STUDI PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR DAN PERKERASAN KAKU PADA RUAS JALAN WAISALA – TALAGA KAMBELU KABUPATEN SBB

Eding Iskak Imananto[1], Annur Ma'ruf[2], dan Ahmad K. Huat[3]

[1]Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Perum Joyo Grand Kav. A-22 Malang
Email: ahmadkhuat@gmail.com

ABSTRACT

The Trans Maluku Road on Seram Island serves as the main route connecting three regencies; however, it has not yet been fully integrated, leaving several areas isolated due to limited road infrastructure. One example is the Waisala – Talaga Kambelu section in West Seram Regency, specifically at STA 39+250 – STA 44+350, which remains in the form of gravel and has not been paved. Therefore, a comparative study between flexible and rigid pavement was carried out on a 5.1 km segment of the total 46 km using the 2024 Bina Marga Method.The planning includes pavement structure analysis, cost estimation (RAB) based on the 2024 Bina Marga Unit Price Analysis for Maluku Province, as well as the estimation of routine and periodic maintenance costs, considering inflation and the BI Rate over a 20-year design life.The results show that flexible pavement requires a total thickness of 46.5 cm (HRS-WC 3 cm, HRS-Base 3.5 cm, LFA A 25 cm, and LFA B 15 cm), while rigid pavement requires only a 15 cm concrete slab, a 10 cm lean concrete base, and 15 cm LFA A. The estimated cost for flexible pavement, including overlay and routine maintenance, is Rp 30.11 billion, while rigid pavement with routine maintenance amounts to Rp 20.78 billion.Thus, rigid pavement is more economical as it requires lower costs, has a longer design life, and involves relatively minimal maintenance compared to flexible pavement.

Keywords: Flexible pavement, rigid pavement, cost planning.

ABSTRAK

Jalan Trans Maluku di Pulau Seram merupakan jalur utama penghubung tiga kabupaten, namun hingga kini belum sepenuhnya terintegrasi sehingga masih terdapat wilayah terisolasi akibat keterbatasan prasarana jalan raya. Salah satunya ruas Waisala – Talaga Kambelu di Kabupaten Seram Bagian Barat pada STA 39+250 – STA 44+350 yang masih berupa sirtu dan belum diperkeras. Untuk itu dilakukan studi perbandingan perkerasan lentur dan kaku pada segmen 5,1 km dari total 46 km menggunakan Metode Bina Marga 2024. Perencanaan mencakup analisis struktur perkerasan, rencana anggaran biaya (RAB) berdasarkan Analisa Harga Satuan Bina Marga Maluku 2024, serta estimasi biaya pemeliharaan rutin dan berkala dengan memperhitungkan inflasi dan BI Rate selama umur rencana 20 tahun. Hasil perencanaan menunjukkan perkerasan lentur memerlukan total tebal 46,5 cm (HRS-WC 3 cm, HRS-Base 3,5 cm, LFA A 25 cm, LFA B 15 cm), sedangkan perkerasan kaku hanya membutuhkan slab beton 15 cm, lapis beton kurus 10 cm, dan LFA A 15 cm. Estimasi biaya perkerasan lentur termasuk overlay dan perawatan rutin sebesar Rp 30,11 miliar, sedangkan perkerasan kaku dengan perawatan rutin sebesar Rp 20,78 miliar.

Dengan demikian, perkerasan kaku lebih ekonomis karena membutuhkan biaya lebih rendah serta memiliki umur rencana lebih panjang dengan kebutuhan biaya pemeliharaan yang relatif kecil dibandingkan perkerasan lentur.

Kata kunci: perkerasan lentur, perkerasan kaku, rancangan anggaran biaya.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ruas jalan Waisala - Talaga Kambelu di Pulau Seram, Maluku, memiliki peran penting dalam mendukung aktivitas transportasi dan perekonomian masyarakat setempat. Sebagai bagian dari jaringan jalan di kabupaten Seram Bagian Barat di Provinsi Maluku, jalan ini menghubungkan beberapa kecamatan dan desa, termasuk Waisala, Seri, dan Kambelu, yang berada di wilayah Seram Barat. Infrastruktur jalan ini merupakan salah satu tulang punggung transportasi darat di Pulau Seram, mengingat topografi pulau yang cukup menantang dan adanya keterbatasan transportasi alternatif di daerah tersebut.

Pembangunan dan pemeliharaan jalan ini berperan vital karena jalan ini tidak hanya menghubungkan berbagai desa dan kecamatan, tetapi juga memfasilitasi pengangkutan hasil pertanian, perikanan, dan produk lokal lainnya ke pusat-pusat ekonomi dan pasar di Seram dan Maluku secara keseluruhan. Jalan ini mendukung akses ke layanan kesehatan, pendidikan, dan pelayanan dasar lainnya yang penting bagi masyarakat pedalaman di Seram.

Namun, seperti banyak daerah terpencil lainnya di Indonesia, ruas jalan Waisala - Talaga Kambelu sering menghadapi tantangan infrastruktur, seperti kondisi jalan yang rusak atau sulit dilalui saat musim hujan. Curah hujan yang tinggi dan kondisi tanah yang labil seringkali menyebabkan kerusakan jalan, sehingga perlu upaya perawatan dan perbaikan yang berkelanjutan dari pemerintah daerah maupun pusat.

Secara keseluruhan, keberadaan dan kondisi ruas jalan Waisala - Talaga Kambelu memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas hidup masyarakat di Pulau Seram. Dengan jalan yang layak, diharapkan distribusi barang, akses terhadap layanan publik, serta perekonomian lokal di wilayah ini dapat terus berkembang.

Mengenai ruas jalan Waisala - Talaga Kambelu di Kabupaten Seram Bagian Barat, status ruas jalan ini adalah jalan kabupaten dengan nama ruas jalan Waisala - Talaga Kambelu pada Rencana Pembangunan Daerah (RPD) Kabupaten Seram Bagian Barat Tahun 2023 – 2026.

Transportasi merupakan bagian yang sangat penting dari kehidupan manusia, khususnya transportasi kendaraan bermotor, baik untuk kebutuhan pergerakan manusia maupun angkutan barang. Jalan merupakan prasarana yang sangat dibutuhkan dalam system transportasi untuk menghubungkan suatu tempat ke tempat lain dalam rangka memenuhi kebutuhan ekonomi, sosial, dan budaya. Kondisi jalan yang baik diperlukan untuk kinerja transportasi yaitu untuk mendukung kegiatan mobilisasi barang atau layanan secara aman dan nyaman.

Sebagai salah satu prasarana transportasi darat yang sangat penting untuk menunjang aktivitas manusia, Jalan merupakan akses penghubung bagi kendaraan dari daerah satu ke daerah yang lain yang bertujuan untuk pengembangan dan pertumbuhan di suatu wilayah. Mengacu pada UU No.2 Tahun 2022 (Pemerintah Indonesia 2022) bahwa infrastruktur Jalan sebagai salah satu pilar utama untuk kesejahteraan umum dan sebagai prasarana dasar dalam pelayanan umum dan pemanfaatan sumber daya ekonomi juga sebagai pengembangan wilayah agar tercapai konektivitas antarpusat kegiatan, keseimbangan dan pemerataan pembangunan antardaerah, peningkatan perekonomian pusat dan daerah. Sehingga hal ini yang menjadi tujuan dibangunnya jaringan jalan Trans Maluku yang berada di Pulau Seram Provinsi Maluku khususnya di Kabupaten Seram Bagian Barat (SBB).

Jalan Trans Maluku yang berada di Pulau Seram merupakan urat nadi transportasi yang berperan untuk menghubungkan tiga kabupaten di Pulau Seram yaitu Kabupaten Seram Bagian Barat (SBB), kondisi jalan pada ruas ini kebanyakan masih berupa sirtu dan belum dilakukan perkerasan. Hingga saat ini Jalan Trans Maluku belum sepenuhnya terhubung oleh prasarana lalu lintas sehingga masih ada beberapa daerah yang terisolasi dari akses prasarana transportasi jalan raya.

Sebagain besar Masyarakat penduduk pulau seram khususnya di provinsi SBB (Seram Bagian Barat) adalah petani dan nelayan, jalan yang direncanakan dari tahun 2020, tetapi sampai saat ini masih terdapat berbagai macam kendala yang mengakibatkan beberapa aksesnya belum dilakukan perkerasan, seperti ruas jalan Waisala - Talaga Kambelu itu sendiri mempunyai Panjang ruas 46 km di STA 39+250 - STA 44+350, yang masih merupakan tanah dasar dan belum dilakukannya perkerasan jalan sama sekali.

