 \frac{1}{4} \text{ in} = 1 \frac{1}{4} \times 2,54 \text{ cm} = 3,175 \text{ cm} \approx 32 \text{ mm}$

Panjang dowel $18 \text{ in} = 18 \times 2,54 \text{ cm} = 45,72 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$

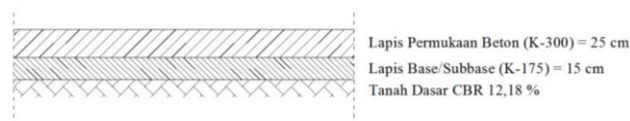
Jarak dowel $12 \text{ in} = 12 \times 2,54 \text{ cm} = 30,48 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$

Menghitung tulangan

Untuk Beton Bersambung Tanpa Tulangan pelat tidak ditulangi secara struktur, hanya dipasang ruji dan batang pengikat.

Menentukan Tebal Lapisan Pondasi

Dari Tabel Syarat Ketebalan Minimum (AASHTO, 1993). Dengan W18 (ESA) senilai 5.983.631,15 (2.000.000-7.000.000) maka digunakan ketebalan pondasi 15 cm menggunakan lantai kerja beton mutu rendah K-175 menjadi bahan lapisan pondasinya.



Gambar 3. Lapisan Perkerasan Kaku

Perhitungan Tebal Perkerasan Paving Blok

Menentukan nilai ESA (Equivalent Standart Axle)

Dari perhitungan lentur sebelumnya diketahui DDT = 5,8 dan FR = 1,5 nilai LER = 1639,351 maka ESA = $1639,351 \times 10 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari} = 5.983.631,15 = 5,984 \times 10^6 > 10^4$ maka digunakan nomogram untuk Ipt = 2,5 dan Ipo > 4 (nomogram paving blok untuk lalu lintas berat)

Menentukan Mutu, Bentuk, Tebal dan Pola Pemasangan Paving Blok

Dari Tabel Kombinasi Mutu, Bentuk, Tebal dan Pola Pemasangan Paving Blok (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1988) dengan ESA > 10^4 , kombinasi yang disarankan kelas blok I dengan mutu beton K-450, berbentuk tipe A yang tiap sisinya memiliki gigi sehingga interlock terjadi pada semua sisi (empat sisi), ketebalan 8 cm, dan pola pemasangan yang digunakan yaitu herringbone.

Menentukan tebal bedding sand dan lebar jointing sand

Tebal bedding sand optimal disarankan 5 cm. Lebar jointing sand disarankan selebar 3mm.

Menentukan tebal pondasi atas dan pondasi bawah

DDT = 5,8 dan FR = 1,5 nilai LER = 1639,351

Dari nomogram untuk Ipt = 2,5 dan Ipo > 4 maka didapat ITP nomogram=10.

Surface = paving K-450 8 cm ($a_1=0,44$)

bedding sand = 5 cm ($a_2=0,04$)

Base = batu pecah Kelas A` 20 cm ($a_3=0,14$)

Subbase = batu pecah Kelas B 30 cm ($a_4=0,13$).

ITP hitung = $a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 + a_4D_4$

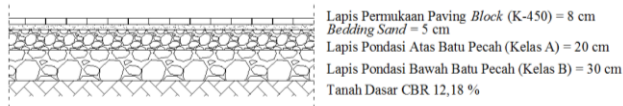
ITP hitung = $(8 \times 0,44) + (5 \times 0,04) + (20 \times 0,14) + (30 \times 0,13)$

ITP hitung = $3,52 + 0,2 + 2,8 + 3,9 = 10,42$

ITP hitung = $10,42 > \text{ITP nomogram} = 10 \text{ (OK)}$

Menentukan kerb/batu pinggir

Kerb atau batu pinggir berupa saluran drainase beton, karena dilaksanakan pada kondisi jalan yang sama maka saluran drainase beton memiliki nilai yang sama dengan semua jenis perkerasan tersebut sehingga yang dihitung hanya konstruksi yang berbeda yakni struktur perkerasannya saja.



Gambar 4. Lapisan Perkerasan Paving Blok

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Analisa Tebal Perkerasan Lentur, Kaku, dan Paving Blok

Jenis Perkerasan	Lapis Permukaan	Lapis Pondasi Atas	Lapis Pondasi Bawah
Lentur	AC-WC = 4 cm AC-BC = 6 cm	Batu Pecah Kelas A = 20 cm	Batu Pecah Kelas B = 30 cm
Kaku	Beton K-300=25 cm	Beton K-175=15 cm	-
Paving Blok	Paving K-450 = 8 cm Bedding Sands = 5 cm	Batu Pecah Kelas A = 20 cm	Batu Pecah Kelas B = 30 cm

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Tabel 7. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Perkerasan Lentur

Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	m ³	0,2x6x8200=9.840,00	541.522,00	5.328.576.480,00
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	m ³	0,3x6x8200= 14.760,00	475.485,00	7.018.158.600,00
Lapis resap pengikat - aspal cair	liter	1x6x8200= 49.200,00	13.122,00	645.602.400,00
Lapis perekat - aspal cair	liter	0,15x6x8200= 7.380,00	12.962,00	95.659.560,00
Laston - Lapis Aus (AC-WC)	ton	0,04x6x8200x2,3= 4.526,40	1.449.591,00	6.561.428.702,40
Laston - Lapis Antara (AC-BC)	ton	0,06x6x8200x2,3= 6.789,60	1.346.792,00	9.144.178.963,20
Jumlah				28.793.604.705,600

