

**Halaman ini
sengaja dikosongkan**

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Sebelum memulai suatu penelitian maka penelitian harus mempunyai dasar acuan yang digunakan dalam penelitian tersebut, sehingga penelitian yang kita lakukan mempunyai landasan teori sebagai dasar untuk mengembangkan suatu permasalahan yang dihadapi. Di bab kedua ini penulis akan menjabarkan teori yang mendukung untuk penelitian tentang perbaikan perkerasan di Jalan Jurusan Bojonegoro-pajeng (Bts. Kab. Nganjuk) (Link 144) di Km B.Goro 6+000 – 10+000.

2.1 Peneliti Terdahulu

1. ANALISIS TINGKAT KERUSAKAN JALAN DAN PENGARUNYA TERHADAP KECEPATAN KENDARAAN (STUDI KASUS: JALAN BLANG BINTANG LAMA DAN JALAN TEUNGKU HASAN DIBAKOI)

Kerusakan jalan yang terjadi di beberapa ruas jalan menimbulkan kerugian yang sangat besar terutama bagi pengguna jalan seperti waktu tempuh yang lama, kemacetan, kecelakaan, dan lain-lain. Secara umum penyebab kerusakan jalan ada berbagai sebab yaitu umur rencana jalan yang telah dilewati, genangan air pada permukaan jalan yang tidak dapat mengalir akibat drainase yang kurang baik, beban lalu lintas berulang yang berlebihan (overloaded) yang menyebabkan umur pakai jalan lebih pendek dari perencanaan. Perencanaan yang tidak tepat, pengawasan yang kurang baik dan pelaksanaan yang tidak sesuai dengan rencana yang ada, selain itu minimnya biaya pemeliharaan, keterlambatan pengeluaran anggaran serta prioritas penanganan yang kurang tepat juga menjadi penyebabnya. Hal ini perlu diperhatikan agar tidak terjadi penurunan kualitas jalan akibat kerusakan permukaan jalan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan tingkat dan jenis kerusakan jalan dengan menggunakan metode PCI (Pavement Condition Index), mengetahui pengaruh kerusakan jalan terhadap kecepatan kendaraan dengan menggunakan metode Analisis Regresi. Penelitian ini mengambil lokasi pada ruas Jalan Blang Bintang Lama dan ruas Jalan Teungku Hasan Dibakoi yang masing-masing jalan terbagi atas 7 segmen yang ditinjau menurut tingkat kerusakannya. Pengumpulan data primer dilakukan dengan survey aktual lapangan yaitu berupa data geometrik jalan, luas kerusakan jalan, dan kecepatan kendaraan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan sangat berpengaruh terhadap kecepatan kendaraan seperti yang terlihat pada ruas jalan Blang Bintang Lama pada segmen V dengan nilai PCI 10 kondisi jalan gagal (failed) dengan

kecepatan kendaraan mencapai 5,37 Km/Jam, sedangkan pada segmen VII nilai PCI sebesar 87 dengan kondisi jalan sempurna (excellent) kecepatan kendaraan mencapai 58,34 Km/Jam, sehingga didapat persamaan dengan metode analisis regresi $Y = (3,571)(0,032)^x$; sedangkan untuk ruas Jalan Teungku Hasan Dibakoi terlihat pada segmen III nilai PCI 4 kondisi jalan gagal (failed) dengan kecepatan mencapai 4,95 Km/Jam, sedangkan pada segmen VII nilai PCI sebesar 88 dengan kondisi jalan sempurna (excellent) kecepatan kendaraan mencapai 68,64 Km/Jam, sehingga didapat persamaan dengan metode analisis regresi $Y = (3,822)(0,035)^x$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kerusakan jalan maka semakin rendah kecepatan kendaraan, sebaliknya semakin rendah tingkat kerusakan maka semakin tinggi kecepatan kendaraan. (Intan Wirnanda, Renni Anggraini, M. Isya ; 2018) Membahas tentang Analisa dari kerusakan jalan baik dari segi perencanaan maupun pelaksanaan di lapangan.