Ada beberapa metode yang digunakan untuk menentukan perkerasan lentur dan perkerasan kaku jalan antara lain Metode Bina Marga (Indonesia), Metode AASHTO 1993 (Amerika Serikat), Metode Japan Assc (Jepang), Metode NAASRA (Australia), Metode Road Note 31 (Inggris) dan Metode lainnya. Tapi pada penyusunan perencanaan ini akan menggunakan Metode Bina Marga yang terbaru yaitu Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024 (Jenderal et al. n.d.) untuk menentukan perkerasan lentur pada ruas jalan Waisala - Talaga Kambelu.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang yang telah dipaparkan diatas, maka dapat ditentukan identifikasi permasalahan dalam studi perencanaan ini yaitu:

1. Kondisi jalan yang pada beberapa titik masih berupa jalan sirtu dan belum dilakukannya perkerasan, sehingga adanya upaya Pembangunan struktur perkerasan pada ruas jalan Waisala - Talaga Kambelu.
2. Dalam Pembangunan jalan perlu adanya perencanaan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku dengan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024.
3. Perlu adanya perencanaan Anggaran Biaya untuk merealisasikan rencana pembangunan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku pada ruas jalan Waisala - Talaga Kambelu.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi permsalahan yang ada, dapat dirumuskan beberapa permasalahan untuk studi perencanaan ini sebagai berikut:

1. Berapa tebal perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang direncanakan dengan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024 pada ruas jalan Waisala - Talaga Kambelu untuk umur rencana 20 tahun?
2. Berapa biaya menggunakan perkerasan lentur dan perkerasan kaku dengan konstruksi yang sesuai dan pemeliharaan umur rencana 20 tahun.
3. Perkerasan mana yang tepat dan Ekonomis untuk ruas jalan Waisala - Talaga Kambelu dengan 20 tahun umur rencana?

1.4 Tujuan Studi

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan studi perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Merencanakan lapis perkerasan lentur dan perkerasan kaku dengan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024 dengan umur rencana 20 tahun.
2. Menganalisis kinerja perkerasan lentur dan perkerasan kaku untuk umur rencana 20 tahun. 4
3. Menghitung perbandingan biaya antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku dengan konstruksi yang sesuai dan pemeliharaan umur rencana 20 tahun pada ruas jalan Waisala - Talaga Kambelu.

1.5 Lingkup Pembahasan

Berikut adalah lingkup pembahasan dalam studi perencanaan ini:

1. Jalan Raya yang direncanakan membahas perhitungan lapis perkerasan lentur dan perkerasan kaku, pada ruas jalan Waisala - Talaga Kambelu yaitu pada STA 39+250 - STA 44+350 (4 km).
2. Tebal perkerasan lentur dan perkerasan kaku dihitung dengan menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPJ) 2024, Pada Ruas Jalan Waisala - Talaga Kambelu Kabupaten Seram Bagian Timur.
3. Perhitungan biaya hanya dilakukan pada pekerjaan perkerasan.

1.6 Manfaat Sudi

Manfaat yang bisa didapatkan dari studi perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Memperdalam studi tentang ilmu transportasi khususnya dalam perencanaan tebal perkerasan lentur dan perkerasan kaku pada jalan raya.
2. Dapat menjadi bahan referensi untuk penyusunan atau penelitian selanjutnya yang akan membahas tentang perencanaan tebal perkerasan lentur dan perkerasan kaku pada jalan raya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Jalan

Menurut Undang-undang Nomor 2 Tahun 2022 (Pemerintah Indonesia 2022) Pasal 1. Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian Jalan, termasuk bangunan penghubung, bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas perrnukaan tanah, di bawah permukaan tanah, dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel, jalan lori, dan jalan kabel.

2.2 Klasifikasi Jalan

Menurut Undang-undang Nomor 2 Tahun 2022 (Pemerintah Indonesia 2022) Pasal 6. klasifikasi Jalan sesuai dengan peruntukannya terdiri atas jalan umum dan jalan khusus.

a. Jalan umum dapat dikelompokkan menurut sistem, fungsi, kelas, dan status.
b. Jalan khusus bukan diperuntukkan bagi lalu lintas umum dalam rangka distribusi barang dan jasa yang dibutuhkan.

2.3 Bagian-bagian Jalan

Bagian-bagian jalan menurut Undang-undang Nomor 2 Tahun 2022 Pasal 11 Tentang jalan, meliputi ruang manfaat jalan, ruang milik jalan, dan ruang pengawasan jalan.

a. Ruang manfaat jalan (RUMAJA)
b. Ruang milik jalan (RUMIJA)
c. Ruang pengawasan jalan (RUWASJA)

2.4 Pengertian Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas, yang bila kita perhatikan secara strukturil pada penampang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan(Saodang 2005).

2.5 Jenis Konstruksi Perkerasan

Menurut Silvia Sukirman dalam bukunya "Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur" Tahun 2010, jenis konstruksi perkerasan jalan berdasarkan bahan pengikatnya dapat dibedakan atas 3 macam yaitu :

a. Kontruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*).
b. Konstruksi Perkerasan kaku (Rigid Pavement).
c. Kontruksi Perkerasan komposit (*Composite Pavement*).

2.6 Perkerasan Lentur (Flexible Pavement).

Perkerasan lentur (Flexible Pavement) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalulintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan.

a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)
b. Lapisan Pondasi (Base Course)
c. Lapisan Pondasi Bawah (Subbase Course)
d. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

2.7 Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Metode Bina Marga 2024

Metode Bina Marga menjadi salah satu metode yang paling sering digunakan karena sangat sesuai dengan kondisi iklim dan lingkungan yang ada di indonesia. Ada beberapa tahapan pada perhitungan tebal perkerasan lentur dengan metode Bina Marga 2024 yang akan diuraikan sebagai berikut.

a. Tentukan umur rencana
b. Analisa data lalulintas
c. Tentukan nilai-nilai ESA4 dan atau ESA5 sesuai umur rencana yang dipilih.
d. Tentukan tipe perkerasan.
e. Tentukan segmen tanah dasar dengan daya dukung yang seragam.
f. Tentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat dari Bagan Desain - 3 atau Bagan Desain lainnya yang sesuai.

2.8 Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) adalah perkerasan yang menggunakan semen (Portland Cement) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakan diatas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi bawah, beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

Berikut jenis-jenis perkerasan kaku:

a. Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan
b. Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan
c. Perkerasan kaku menerus dengan tulangan
d. Perkerasan kaku pra tegang
e. Perkerasan kaku pra cetak (pra cetak pra tegang dan pra cetak tanpa pra tegang)

2.9 Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku Metode Bina Marga 2024

Metode Bina Marga 2024 juga menyediakan pedoman untuk perhitungan tebal perkerasan kaku. Prinsip utamanya adalah pelat beton semen portland (PCC) harus cukup kuat untuk memikul beban lalu lintas berulang tanpa mengalami kerusakan berlebihan akibat fatigue (kelelahan) maupun erosi pada sambungan.

a. Menentukan umur rencana
b. Analisis data lalu lintas untuk menghitung kumulatif beban sumbu ekivalen (CESA).
c. Menentukan mutu beton berdasarkan kuat tekan karakteristik (fc').
d. Menentukan nilai faktor kelelahan (fatigue factor) dan faktor erosi
e. Menentukan lapis.an pondasi (base course/lean concrete).
f. Menentukan tebal pelat beton berdasarkan grafik/nomogram desain perkerasan kaku pada MDPJ 2024.
g. Menentukan kebutuhan tulangan.

2.10 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

2.10.1 Pengertian RAB (Rencana Anggaran Biaya)

RAB biasanya mencakup biaya untuk bahan, tenaga kerja, peralatan, dan biaya lainnya yang terkait dengan proyek. RAB juga dapat digunakan sebagai alat untuk menghitung volume pekerjaan, mengelola sumber daya, dan membantu dalam pengambilan keputusan selama proyek berlangsung. Anggaran biaya pada bangunan jalan akan berbeda-beda dimasing-masing daerah dikarenakan perbedaan harga upah tenaga kerja dan harga bahan.

2.10.2 Perhitungan Volume Pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan yaitu suatu pekerjaan bukanlah merupakan volume isi sesungguhnya, melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam suatu satu kesatuan. Volume pekerjaan perkerasan jalan dapat mencakup berbagai komponen seperti lapisan pondasi berbutir dan lapisan permukaan.

2.10.3 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

AHSP adalah metode untuk menghitung harga satuan untuk pekerjaan konstruksi yang dirinci dengan mengalikan persyaratan untuk bahan bangunan, upah pekerja dan peralatan dengan harga konstruksi, standar upah pekerja.