Tabel 8. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Perkerasan Kaku

Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
Beton dengan Mutu f'c=25 Mpa (K-300)	m ³	0,25x6x8200= 12.300,00	1.653.078,00	20.332.859.400,00
Beton dengan Mutu f'c=15 Mpa (K-175)	m ³	0,15x6x8200= 7.380,00	1.450.397,00	10.703.929.860,00
Baja Tulangan BJ-24 Polos	kg	72810,936=36974,266=109.785,20	13.884,00	1.524.257.744,57
Baja Tulangan BJ-32 Uhir	kg	103.470,07	16.018,00	1.657.383.581,26
Jumlah				34.218.430.585,828

Tabel 9. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Perkerasan Paving Blok

Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	m ³	0,2x6x8200=9.840,00	541.522,00	5.328.576.480,00
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	m ³	0,3x6x8200= 14.760,00	475.485,00	7.018.158.600,00
Pemasangan Paving Block	m ²	6x8200= 49.200,00	102.925,00	5.063.910.000,00
Jumlah				17.410.645.080,000

Dari hasil analisa didapat biaya struktur perkerasan lentur senilai Rp. 28.793.604.705,600, biaya struktur perkerasan kaku senilai Rp. 34.218.430.585,828 dan biaya struktur perkerasan paving blok senilai Rp. 17.410.645.080,000.

KESIMPULAN

Dari aspek konstruksi, struktur perkerasan yang tepat guna untuk Jalan Pantai Utara Flores yaitu konstruksi struktur perkerasan lentur karena jalan Pantai Utara Flores adalah akses Bandara Komodo Labuan Bajo yang merupakan jalan Kelas I, kemudian tanahnya berbatu dengan CBR yang relatif tinggi, lalu curah hujan di kota Labuan Bajo relatif rendah, dan LHR kota Labuan Bajo relatif kecil, selain itu Labuan Bajo merupakan kawasan wisata yang sebaiknya didukung oleh akses jalan yang memiliki kenyamanan. Sedangkan jika dari aspek biaya, berdasarkan hasil analisa didapat biaya struktur perkerasan lentur senilai Rp. 28.793.604.705,600, biaya struktur

perkerasan kaku senilai Rp. 34.218.430.585,828 dan biaya struktur perkerasan paving blok senilai Rp. 17.410.645.080,000 sehingga dapat diketahui bahwa perkerasan paving blok lebih hemat. Hal ini dikarenakan bahan material paving blok lebih murah dan pengerjaannya tidak memerlukan alat berat ataupun keahlian khusus. Namun struktur perkerasan paving blok memiliki kenyamanan berkendara yang sangat tidak nyaman selain itu struktur perkerasan paving blok tidak bisa dilewati kendaraan dengan kecepatan yang tinggi sehingga struktur perkerasan paving blok lebih cocok untuk mengontrol kecepatan kendaraan seperti jalan di perkotaan yang padat dan jalan lingkungan pemukiman.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansusanto, J.D., dan Evan, L.I. "Analisis Kerusakan Jalan Perintis Kemerdekaan Klaten Menggunakan Metode Bina Marga". Skripsi S1 Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2018.
- Bina Marga. 2018. "Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan". Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Bokko, J., dan Rangan, P.R. 2017. "Analisis Perbandingan Efisiensi Biaya Dan Metode Pelaksanaan Konstruksi Jalan Aspal Beton Dengan Rigid Beton". Jurnal Dynamic Saint, Jilid III Nomor 01 Edisi Oktober 2017.
- DP, Dian Arumningsih. 2012. "Perencanaan dan Estimasi Biaya Pada Proyek Pembangunan Jembatan Patihan Kabupaten Sragen". Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur (JTSA), Volume 12 Nomor 16 Edisi 2012. Surakarta.
- Kefie, P. Tinton, dkk. "Perancangan Perkerasan Concrete Blok dan Estimasi Biaya". Skripsi S1 Universitas Kristen Petra, 2012.
- Kompas. 2017. Di Balik Kunjungan Sri Mulyani ke Labuan Bajo. <https://ekonomi.kompas.com/read/2017/07/28/050000726/di-balik-kunjungan-sri-mulyani-ke-labuan-bajo->. Diakses 11 September 2020.
- Maharani, A., dan Wasono, S.P. 2012. "Perbandingan Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur (Studi Kasus Ruas Jalan Raya Pantai Prigi-Popoh Kab. Tulungagung)". Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil, Volume 1 Nomor 02 Edisi September 2018. Surabaya.
- Nurahmi, O., dan Kartika, A.A.G. 2012. "Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku Serta Analisis Ekonominya Pada Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung". Jurnal Teknik ITS, Volume 1 Edisi September 2012. Surabaya.
- PT. Floresco Aneka Indah. 2018. Penawaran Akses Bandara Komodo Labuan Bajo. Ruteng: PT. Floresco Aneka Indah.
- Siyoto, S., dan Ali Sodik. 2015. *Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Literasi Media Publishing.