2. ANALISIS KERUSAKAN JALAN DI RUAS SIMPANG BERENG BENGKEL TUMBANG NUSA

Volume lalu lintas di Ruas Jalan Simpang Bereng Bengkel – Tumbang Nusa relatif cukup padat dengan beban yang relatif cukup berat. Seiring dengan waktu dimana terjadi penurunan nilai konstruksi perkerasan, sehingga mengakibatkan timbul kerusakan pada perkerasan jalan. Di ruas jalan tersebut, sudah diadakan pelebaran jalur lalu lintas, lapis tambah perkerasan (overlay). Pada daerah perkerasan jalan yang rusak, sering diadakan perbaikan dengan cara tambal sulam (patching), tetapi tetap saja terjadi kerusakan perkerasan jalan di ruas tersebut. Oleh karena itu perlu diadakan penelitian terhadap penghematan bahan dan bagaimana cara melakukan perbaikan sesuai dengan peraturan atau standar yang berlaku, dengan penambahan biaya pelaksanaan yang sesuai. Tujuan penelitian untuk menetapkan jenis kerusakan, mengevaluasi kerusakan jalan. Hasil evaluasi dan analisis nilai kondisi perkerasan dengan metode asphalt institute MS-17 (Pavement Condition Rating/PCR), penanggulangan kerusakan segmen/sta. 28+850 s/d 30+050 penanganan dengan lapis tambah (overlay), segmen/sta. 31+150 s/d 31+650 penanganan dengan lapis tambah (overlay), dan segmen/sta. 33+500 s/d 33+700 penanganan dengan pemeliharaan rutin. Hasil analisis dan evaluasi tebal perkerasan dengan metode PtT-01-2002-B, penanggulangan kerusakan segmen/sta. 28+850 s/d 30+050 penanganan dengan lapis tambah (overlay), segmen/sta. 31+150 s/d 31+650 penanganan dengan lapis tambah (overlay), dan segmen/sta. 33+500 s/d 33+700 penanganan dengan lapis tambah (overlay). Tebal perkerasan segmen/sta. 28+850 s/d 30+050 overlay dengan aspal beton tebal 23 cm, overlay dengan kombinasi aspal beton 7 cm dan LPA 46 cm.

Segmen/sta. 31+150 s/d 31+650 overlay dengan aspal beton tebal 24 cm, overlay dengan kombinasi aspal beton 7 cm dan LPA 49 cm. Segmen/sta. 33+500 s/d 33+700 overlay dengan aspal beton tebal 28 cm, overlay dengan kombinasi aspal beton 7 cm dan LPA 61cm.(Feriko, Ahmad Gama; 2019), Inti dari penelitian ini adalah menetapkan jenis dan mengevaluasi kerusakan jalan

3. Perencanaan Kembali Perkerasan Jalan Kaku Dengan Metode Bina Marga 2003 Dan Aashto 1993 (Studi Kasus Ruas Jalan Maja-Citeras)

Ruas Jalan Maja – Citeras merupakan jalan Provinsi yang menghubungkan Rangkas Bitung dan Tigaraksa dengan panjang ± 12 km. Kondisi jalan saat ini tidak memenuhi syarat kelayakan jalan karena banyak mengalami kerusakan dan tidak mampu menampung kendaraan dengan beban angkut berlebih. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan tebal Perkerasan kaku menggunakan metode Bina Marga 2003 dan AASHTO 1993 yang memperhatikan beban berlebih serta mengetahui besar anggaran biaya yang diperlukan untuk tebal perkerasan kaku dengan 2 metode. Penelitian ini menganalisa tebal perkerasan kaku dengan membandingkan dua metode yaitu metode Bina Marga 2003 dan AASHTO 1993. Metode Bina Marga merupakan penyederhanaan dari metode AASHTO dengan menyesuaikan kondisi yang ada di Indonesia, sedangkan metode AASHTO 1993 dipilih karena metode ini dipakai secara umum di seluruh dunia untuk perencanaan tebal perkerasan jalan. Hasil yang diperoleh dari analisa dengan umur rencana 10 tahun, didapatkan tebal perkerasan kaku menggunakan Metode Bina Marga 2003 didapatkan 26 cm lebih besar dibandingkan dengan Metode AASHTO 1993 yang hanya mendapatkan 24 cm. Anggaran biaya perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2003 memerlukan biaya sebesar Rp. 4,448,357,700.00 per 1 km lebih besar dari metode AASHTO 1993 dengan biaya sebesar Rp. 4,175,708,000.00 per 1 km (Pradana, M Fakhuriza Bethary, Rindu Twidi Enggalita, Tita Indriyani; 2013). Pada penelitian ini menitik beratkan masalah perencanaan kaku dengan metode Bina Marga 2003 dan AASHTO 1993.