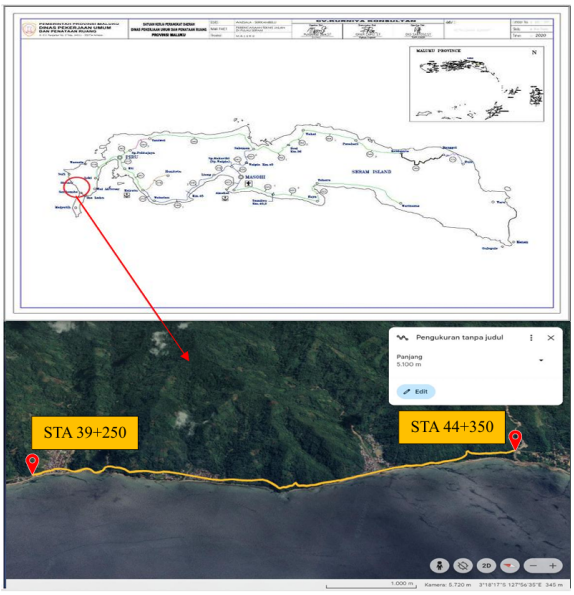
2.10.4 Landasan Ekonomi Teknik

Ekonomi Teknik adalah kumpulan Teknik yang membandingkan beberapa pilihan dalam membuat keputusan dengan melibatkan unsur – unsur dasar seperti aliran uang tunai, waktu dan tingkat suku bunga dimulai dari perumusan, prediksi, dan menilai hasil ekonomi yang diharapkan dari alternatif yang dirancang untuk mencapai tujuan tertentu.

3. METODOLOGI STUDI

3.1 Lokasi atau Objek Studi

Lokasi studi perencanaan struktur perkerasan lentur pada Ruas Jalan Waisala – Talaga Kambelu dengan total panjang ruas jalannya 46 km, dimulai pada STA. 39+250 (Desa Limboro) S/D STA 44+350 (Desa Talaga Kambelu). Letak Lokasi studi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Proyek PT. Karunia Data Konsultan, dan Ruas Jalan yang Direncanakan
(Sumber :PT. Karunia Data Konsultan dan Google Earth)

3.2 Metode Pengambilan Data

Setiap studi perencanaan akan membutuhkan data untuk menyelesaikan perencanaan yang akan dilakukan. Data yang digunakan dalam studi perencanaan ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak kedua, ketiga,

atau berikutnya. Data tersebut adalah data Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR), Data Tanah DCP/CBR Lapangan dan Gambar Rencana yang diperoleh dari PT. Karuniya Data Konsultan.

3.3 Tahapan Studi

3.3.1 Tahapan Perencanaan Struktur Perkerasan

3.3.1.1 Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

Langkah – Langkah yang dibutuhkan dalam perencanaan struktur perkerasan lentur adalah sebagai berikut :

a. Pengumpulan data yang diperlukan dalam perencanaan perkerasan lentur yaitu data LHR, Data Pertumbuhan Lalu Lintas, data CBR dan lain – lain.
b. Menetapkan umur rencana
c. Perhitungan factor pertumbuhan lalu lintas (R)
d. Menentukan factor distribusi lajur (DL)
e. Menghitung beban standar komulatif atau cumulative equivalent single axle (CESA4)
f. Menentukan nilai traffic multipler (TM)
g. Menentukan CESA5
h. Menentukan pondasi jalan minimum Menentukan pondasi jalan minimum dilihat dari tabel Chart Design solusi pondasi jalan jalan minimum dengan menggunakan CBR tanah dasar
i. Menentukan tipe perkerasan dari tabel atau dari pertimbangan biaya (analysis discounted whole of life cost)
j. Menentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat
k. Menentukan struktur perkerasan lentur hasil desain

3.3.1.2 Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

Langkah – Langkah yang dibutuhkan dalam perencanaan struktur perkerasan kaku adalah sebagai berikut :

a. Pilih perkerasan beton semen, bersambung tanpa ruji, atau menerus dengan tulangan.
b. Menentukan apakah menggunakan bahu beton atau bukan
c. Menentukan jenis dan tebal pondasi bawah berdasarkan CBR rencana dan perkiraan sumbu kendaraan niaga selama umur rencana
d. Menentukan CBR efektif berdasarkan nilai CBR rencana dan pondasi bawah yang dipilih
e. Memiliki kuat Tarik lentur atau kuat tekan beton pada umur 28 hari (Fcf)
f. Memilih factor keamanan beban lalu lintas
g. Taksir tebal beton
h. Menentukan tegangan ekivalen (TE) dan factor erosi (FE) untu STRT.
i. Menentukan factor rasio tegangan (FRT) dengan membagi tegangan ekivalen (TE) Oleh kuat Tarik lentur (Fcf)
j. Dengan factor rasio tegangan (FRT) dan beban rencana, tentukan jumlah ijin untuk fatik, yang dimulai dari beban roda tertinggi dari jenis sumbu STRT tersebut.
k. Menghitung presentasi dari repetisi fatik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin.
l. Dengan menggunakan factor erosi (FE), tentukan jumlah repetisi ijin untuk erosi
m. Mengulang Langkah K dan N untuk setiap beban per roda pada sumbu tersebut sampai jumlah repetisi beban ijin yang masing-masing mencapai 10 juta sampai 100 juta repetisi
n. Menghitung presentasi dari repetisi fisik yang direncanakan terhadap jumlah repetisi ijin
o. Menghitung jumlah total fisik dengan menjumlah presentase fatik dari setiap beban roda pada STRT tersebut. Dengan cara yang sama hitung jumlah erosi dari setiap beban roda pada STRT tersebut.
p. Mengulang Langkah-langkah tersebut untuk setiap jenis kelompok sumbu lainnya.
q. Menghitung jumlah total kerusakan akibat fatik dan jumlah total kerusakan akibat erosi untuk seluruh sumbu.

3.4 Perhitungan Anggaran Biaya

Krusialnya nilai RAB dalam sebuah proyek konstruksi menuntut seorang estimator untuk bekerja seakurat mungkin. Hal ini dikarenakan RAB menjadi sebuah pedoman dalam proses pelaksanaan pekerjaan sekaligus alat pengontrol setiap pekerjaan di lapangan. Menghitung estimasi biaya juga digunakan sebagai studi kelayakan, apakah desain yang dihasilkan seorang arsitek sesuai dengan anggaran yang dimiliki pemilik proyek atau tidak. Bukan hanya itu, RAB dapat menjadi pertimbangan sukses atau tidaknya proyek tersebut.

3.4.1 Analisis Ekonomi

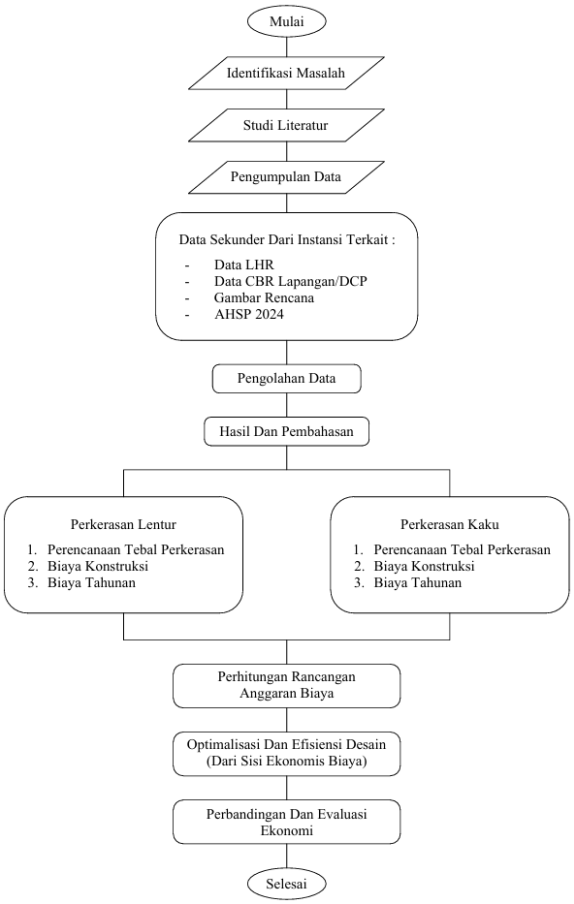
Pada analisis ekonomi yang akan dibahas adalah jumlah benefit (nilai manfaat) yang diperoleh dari suatu proyek lebih besar daripada jumlah cost (biaya). Dalam studi kelayakan, dimana belum operasional, semua perhitungan biaya dan manfaat, serta angka-angka lain merupakan perhitungan perkiraan yang diproyeksikan selama umur proyek. Angka-angka proyeksi diperoleh melalui penurunan (derivasi) dari berbagai data, model dan asumsi yang dilihat dari berbagai aspek proyek.

3.4.2 Perbandingan Dan Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi berfungsi untuk mengetahui kelayakan proyek secara umum. Evaluasi ekonomi yang dilakukan yaitu membandingkan benefit dan cost masing- masing alternatif perkerasan menggunakan metode Benefit Cost Ratio (BCR) dan User Cost. Dari hasil perhitungan keseluruhan yang akan dibandingkan meliputi :

a. Tebal Kontruksi masing-masing Perkerasan
b. Analisis dan evaluasi ekonomi

3.5 Bagan Alir Studi



Gambar 3.2 Bagan Alir Studi

4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Bina Marga 2024

4.1.1 Data Perencanaan

- Peranan Jalan : Kolektor Primer
- Tipe jalan : 2 lajur 2 arah
- Panjang jalan : 5.100 m
- Lebar jalan : 7 m
- Bahu jalan : 1,5 m (kiri-kanan)
- Tipe perkerasan : Perkerasan lentur
- Umur rencana : 20 Tahun

4.1.2 Analisis Data Lalu Lintas

Data Lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang digunakan adalah data LHR 5 tahun terakhir yaitu tahun 2020 - 2024 yang diperoleh dari konsultan perencana PT.Karuniya Data Konsultan dengan hasil sebagai berikut :

1. Faktor laju pertumbuhan lalulintas (i) : 5,78 %
2. Total LHR awal rencana 2025 : 496 kndr/hari/2arah
3. Total LHR akhir rencana 2044 : 1537 kndr/hari/2arah
4. Faktor Penggali Pertumbuhan Lalu Lintas (R)
   $R_{2024\text{-}2025}$: 1
   $R_{2025\text{-}2044}$: 33,02
5. Beban Standar Kumulatif (CESA4) : 0,40
6. Penentuan nilai TM (CESA5) : 80

4.1.3 Penentuan Fondasi Jalan Minimum Dengan Menggunakan Data CBR Tanah Dasar

1. Nilai CBR segmen (analitis) : 6,58 %
2. Nilai CBR segmen (grafis) : 6 %

Diambil nilai terkecil dari kedua metode tersebut dengan nilai 6 %, karena nilai CBRnya ≥ 6% sehingga struktur pondasi jalan tidak memerlukan perbaikan tanah dasar.

4.1.4 Pemilihan Dan Penentuan Perkerasan Lentur

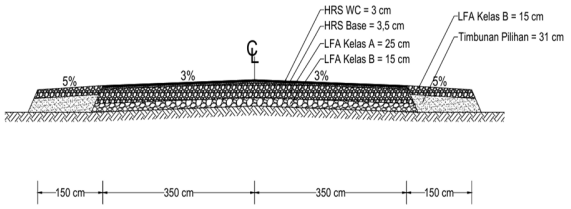
Berdasarkan tabel pemilihan jenis perkerasan dengan nilai CESA4 adalah 0,40 maka struktur perkerasannya adalah struktur perkerasan lentur dengan HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir dengan bagan desain 4 untuk penentuan tebal perkerasan. Dengan nilai CESA5 0,80 maka didapat tebal perkerasan lentur sesuai dengan bagan desain 4 sebagai berikut :

- HRS WC = 30 mm
- HRS Base = 35 mm
- LFA Kelas A = 250 mm
- LFA Kelas B = 150 mm

4.1.5 Desain Bahu Jalan Dan Kemiringan Melintang

Desain tebal bahu jalan dan kemiringan melintang badan dan bahu jalan sesuai dengan syarat didapat tebal dan kemiringan sebagai berikut:

- Tebal LFA B = 150 mm
- Tebal timbunan pilihan = 310 mm
- Kemiringan badan jalan = 3 %
- Kemiringan bahu jalan = 5 %



Gambar 4. 1 Desain Rencana Perkerasan Lentur

4.2 Analisa Rencana Anggaran Biaya (RAB) Perkerasan Lentur

4.2.1 Volume Pekerjaan

Tabel 4. 1 Uraian Volume Pekerjaan

No	Pekerjaan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Jumlah/ Satuan	Volume	Satuan
A	Pekerjaan Perkerasan Jalan						
1	Pekerjaan Lapis Fondasi						
	- Lapis Fondasi Atas Kelas B (LFA-B)	5100,00	7,00	0,15	-	5355,00	m^3
	- Lapis Fondasi Atas Kelas A (LFA-A)	5100,00	7,00	0,25	-	8925,00	m^3
2	Pekerjaan Lapis Permukaan						
	- Lapis Resap Pengikat	5100,00	7,00	-	-	35700,00	Liter
	- Lapis Perekat	5100,00	7,00	-	-	35700,00	Liter
	- Lapis HRS-BASE	5100,00	7,00	0,035	-	1249,50	Ton
	- Lapis HRS-WC	5100,00	7,00	0,03	-	1071,00	Ton

4.2.2 Analisa (Unit Price) Perkerasan Lentur

Tabel 4. 2 Biaya Konstruksi Untuk Lapis Fondasi Agregat B (LFA B)

NO	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A.	**TENAGA**					
1	Pekerja	(L01)	Jam	0,0779	16.285,71	1.268,62
2	Mandor	(L03)	Jam	0,0097	29.142,86	283,77
	JUMLAH HARGA TENAGA					1.552,39
B.	**BAHAN**					
1	Agregat B	(M26)	M3	1,271	273.714,27	348.008,14
	JUMLAH HARGA BAHAN					348.008,14
C.	**PERALATAN**					
1	Wheel Loader	(E15)	Jam	0,0086	464.584,03	3.986,94
2	Dump Truck	(E35)	Jam	0,1627	598.260,83	97.348,57
3	Motor Grader	(E13)	Jam	0,0010	450.277,24	431,01
4	Vibrator Roller	(E19a)	Jam	0,0097	282.707,22	2.752,78
5	Alat Bantu		Ls	1,0000		
	JUMLAH HARGA PERALATAN					104.519,31
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					454.079,84
E.	OVERHEAD & PROFIT (10 % X D)					45.407,98
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					499.487,83

Tabel 4. 3 Biaya Konstruksi Untuk Lapis Fondasi Agregat A (LFA A)

NO	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A.	**TENAGA**					
1	Pekerja	(L01)	Jam	0,0779	16.285,71	1.268,62
2	Mandor	(L03)	Jam	0,0097	29.142,86	283,77
	JUMLAH HARGA TENAGA					1.552,39
B.	**BAHAN**					
1	Agregat A	(M26)	M3	1,2890	280.257,62	361.242,41
	JUMLAH HARGA BAHAN					361.242,41
C.	**PERALATAN**					
1	Wheel Loader	(E15)	Jam	0,0087	464.584,03	4.041,93
2	Dump Truck	(E08)	Jam	0,1652	598.260,83	98.834,79
3	Motor Grader	(E13)	Jam	0,0010	450.277,24	431,01
4	Vibrator Roller	(E19)	Jam	0,0097	282.707,22	2.752,78
5	Alat Bantu		Ls	1,0000		
	JUMLAH HARGA PERALATAN					106.060,52
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					468.855,32
E.	OVERHEAD & PROFIT (10 % X D)					46.885,53
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					515.740,85

Tabel 4. 4 Biaya Konstruksi Untuk Lapis Resap Pengikat

NO	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A.	**TENAGA**					
1	Pekerja	(L01)	Jam	0,0015	16.285,71	23,86
2	Mandor	(L03)	Jam	0,0007	29.142,86	21,34
	JUMLAH HARGA TENAGA					45,20
B.	**BAHAN**					
1	Aspal Emulsi CSS-1 atau SS-1	(M31a)	Liter	1,7000	10.500,00	17.850,00
	JUMLAH HARGA BAHAN					17.850,00
C.	**PERALATAN**					
1	Asphalt Distributor	(E41)	Jam	0,00020	351.113,62	70,50
2	Compressor	(E05)	Jam	0,00073	143.538,82	105,13
	JUMLAH HARGA PERALATAN					175,63
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					18.070,83
E.	OVERHEAD & PROFIT (10 % X D)					1.807,08
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					19.877,92