4. PENGARUH NILAI CBR TANAH DASAR DAN MUTU BETON TERHADAP TEBAL PELAT PERKERASAN KAKU METODE BINA MARGA

Untuk menentukan tebal pelat Perencanaan perkerasan kaku memerlukan beberapa parameter seperti nilai CBR tanah dasar, mutu beton, dan beban lalu lintas. Kondisi di lapangan dalam setiap seksi panjang jalan seringkali memiliki nilai CBR yang berbeda, ini berdampak pada perencanaan sehingga membutuhkan waktu cukup lama dalam menghitung tebal pelat. Proses perhitungan juga membutuhkan waktu dan ketelitian jika dilakukan secara manual. Penelitian ini

menggunakan parameter tanah dasar dari nilai: CBR 3% sampai dengan 11%, dan mutu beton yang digunakan dalam perencanaan adalah K200, K225, K250, K275 dan K300. Penelitian menghasilkan metode yang lebih sederhana untuk merencanakan suatu perkerasan kaku yaitu dengan mempergunakan grafik hubungan antara nilai CBR, mutu beton, dan tebal pelat beton untuk menentukan tebal pelat yang dibutuhkan. Grafik diperoleh berdasarkan metode Bina Marga 2002 dan telah divalidasi dengan tingkat keakuratan yang cukup signifikan. (Shinta, Ni Luh Putu Kushartomo, Widodo Varian, Mikhael; 2017) Menitik beratkan hubungan antara nilai CBR dengan mutu beton

5. Perencanaan Peningkatan Jalan Tembus Jl. Ambarawa- Jl. Soekarno Hatta,Bawen, Semarang

Pembuatan Jalan Tembus yang nantinya bisa menjadi alternatif jalan yang semakin macetnya jalan-jalan utama menuju Kota Semarang. Jalan Tembus JL.Ambarawa-Jl.Soekarno Hatta terletak di antara Ambarawa dan Bawen dengan tata guna lahan di sekitar kawasan ini pemukiman warga, sekolah, sawah, dan hutan. Masalah utama yang terjadi pada ruas Jalan Tembus ini adalah kerusakan jalan yang cukup parah yang disebabkan beban lalu lintas yang berlebih dan juga karena faktor umur perkerasan serta kapasitas jalan yang sudah tidak mampu lagi menampung beban lalu lintas saat ini. Maksud dan tujuan evaluasi dan peningkatan ini memaksimalkan fungsi jalan sebagai jalur alternatif sehingga pada akhirnya dengan adanya peningkatan jalan tersebut dapat menunjang pergerakan yang dapat mewujudkan tumbuhnya perekonomian daerah tersebut serta mengurangi masalah yang ada tentunya dengan umur rencana yang lebih panjang. Hasil evaluasi terhadap jalan eksisting memperlihatkan beberapa faktor yang menjadi tinjauan dalam perencanaan peningkatan jalan ini. Dikarenakan adanya perencanaan perbaikan dan pelebaran jalan, maka diperlukan perencanaan ulang terhadap geometri jalannya. Seluruh analisa dan perhitungan teknis yang ada, didasarkan pada Peraturan Bina Marga dan Standar Nasional Indonesia. Hasil perencanaan dilakukan 1 tahap pelebaran jalan pada tahun 2016 untuk ruas Rengas – bawen, ruas Gembol-Doplang dan ruas Doplang-Harjosari dilebarkan menjadi 7 m yang sebelumnya lebar lajur 5 m untuk ruas Rengas – bawen dan 3 m untuk ruas Gembol-Doplang dan ruas Doplang-Harjosari dengan lebar bahu jalan yang baru 1 m, menggunakan tipe jalan yang sama yaitu 2/2 UD. Perkerasan yang digunakan adalah perkerasan lentur dan pada perkerasan eksisting perlu dilakukan pelapisan tambahan dengan tebal 7 cm menggunakan Laston MS 454. Untuk Pelebaran digunakan lapis Permukaan setebal 10 cm menggunakan Laston MS 454, untuk lapis pondasi atas menggunakan batu pecah kelas A dengan tebal 20 cm CBR