Tabel 4. 5 Biaya Konstruksi Untuk Lapis Perekat

NO	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A.	**TENAGA**					
1	Pekerja	(L01)	Jam	0,0021	16.285,71	33,98
2	Mandor	(L03)	Jam	0,0010	29.142,86	30,40
	JUMLAH HARGA TENAGA					64,38
B.	**BAHAN**					
1	Aspal Emulsi CRS-1 atau RS-1	(M31b)	Liter	1,7000	12.270,20	20.859,34
	JUMLAH HARGA BAHAN					20.859,34
C.	**PERALATAN**					
1	Asphalt Srayer	(E41)	Jam	0,0002	351.113,62	70,50
2	Compressor	(E05)	Jam	0,0010	143.538,82	149,73
3	Power Broom	(E03)	Jam	0,0008	69.817,66	56,64
	JUMLAH HARGA PERALATAN					276,88
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					21.200,60
E.	OVERHEAD & PROFIT (10 % X D)					2.120,06
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					23.320,66

Tabel 4. 6 Biaya Konstruksi Untuk Lapis Aus Lataston (HRS – WC)

NO	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A.	**TENAGA**					
1	Pekerja	(L01)	Jam	0,2008	16.285,71	3.270,22
2	Mandor	(L03)	Jam	0,0201	29.142,86	585,20
	JUMLAH HARGA TENAGA					3.855,42
B.	**BAHAN**					
1	Agr Pch Mesin 5-10 & 10-15	(M92)	M3	0,2683	242.931,98	65.175,59
2	Agr Pch Mesin 0 - 5	(M91)	M3	0,1856	242.931,98	45.096,34
3	Pasir Halus	(M01c)	M3	0,2851	200.000,00	57.011,72
4	Semen	(M12)	Kg	18,7680	1.340,00	25.149,12
5	Aspal	(M10)	Kg	79,5600	11.774,19	936.754,56
	JUMLAH HARGA BAHAN					1.129.187,32
C.	**PERALATAN**					
1	Wheel Loader	(E15)	Jam	0,0129	464.584,03	6.002,11
2	Asphalt Mixing Plant (AMP)	(E01)	Jam	0,0201	8.252.720,04	165.717,27
3	Generator set	(E12)	Jam	0,0201	328.436,09	6.595,10
4	Dump Truck 10 Ton	(E09)	Jam	0,0945	598.260,83	56.530,21
5	Asphalt Finisher	(E02)	Jam	0,0166	271.487,77	4.514,75
6	Tandem Roller	(E17)	Jam	0,0169	413.365,15	7.000,05
7	Pneumatic Tire Roller	(E18)	Jam	0,0186	588.980,16	10.957,37
8	Alat Bantu		Ls	1,0000		
	JUMLAH HARGA PERALATAN					257.316,86
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					1.390.359,60
E.	OVERHEAD & PROFIT (10 % X D)					139.035,96
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					1.529.395,56

Tabel 4. 7 Biaya Konstruksi Untuk Lapis Aus Lataston (HRS – BASE)

NO	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A.	**TENAGA**					
1	Pekerja	(L01)	Jam	0,2008	16.286	3.270
2	Mandor	(L03)	Jam	0,0201	29.143	585
	JUMLAH HARGA TENAGA					3.855
B.	**BAHAN**					
1	Agr Pch Mesin 5-8 & 8-11 & 11-15	(M92)	M3	0,3348	242.932	81.324
2	Agr Pch Mesin 0 - 5	(M91)	M3	0,1649	242.932	40.053
3	Pasir Halus	(M01c)	M3	0,2531	200.000	50.630
4	Semen	(M12)	Kg	19,1760	1.340	25.696
5	Aspal	(M10)	Kg	63,2400	11.774	744.600
	JUMLAH HARGA BAHAN					942.302
C.	**PERALATAN**					
1	Wheel Loader	(E15)	Jam	0,0129	464.584	6.002
2	Asphalt Mixing Plant (AMP)	(E01)	Jam	0,0201	8.252.720	165.717
3	Generator set	(E12)	Jam	0,0201	328.436	6.595
4	Dump Truck 10 Ton	(E09)	Jam	0,0968	598.261	57.928
5	Asphalt Finisher	(E02)	Jam	0,0172	271.488	4.656
6	Tandem Roller	(E17)	Jam	0,0175	413.365	7.220
7	Pneumatic Tire Roller	(E18)	Jam	0,0115	588.980	6.781
8	Alat Bantu		Ls	1,0000		
	JUMLAH HARGA PERALATAN					254.899
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					1.201.057
E.	OVERHEAD & PROFIT (10 % X D)					120.106
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					1.321.163

4.2.3 Rekapitulasi Anggaran Biaya Perkerasan Lentur

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Anggaran Biaya Perkerasan Lentur

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
A	PEKERJAAN JALAN BARU					
1	- Lapis Fondasi Atas Kelas B (LFA-B)	m3	5355,00	499.487,83	Rp	2.674.757.304,17
2	- Lapis Fondasi Atas Kelas A (LFA-A)	m3	8925,00	515.740,85	Rp	4.602.987.103,34
3	- Lapis Resap Pengikat	Liter	7140,00	19.877,92	Rp	141.928.336,30
4	- Lapis Perekat	Liter	5355,00	23.320,66	Rp	124.882.110,97
5	- Lapis HRS-BASE	Ton	2873,85	1.321.162,59	Rp	3.796.823.122,07
6	- Lapis HRS-WC	Ton	2463,30	1.529.395,56	Rp	3.767.360.087,01
	Jumlah harga pekerjaan				Rp	15.108.738.063,85
	Total				**Rp**	**15.108.738.063,85**
B	**Jumlah Harga Pekerjaan**				Rp	15.108.738.063,85
C	**Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x B**				Rp	1.510.873.806,38
D	**Jumlah Total Harga Pekerjaan = (B + C)**				Rp	16.619.611.870,234
F	**Dibulatkan**				**Rp**	**16.619.611.900,00**
TERBILANG	ENAM BELAS MILYAR ENAM RATUS SEMBILAN BELAS ENAM RATUS JUTA ENAM RATUS SEBELAS RIBU SEMBILAN RATUS RUPIAH					

Hasil dari perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) perkerasan lentur diapatkan hasil rekapitulasi dengan total senilai : Rp. 16.619.611.900,00

4.2.4 Perhitungan Biaya Pemeliharaan Untuk Perkerasan Lentur

4.2.4.1 Biaya Pemeliharaan Berkala

Untuk menjaga konstruksi perkerasan lentur tetap bertahan selama umur rencana. Maka dilakukannya pemeliharaan secara berkala dan direncanakan setiap 5 tahun dengan overlay (pelapis ulang) dengan tebal 3 cm.

Total biaya pemeliharaan berkala pada tahun ke-5, 10, 15, Dan 20 adalah :

= Rp. 3.482.474.146,16 + Rp. 3.170.782.159.61 + Rp. 2.886.987.550,15 + Rp. 2.628.593.418,03

= Rp. 12.168.837.273,95

4.2.4.2 Biaya Pemeliharaan Rutin

Pemeliharaan rutin dilakukan setiap tahunnya. Diasumsikan Ruas Waisala – Talaga Kambelu mengalami kerusakan sebesar 5% disetiap tahunnya,dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 9 Perhitungan P Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur

Tahun	FW (Rp)	1/(1+i)^n	P = FW (1/(1+i)^n) (Rp)
1	86.091.390,99	0,9479	81.603.214,21
2	89.139.026,23	0,8985	80.087.173,45
3	92.294.547,76	0,8516	78.599.298,00
4	95.561.774,75	0,8072	77.139.064,60
6	102.447.302,59	0,7252	74.299.479,31
7	106.073.937,11	0,6874	72.919.128,79
8	109.828.954,48	0,6516	71.564.422,70
9	113.716.899,47	0,6176	70.234.884,61
11	121.910.561,42	0,5549	67.649.450,82
12	126.226.195,29	0,5260	66.392.645,85
13	130.694.602,61	0,4986	65.159.190,06
14	135.321.191,54	0,4726	63.948.649,66
16	145.071.511,00	0,4246	61.594.620,02
17	150.207.042,49	0,4024	60.450.302,91
18	155.524.371,80	0,3815	59.327.245,15
19	161.029.934,56	0,3616	58.225.051,78
Total			**1.316.590.427,47**

4.3 Analisa Tebal Perkerasan Kaku Menggunakan Metode Bina Marga 2024

4.3.1 Data Perencanaan

- Peranan Jalan : Kolektor Primer
- Tipe jalan : 2 lajur 2 arah
- Panjang jalan : 5.100 m
- Lebar jalan : 7 m
- Bahu jalan : 1,5 m (kiri-kanan)
- Tipe perkerasan : Perkerasan Kaku
- Umur rencana : 20 Tahun

4.3.2 Analisis Data Lalu Lintas

Data Lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang digunakan adalah data LHR 5 tahun terakhir yaitu tahun 2020 - 2024 yang diperoleh dari konsultan perencana PT.Karuniya Data Konsultan dengan hasil sebagai berikut :

1. Faktor laju pertumbuhan lalulintas (i) : 5,78 %
2. Total LHR awal rencana 2025 : 496 kndr /hari/2arah
3. Total LHR akhir rencana 2044 : 1537 kndr /hari/2arah
4. Faktor Penggali Pertumbuhan Lalu Lintas (R) : 35,93
5. HVAG : 169
6. JSKN :1,11x10^6

4.3.3 Penentuan Fondasi Minimum Untuk Perkerasan Beton Semen

Data CBR yang digunakan untuk perencanaan tanah dasar rencana adalah percentile ke-10 berdasarkan (Manual Desain Perkerasan Jalan 2024). Persentil ke-10 dari data tersebut adalah 6,14%. Oleh karena CBR > 6% maka tidak perlu dilakukan perbaikan tanah.

Maka didapatkan tebal fondasi bawa minimum untuk perkerasan beton semen seperti dibawah ini.

Tabel 4. 10 Tebal Fondasi Bawah Untuk Perkerasan Beton Semen

Lalu Lintas Desain (JSKN)	Jenis Lapis Fondasi
Sampai dengan 10^6	BP 125 mm
10^6 Sampai dengan 5 x 10^6	BK 100 mm atau BP 150 mm
5 x 10^6 Sampai dengan 1 x 10^7	BK 125 mm
Lebih dari 1 x 10^7	BK 150 mm

Sumber : MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN No. 03/M/BM/2024 (Desain Perkerasab Kaku Hal 8-2)

4.3.4 Perhitungan Ketebalan Minum Beton

Ketebalan minimum beton untuk perkerasan beton besambung tanpa tulangan (JPCP) sesuai dengan hasil perhitungan JSKN seperti di bawah ini, dan didapatkan tebal minimum beton 150 mm, dari tabel 4. 11.

JSKN = $(\sum LHR_{JK} \times JSKN_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R$

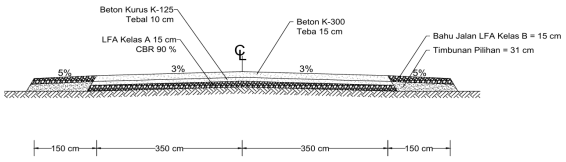
= (85 x 169) x 365 x 0,5 x 100% x 35,93

= 1.109.920,74 x 10^{-6}

Tabel 4. 11 Analisa Perhitungan Minimum Beton

Jenis Perkerasan	Lalu Lintas Rencana		
	$1\times10^6 \leq$ JSKN $< 1\times10^7$	$1\times10^7 \leq$ JSKN $< 5\times10^7$	JSKN $\geq 5\times10^7$
JPCP	150 mm	200 mm	250 mm
JRCP	150 mm	180 mm	230 mm
CRCP	150 mm	180 mm	230 mm

Sumber : MANUAL DESAIN PERKERASAN JALAN No. 03/M/BM/2024 (Desain Perkerasab Kaku Hal 8-5)



Gambar 4. 2 Desain Rencana Perkerasan Kaku

4.3.5 Perhitungan Mutu Beton

Pada perencanaan Ruas Waisala – Talaga Kambelu akan digunakan beton dengan kuat tekan 28 hari sebesar K-300 kg/*cm*2, maka mutu beton data ditentukan rumus sebagai berikut :

Dengan nilai K = 0,75 (agregat pecah), 1 kg/cm2
Fc' = 300 kg/cm2 x 0,098
= 29,4 ~ 30
Fcf = K x (Fc')0,50
= 0,75 x (30)0,50
= 4,11 Mpa

Didapatkan nilai mutu beton pada perencanaan Ruas Waisala – Talaga Kambelu sebesar : 4,11 Mpa.

4.3.6 Perhitungan Fatigue Dan Erosi

Tabel 4. 12 Hasil Hitung Faktor Fatigue dan Erosi – STRT

Beban Sumbu (KN)	Repetisi Beban LSF (Beban Rencana)	Repetisi Beban yang Diizinkan	Ekuivalensi Faktor *Fatigue*		1,25	Ekuivalensi Faktor Erosi		2,29
			Analisis Faktor *Fatigue*			Analisis Faktor Erosi		
			S_r	Repetisi yang Diizinkan	*Fatigue* (%)	(F_2N_d)	Repetisi yang Diizinkan	Erosi (%)
100	120,00	22.892,12	0,90	6,98	0,13	61.810,75	1.030.179,24	0,02
90	108,00	260.970,11	0,82	74,33	0,01	115.741,20	1.929.019,94	0,14
80	96,00	396.796,66	0,73	804,06	0,00	241.775,35	4.029.589,24	0,10
70	84,00	1.623.814,04	0,65	8855,17	0,00	602.511,30	10.041.855,07	0,16
60	72,00	2.046.555,10	0,56	99565,34	0,00	2.127.217,88	35.453.631,26	0,06
50	60,00	2.438.010,27	0,47	5130693,68	0,00	24.480.517,87	408.008.631,15	0,01
40	48,00	5.958.054,51	0,38	*UNLIMITED*	0,00	334.195.040.026.114,00	5.569.917.333.768.570,00	0,00
30	36,00	9.058.409,98	0,29	*UNLIMITED*	0,00	334.195.040.026.114,00	5.569.917.333.768.570,00	0,00
20	24,00	3.938.969,95	0,20	*UNLIMITED*	0,00	334.195.040.026.114,00	5.569.917.333.768.570,00	0,00
10	12,00	11.446,06	0,10	*UNLIMITED*	0,00	334.195.040.026.114,00	5.569.917.333.768.570,00	0,00
Total			*Fatigue* %		0,14	Erosi %		0,48

Tabel 4. 13 Hasil Hitung Faktor Fatigue dan Erosi – STRG

Beban Sumbu (KN)	Repetisi Beban LSF (Beban Rencana)	Repetisi Beban yang Diizinkan	Ekuivalensi Faktor *Fatigue*		1,79	Ekuivalensi Faktor Erosi		2,89
			Analisis Faktor *Fatigue*			Analisis Faktor Erosi		
			S_r	Repetisi yang Diizinkan	*Fatigue* (%)	(F_2N_d)	Repetisi yang Diizinkan	Erosi (%)
150	180,00	145.677,10	0,99	0,62	1,59	6548,87	109147,89	1,33
140	168,00	815.791,74	0,93	3,50	0,26	9648,43	160807,18	5,07
130	156,00	112.726,32	0,86	19,85	0,04	14636,83	243947,13	0,46
120	144,00	345.462,83	0,80	113,35	0,01	23004,59	383409,88	0,90
110	132,00	389.165,96	0,74	653,03	0,00	37783,64	629727,40	0,62
100	120,00	641.672,93	0,68	3798,34	0,00	65678,60	1094643,36	0,59
90	108,00	899.035,80	0,61	22328,67	0,00	123267,88	2054464,59	0,44
80	96,00	2.777.576,64	0,55	132827,76	0,00	258595,96	4309932,69	0,64
70	84,00	3.692.914,40	0,48	1956572,33	0,00	650062,58	10834376,33	0,34
60	72,00	3.612.792,00	0,42	*UNLIMITED*	0,00	2347801,87	39130031,25	0,09
50	60,00	2.837.234,88	0,35	*UNLIMITED*	0,00	31075355,11	517922585,24	0,01
40	48,00	3.136.913,48	0,29	*UNLIMITED*	0,00	3341950400261 14,00	5569917333768570,00	0,00
30	36,00	977.077,10	0,22	*UNLIMITED*	0,00	3341950400261 14,00	5569917333768570,00	0,00
20	24,00	0,00	0,15	*UNLIMITED*	0,00	3341950400261 14,00	5569917333768570,00	0,00
10	12,00	9.364,96	0,08	*UNLIMITED*	0,00	3341950400261 14,00	5569917333768570,00	0,00
Total			*Fatigue* %		1,90	Erosi %		10,50

Dari hasil analisis, tebal beton yang memadai untuk dilintasi oleh beban lalu lintas pada desain perkerasan kaku ini adalah 150 mm (total faktor kelelahan (fatigue) sebesar 2,04 % dan faktor erosi 10,98 %) dinyatakan Aman karena kurang dari 100 %.

4.3.7 Menentukan Ruji (Dowel)

Berdasarkan tabel diatas didapatkan diameter ruji 24 mm untuk sambungan melintang dengan tebal pelat beton 150 mm.