100% sedangkan untuk lapis pondasi bawah menggunakan sirtu kelas B CBR 50% setebal 12 cm dengan tanah dasar berupa lempung lanau kepasiran berwarna merah kecoklatan CBR 6%. Diharapkan dengan peningkatan tersebut dapat memberikan kenyamanan kepada pengguna jalan selama umur rencana yang telah ditentukan yaitu 10 tahun dengan kecepatan rencana 50 km/jam dan kelandaian maksimum 9%. (Ningrum, Aprilia Fitri Nuryati Wicaksono, Karib Narayudha, Moga Hardiyati, Siti; 2016) Inti dari penulisan ini adalah Perencanaan pelebaran jalan dengan perkerasan lentur

6. Perbandingan Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur” (Studi Kasus Ruas Jalan Raya Pantai Prigi – Popoh Kab. Tulungagung)

Penentuan lapisan perkerasan yang akan digunakan akan sangat berpengaruh pada anggaran biaya yang tersedia, waktu dan kelancaran pekerjaan. Tujuan mengangkat Perbandingan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur (Study Kasus Ruas Jalan Raya Pantai Prigi – Popoh Kab. Tulungagung) sebagai judul adalah untuk mengetahui jenis tebal perkerasan mana yang lebih efektif dan efisien bila dilihat dari beban operasional lalu lintas yang terjadi pada jalan raya pantai Prigi – Popoh kab. Tulungagung dengan menggunakan metode Bina Marga. Cara membandingkan cara membandingkan antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur adalah dengan menghitung perhitungan melalui data-data yang ada. Perkerasan Kaku atau di sebut dengan Rigid Pavement sudah sangat lama dikenal di Indonesia. Ia lebih di kenal pada masyarakat umum dengan nama Jalan Beton. Perkerasan tipe ini sudah sangat lama di kembangkan di negara – negara maju seperti Amerika, Jepang, Jerman dll. Perkerasan Lentur Adalah struktur perkerasan yang sangat banyak digunakan dibandingkan dengan struktur perkerasan kaku. Struktur perkerasan lentur dikonstruksi baik untuk konstruksi jalan, maupun untuk konstruksi landasan pacu. (Maharani, Adhita Wasono, Sapto Budi; 2018)

7. Analisis Kerusakan dan Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Kaku dengan Metode Bina Marga 2003 (Studi Kasus: Jl. Raya Bojonegara-Serdang KM 2)

Ruas Jalan Raya Bojonegara – Serdang KM 2 merupakan jalur alternatif menuju Pelabuhan Merak, dan jalur industri menuju pabrik-pabrik yang ada di Bojonegara. Ruas Jalan ini setiap harinya selalu dipadati kendaraan bermuatan besar dan bus – bus besar sehingga mengalami kerusakan yang cukup signifikan. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk mengidentifikasi kerusakan dan merencanakan tebal perkerasan yang tepat, efisien serta optimal agar dapat mengakomodir beban yang melintas di atasnya. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan perkerasan kaku bersambung dengan tulangan

menggunakan metode Bina Marga 2003 dan mengidentifikasi persentase kerusakan yang terjadi serta mengetahui metode perbaikan yang disarankan dengan metode Tata Cara Pemeliharaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) No. 10/T/BNKT/ 1991 pada Jalan Raya Bojonegara – Serdang KM2. Hasil yang diperoleh dari perhitungan tebal perkerasan kaku Jalan Raya Bojonegara – Serdang KM 2 dengan menggunakan metode Bina Marga 2003, didapat jenis perkerasan kaku yang digunakan adalah beton bersambung bertulang dengan tebal lapis perkerasan sebesar 25 cm. Identifikasi kerusakan menunjukkan bahwa total kerusakan yang terjadi sebesar 3542,68 m² atau sebesar 25,30 % pada sepanjang 2 KM Jalan Raya Bojonegara – Serdang KM 2. Kerusakan yang paling dominan adalah kerusakan Punch Out sebesar 1984,45 m² (14,17 %). Hasil identifikasi kerusakan jalan menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang disarankan menurut Tata Cara Pemeliharaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) No. 10/T/BNKT/ 1991 termasuk kedalam program pemeliharaan rutin yaitu penambalan beton yang rusak di permukaan untuk perbaikan sementara, dan penambalan di seluruh kedalaman untuk perbaikan permanen. Usulan perbaikan yang termasuk kedalam peningkatan jalan yaitu melakukan pembangunan kembali / rekonstruksi perkerasan kaku. (Rindu Twidi Bethary, M. Fakhuriza Perdana, Niken Lestari G; 2015) Inti dari penulisan ini adalah merencanakan perkerasan kaku bersambung dengan tulangan menggunakan metode Bina Marga 2003 dan mengidentifikasi persentase kerusakan yang terjadi