D (BJTP) = 24 mm
Panjang = 450 mm
Jarak = 300 mm

Jumlah sambungan melintang (*transversal joint*)
$= \frac{Panjang\ Jalan}{L\ Memanjang}$
$= \frac{5100}{5}$
= 1020 *transversal joint*

Jumlah dowel 1 *tranversal joint*
$= \frac{Lebar\ jalan}{Jarak\ dowel}$
$= \frac{7}{0,3}$
= 23,3 *Dowel*
Total panjang dowel yang dibutuhkan
= banyak dowel x panjang 1 dowel
= 23800 x 450
= 10710 m

Total panjang dowel yang dibutuhkan
= banyak dowel x panjang 1 dowel
= 23800 x 450
= 10710 m

4.3.8 Perhitungan Batang Pengikat (*Tie Bar*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang.
D = 16 mm
Jarak = 750 mm
L = (38,3 x D) + 75
= (38,3 x 16) + 75
= 687,8 ~ 700 mm
Banyak *Tie Bar*
$= \frac{Panjang\ jalan}{Jarak\ Tie\ Bar}$
$= \frac{5100}{0,75}$
= 6800
Total panjang *Tie Bar* yang dibutuhkan
= banyak dowel x panjang 1 *Tie Bar*
= 6800 x 0,70
= 4760 m

4.4 Perhitungan RAB Perkerasan Kaku

4.4.1 Volume Pekerjaan

Tabel 4. 14 Uraian Volume Pekerjaan

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
A	PEKERJAAN JALAN BARU					
1	Lapis Fondasi Agregat Kelas A	m^3	5355,00	394.776,81	Rp	2.114.029.837,65
2	Lapis Fondasi Beton Kurus	m^3	3570,00	2.054.654,00	Rp	7.335.114.766,84
3	Dowel	kg	38033,92	16.408,15	Rp	624.066.317,42
4	Tie Bar	kg	7512,87	15.671,70	Rp	117.739.503,14
5	Beton Mutu K-300	m^3	5355,00	1.562.219,78	Rp	8.365.686.912,78
B	Total				Rp	18.556.637.337,84
C	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x B				Rp	1.855.663.733,78
D	Jumlah Total Harga Pekerjaan = (B + C)				Rp	20.412.301.071,626
E	Dibulatkan				Rp	20.412.301.100,00
TERBILANG	DUA PULUH MILYAR EMPAT RATUS DUA BELAS JUTA TIGA RATUS SATU RIBU SERATUS RUPIAH					

4.4.2 Analisa (Unit Price) Perkerasan Kaku

Tabel 4. 15 Biaya Konstruksi Untuk Lapis Fondasi Agregat Kelas A (LFA A)

NO	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A.	TENAGA					
1	Pekerja	(L01)	Jam	0,1039	16.285,71	1.691,50
2	Mandor	(L03)	Jam	0,0130	29.142,86	378,36
						0,00
	JUMLAH HARGA TENAGA					2.069,86
B.	BAHAN					
1	Agregat A	(M26)	M3	1,2608	236.845,92	298.622,00
	JUMLAH HARGA BAHAN					298.622,00
C.	PERALATAN					
1	Wheel Londer	(E15)	Jam	0,0071	464.584,03	3.278,68
2	Dump Truck	(E08)	Jam	0,1639	309.177,17	50.672,42
3	Motor Grader	(E13)	Jam	0,0013	450.277,24	574,68
4	Vibratory Roller	(E19)	Jam	0,0130	282.707,22	3.670,38
5	Alat Bantu		Ls	1,0000	0,00	0,00
	JUMLAH HARGA PERALATAN					58.196,16
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					358.888,01
E.	OVERHEAD & PROFIT (10 % X D)					35.888,80
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					394.776,81

Tabel 4. 16 Biaya Konstruksi Untuk Fondasi Minimum Beton Kurus fc' 15 Mpa

NO	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A.	TENAGA					
1	Pekerja	(L01)	Jam	3,2129	16.285,71	52.323,58
2	Tukang	(L02)	Jam	4,8193	21.142,86	101.893,29
3	Mandor	(L03)	Jam	0,4016	29.142,86	11.703,96
	JUMLAH HARGA TENAGA					165.920,83
B.	BAHAN					
1	Semen	(M26)	Kg	271,9200	1.340,00	364.372,80
2	Pasir Beton	(M01a)	M3	0,6488	436.700,00	283.343,01
3	Agregat Kasar	(M03)	M3	0,7784	210.896,56	164.172,06
4	Kayu Perancah	(M19)	M3	0,4000	1.466.250,00	586.500,00
5	Paku	(M18)	Kg	4,8000	16.206,75	77.792,40
6	Air	(M170)	Ltr	190,5500	14,65	2.791,56
7	Plastisizer	(M182)	Kg	0,8158	40.000,00	32.630,40
	JUMLAH HARGA BAHAN					1.511.602,23
C.	PERALATAN					
1	Concrete Mixer	(E43)	Jam	0,4016	100.946,88	40.540,92
2	Concrete Vibrator	(E20)	Jam	2,4096	56.391,73	135.883,69
3	Water Tank Truck	(E23)	Jam	0,0382	364.840,38	13.919,61
5	Alat Bantu		Ls	1,0000	0,00	0,00
	JUMLAH HARGA PERALATAN					190.344,22
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					1.867.867,27
E.	OVERHEAD & PROFIT (10 % X D)					186.786,73
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					2.054.654,00

Tabel 4. 17 Biaya Konstruksi Untuk Pekerjaan Dowel

NO	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A.	TENAGA					
1	Pekerja Biasa	(L01)	Jam	0,1050	16.285,71	1.710,00
2	Tukang	(L02)	Jam	0,0350	21.142,86	740,00
3	Mandor	(L03)	Jam	0,0350	29.142,86	1.020,00
	JUMLAH HARGA TENAGA					3.470,00
B.	BAHAN					
1	Dowel Tulangan Polos D24	(M57a)	Kg	1,0300	10.750,00	11.072,50
2	Kawat Ikat	(M14)	Kg	0,0200	18.700,00	374,00
	JUMLAH HARGA BAHAN					11.446,50
C.	PERALATAN					
1	Alat Bantu		Ls	1,0000	0,00	0,00
	JUMLAH HARGA PERALATAN					0,00
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					14.916,50
E.	OVERHEAD & PROFIT (10 % X D)					1.491,65
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					16.408,15

Tabel 4. 18 Biaya Konstruksi Untuk Pekerjaan *Tie Bar*

NO	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A.	TENAGA					
1	Pekerja Biasa	(L01)	Jam	0,1050	16.285,71	1.710,00
2	Tukang	(L02)	Jam	0,0350	21.142,86	740,00
2	Mandor	(L03)	Jam	0,0350	29.142,86	1.020,00
	JUMLAH HARGA TENAGA					3.470,00
B.	BAHAN					
1	Tie Bar Tulangan Ulir D16	(M57a)	Kg	1,0300	10.100,00	10.403,00
2	Kawat Ikat	(M14)	Kg	0,0200	18.700,00	374,00
	JUMLAH HARGA BAHAN					10.777,00
C.	PERALATAN					
1	Alat Bantu		Ls	1,0000	0,00	0,00
	JUMLAH HARGA PERALATAN					0,00
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					14.247,00
E.	OVERHEAD & PROFIT (10 % X D)					1.424,70
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					15.671,70

Tabel 4. 19 Biaya Konstruksi Untuk Pekerjaan Slab Beton fc' 30 Mpa

NO	KOMPONEN	KODE	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A.	TENAGA					
1	Pekerja	(L01)	Jam	0,6024	16.285,71	9.810,67
2	Tukang	(L02)	Jam	1,5060	21.142,86	31.841,65
3	Mandor	(L03)	Jam	0,0502	29.142,86	1.462,99
	JUMLAH HARGA TENAGA					43.115,32
B.	BAHAN					
1	Semen	(M26)	Kg	386,5800	1.340,00	518.017,20
2	Pasir Beton	(M01a)	M3	0,5859	436.700,00	255.869,53
3	Agregat Kasar	(M03)	M3	0,7812	210.896,56	164.752,39
4	Kayu Perancah	(M19)	M3	0,1000	1.466.250,00	146.625,00
5	Paku	(M18)	Kg	1,2000	16.206,75	19.448,10
6	Air	(M170)	Ltr	175,8990	14,65	2.576,92
7	Plastisizer	(M182)	Kg	1,1597	40.000,00	46.389,60
	JUMLAH HARGA BAHAN					1.153.678,74
C.	PERALATAN					
1	Concrete Mixing Plant	(E80)	Jam	0,0502	505.654,64	25.384,27
2	Truck Mixer	(E49)	Jam	0,2763	604.867,16	167.116,39
2	Concrete Vibrator	(E20)	Jam	0,3012	56.391,73	16.985,46
3	Water Tank Truck	(E23)	Jam	0,0382	364.840,38	13.919,61
5	Alat Bantu		Ls	1,0000	0,00	0,00
	JUMLAH HARGA PERALATAN					223.405,74
D.	JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					1.420.199,80
E.	OVERHEAD & PROFIT (10 % X D)					142.019,98
F.	HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					1.562.219,78

4.4.3 Rekapitulasi Anggaran Biaya Perkerasan Kaku

Tabel 4. 19 Rekapitulasi Anggaran Biaya Perkerasan Kaku

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
A	PEKERJAAN JALAN BARU					
1	Lapis Fondasi Agregat Kelas A	m^3	5355,00	394.776,81	Rp	2.114.029.837,65
2	Lapis Fondasi Beton Kurus	m^3	3570,00	2.054.654,00	Rp	7.335.114.766,84
3	Dowel	kg	38033,92	16.408,15	Rp	624.066.317,42
4	Tie Bar	kg	7512,87	15.671,70	Rp	117.739.503,14
5	Beton Mutu K-300	m^3	5355,00	1.562.219,78	Rp	8.365.686.912,78
B	Total				Rp	18.556.637.337,84
C	Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x B				Rp	1.855.663.733,78
D	Jumlah Total Harga Pekerjaan = (B + C)				Rp	20.412.301.071,626
E	Dibulatkan				Rp	20.412.301.100,00
TERBILANG	DUA PULUH MILYAR EMPAT RATUS DUA BELAS JUTA TIGA RATUS SATU RIBU SERATUS RUPIAH					

Hasil dari perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) perkerasan kaku didapatkan hasil rekapitulasi dengan total senilai : Rp. 20.412.301.100,00

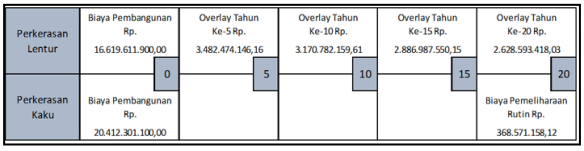
4.4.4 Perhitungan Biaya Pemeliharaan Untuk Perkerasan Kaku

Biaya pemeliharaan konstruksi perkerasan kaku dilakukan setiap tahun. Apabila menggunakan perkerasan kaku, diasumsikan Ruas Waisala – Talaga Kambelu mengalami kerusakan 1% setiap tahunnya,

Tabel 4. 20 Perhitungan P Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Kaku

Tahun	F (Rp)	1/(1+i)^n	P = F (1/(1+i)^n) (Rp)
1	23.098.219,28	0,9479	21.894.046,71
2	23.915.896,24	0,8985	21.487.294,75
3	24.762.518,97	0,8516	21.088.099,51
4	25.639.112,14	0,8072	20.696.320,60
5	26.546.736,71	0,7651	20.311.820,24
6	27.486.491,19	0,7252	19.934.463,20
7	28.459.512,98	0,6874	19.564.116,77
8	29.466.979,74	0,6516	19.200.650,72
9	30.510.110,82	0,6176	18.843.937,21
10	31.590.168,74	0,5854	18.493.850,79
11	32.708.460,72	0,5549	18.150.268,35
12	33.866.340,22	0,5260	17.813.069,05
13	35.065.208,67	0,4986	17.482.134,31
14	36.306.517,06	0,4726	17.157.347,74
15	37.591.767,76	0,4479	16.838.595,12
16	38.922.516,34	0,4246	16.525.764,34
17	40.300.373,42	0,4024	16.218.745,40
18	41.727.006,64	0,3815	15.917.430,32
19	43.204.142,67	0,3616	15.621.713,14
20	44.733.569,32	0,3427	15.331.489,84
Total			**368.571.158,12**

4.5 Analisa Perbandingan Biaya



Gambar 4. 3 Ilustrasi Perbandingan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

Pada gambar 4. 3 dilihat bahwa perkerasan lentur untuk umur rencana 20 tahun memerlukan biaya pemeliharaan berkala (overlay) dan perawatan rutin sebesar Rp. 13.485.427.701,43. Sedangkan perkerasan kaku untuk umur rencana 20 tahun memerlukan biaya perawatan rutin sebesar Rp. 368.571.158,12 dan tidak memerlukan biaya pemeliharaan berkala (overlay).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil data pertumbuhan lalu lintas kendaraan diperlukannya untuk mengatasi kapasitas jalan dan menghitung tebal perkerasan dengan memperkirakan pertumbuhan lalu lintas harian rata-rata per tahun sebagai berikut :

1. Tebal Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku a. Perencanaan perkerasan lentur (flexible pavement) Lapisan HRS WC Tebal 3 cm, Lapisan HRS Base Tebal 3,5 cm. Dengan umur rencana 20 tahun.
2. Perencanaan perkerasan kaku (rigid pavement) menggunakan jenis perkersan beton semen bersambung tanpa tulangan dengan umur yang direncanakan 20 tahun dan didapatkan Tebal 15 cm.
3. Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk perkerasan lentur + biaya overlay dan perawatan rutin = (Rp. 30.105.039.601,43) yang perlukan. Sedangkan perkerasan kaku + perawatan rutin = (Rp. 20.780.872.258,12).
4. Jenis perencanaan perkerasan yang tepat dan ekonomis adalah perkerasan kaku. Karena memiliki nilai biaya yang ekonomis.

5.2 Saran

Sesuai dengan kesimpulan yang diperoleh, maka ada beberapa hal yang didapat dan dihasilkan saran sebagai berikut :

1. Agar konstruksi dapat bertahan dan memenuhi umur rencana yang sudah direncanakan hendaknya dilakukan kegiatan perawatan rutin yang dilakukan setoap tahun, agar dapat meminimalkan terjadinya kerusakan pada konstruksi.
2. Pelaksaan pada lapangan sebaiknya tetap menggunakan pedoman pada setiap spesifikasi teknis yang ada sehingga kesalahan pada pelaksaan dapat berkurang sekecil mungkin.
3. Agar lebih mendukung hasil perencanaan yang lebih efektif dan efisien, maka dipelukannya pengujian dan pemeriksaan nilai CBR setiap material yang digunakan dan dilengkapi dengan perhitungan rancangan anggaran biaya (RAB).
4. Segala saran dan kritik yang dapat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini sangat penulis harapkan.

DAFTAR PUSTAKA

Aly. M. 2004. *Teknologi Perkerasan Jalan Beton Semen.* Jakarta: Yayasan Pengembang Teknologi dan Manajemen

Direktorat Jenderal Bina Marga. 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum

Direktorat Jenderal Bina Marga. 2024. *Manual Desain Perkerasan Jalan (Revisi 2017) No. 03/m/BM/2024.* Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat-Direktorat Jenderal Bina Marga

Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen. Pd T-14-2003.* Jakarta: Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. *Pedoman Konstruksi dan Bangunan: Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan Cara Manual Pd. T-19-2004-B.* Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah

Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. *Manual Desain Perkerasan Jalan No. 03/m/BM/2024.* Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat-Direktorat Jenderal Bina Marga

Direktur Jenderal Peraturan Perundang-Undangan. 2022a. P*eraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2022 Tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.* Jakarta: Kementerian

Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Direktur Jenderal Peraturan Perundang-Undangan. 2022b. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 Tentang Perubahan Kedua Atas Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan.* Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Giatman . M. 2006. *Ekonomi Teknik, (H. Arson, Ed.)*. Jakarta: PT. RajaGrafindo Persada

Hardiyatmo, H. C. 2015. *Pemeliharaan Jalan Raya : Perkerasan, Drainase, Longsoran.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2011. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 19/PRT/M/2011 Tentang Persyaratan Teknis Jalan Dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan.* Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2006. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan.* Jakarta: Sekretariat Negara RI

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2009. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan.* Jakarta.

Soewarno. 1995. *Hidrologi*: 1st ed. Bandung: Nova.

Sukirman, S. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur.* 1st ed. Bandung: Nova.

Sukirman, S. 1999. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan.* Bandung: Nova

Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya.* Bandung: Nova

Tuhumena , R. Y. 2023. *Studi Perencanaan Perkerasan Lentur Dengan Metode Manual Desain 2017 dan Perencanaan Anggaran Biaya Pada Proyek Pembangunan/Peningkatan Ruas Jalan Lingkar Gorom Segmen Maluku (STA. 27+600 –STA.23+600).* De'Teksi: Jurnal teknik sipil,Vol. 8No. 1, Januari 2023. e-ISSN: 2502-3152Vol