8. **KOMPARASI HASIL PERENCANAAN RIGID PAVEMENT MENGGUNAKAN METODE AASHTO '93 DAN METODE Pd T-14-2003 PADA RUAS JALAN W. J. LALAMENTIK KOTA KUPANG**

Selain perencanaan geometric jalan, perkerasan jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang harus direncanakan secara efektif dan efisien, karena kebutuhan tingkat pelayanan jalan semakin tinggi. Jenis perkerasan jalan W.J. Lalamentik Kota Kupang adalah perkerasan lentur dengan jenis lapis permukaan adalah HRS-WC, dimana jalan tersebut sering mengalami kerusakan berulang sebagai akibat dari beban lalu lintas dan kondisi lingkungan. Perlu dicoba penggunaan perkerasan kaku untuk diketahui apakah perkerasan tahan sampai pada masa layannya. Terdapat banyak metode untuk mendesain tebal pelat beton ini, diantaranya menggunakan metode Pd T-14-2003 dan AASHTO 1993. Tulisan ini bertujuan untuk menganalisis alternatif desain tebal perkerasan mengkaji pada parameter perencanaan kedua metode, perencanaan tebal pelat beton, dan melakukan analisa perbandingan hasil kedua metode. Metode ini dimulai dengan pengumpulan data sekunder berupa data lalu lintas, data tanah dan data hidrologi, kemudian dilakukan perhitungan tebal perkerasan dengan menggunakan kedua

metode, dan hasil perhitungannya dibandingkan. Parameter input perencanaan tebal perkerasan untuk metode Pd T-14-2003 adalah parameter lalu lintas, tanah dasar, pondasi bawah, pondasi bawah material berbutir, dan kekuatan beton. Parameter input perencanaan tebal perkerasan untuk metode AASHTO 1993 adalah parameter lalu lintas, modulus reaksi tanah dasar, material konstruksi perkerasan, realibility, dan koefisien drainase. Untuk studi kasus jalan W.J Lalamentik Kota kupang tebal pelat beton berdasarkan perhitungan metode Pd T-14-2003 adalah 16 cm, sedangkan berdasarkan metode AASHTO 1993 adalah 19 cm. Selisih yang didapat yaitu 3 cm dikarenakan perbedaan parameter input dari masing-masing metode. (Dumin, Lodofikus Liem, Ferdinan Nikson Maridi, Andreas S.; 2018) Inti dari penulisan ini adalah perencanaan tebal pelat beton, dan melakukan analisa perbandingan hasil kedua metode Pd T-14-2003 dan AASHTO 1993

9. Kajian Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Analisa Komponen (Studi Kasus Peningkatan Jalan Simpang Talang Babat – Pangkal Bulian Kabupaten Tanjung Jabung Timur)

Kabupaten Tanjung Jabung Timur merupakan Kabupaten yang terletak di Provinsi Jambi, yang mana tingkat pertumbuhan penduduknya cukup tinggi dan perkembangan ekonominya selalu meningkat dari tahun ke tahun, hal ini dapat diketahui dari jumlah pertumbuhan kendaraan di Kabupaten Tanjung Jabung Timur. Kondisi tersebut menuntut tersedianya fasilitas yang semakin baik, terutama menyangkut prasarana transportasi. Akibat bertambahnya volume lalu lintas berdampak juga pada prasarana jalan, salah satunya perkerasan jalan. Ruas jalan simpang Talang Babat - Pangkal Bulian, merupakan salah satu jalan Kolektor Sekunder dan memiliki beban Lalu Lintas Harian yang cukup tinggi, dengan mencermati hal tersebut maka perlunya mengevaluasi kembali perkerasan jalan yang pada tahun 2017 terjadi peningkatan jalan berupa penambahan lebar lapis perkerasan sebanyak 2,5 m pada jalur kiri dan kanan, dengan panjang jalan 3,4 km dan memiliki tebal lapis perkerasan AC – BC 6 cm. Jumlah LHR yang cukup tinggi akan menyebabkan jalan mengalami kerusakan. Berdasarkan hal tersebut, penulis melakukan penelitian mengenai Kajian Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Analisa Komponen. Perencanaan ini dimulai dengan survey jumlah kendaraan yang lewat selama 3 hari, kemudian mencari referensi dan data- data sekunder berupa pertumbuhan lalu lintas, data curah hujan dan data kelas jalan. Setelah semua data yang dibutuhkan didapat kemudian dilakukan perhitungan tebal perkerasan jalan menggunakan metode Analisa Komponen. Berdasarkan perhitungan tersebut didapat lapis tambah yang diperlukan adalah 4 cm.(Yamali, Fakhrol Rozi Nuklirullah, M

Saparudin, A Rahmad; 2019) Inti dari penulisan ini adalah Perlunya penambahan lapisan perkerasan karena adanya penambahan volume lalu lintas yang tinggi.

10. Perencanaan Tebal Perkerasan pada Ruas Jalan Tol Gempol – Pasuruan STA 13+900 sampai dengan STA 20+500 dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2017

Jalan Tol Gempol – Pasuruan STA 13+900 s/d STA 20+500 merupakan salah satu paket Jalan Tol Trans Jawa yang dibangun untuk mempermudah akses transportasi darat di wilayah Jawa, sepanjang 6,6 km dengan lebar jalan 4,6 meter ruas kanan dan 4,6 meter ruas kiri masing-masing terdiri dari 2 lajur 1 arah. Metode yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan adalah Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2017. Dari hasil perhitungan diketahui volume lalu lintas 3.165.089 ESA4 sehingga dipilih dua jenis perkerasan yaitu perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Hasil perhitungan konstruksi perkerasan lentur diperoleh tebal AC WC 40 mm, tebal AC BC 60 mm, tebal AC Base 80 mm, tebal Lapis Pondasi Agregat kelas A 380 mm, dan tebal Lapis Pondasi Agregat kelas B 450 mm, dengan nilai discounted life cycle cost Rp. 413.515.845.291,70. Untuk perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dengan tebal pelat beton 290 mm, tebal lean concrete 100 mm, menggunakan tie bar (ulir) BJTU 24 panjang 70 cm D16 dan dowel (polos) panjang 45 cm D36, dengan nilai discounted life cycle cost adalah Rp. 398.732.419.535. Sehingga jenis perkerasan berdasarkan nilai discounted life cycle cost terendah adalah menggunakan perkerasan kaku. (Kamila Wahidaturrohmah, Akhmad Hasanuddin, Willy Kriswardhana; 2019) Inti dari penulisan ini adalah perencanaan tebal perkerasan dengan Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2017 untuk dua jenis perkerasan yaitu perkerasan kaku dan perkerasan lentur.

N O	Penulis, Tahun	Pokok	Metode	Hasil
1	2	3	4	5
1	(Intan Wirnanda, Renni Anggraini, M. Isya ; 2018)	Analisa dari kerusakan jalan baik dari segi perencanaan maupun pelaksanaan di lapangan.	penelitian ini adalah untuk menentukan tingkat dan jenis kerusakan jalan dengan menggunakan metode PCI (Pavement Condition Index), mengetahui pengaruh kerusakan jalan terhadap kecepatan kendaraan dengan menggunakan metode Analisis Regresi	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan sangat berpengaruh terhadap kecepatan kendaraan seperti yang terlihat pada ruas jalan Blang Bintang Lama pada segmen V dengan nilai PCI 10 kondisi jalan gagal (failed) dengan kecepatan kendaraan mencapai 5,37 Km/Jam, sedangkan pada segmen VII nilai PCI sebesar 87 dengan kondisi jalan sempurna (excellent) kecepatan kendaraan mencapai 58,34 Km/Jam, sehingga didapat persamaan dengan metode analisis regresi $Y = (3,571)(0,032)^x$; sedangkan untuk ruas Jalan Teungku Hasan Dibakoi terlihat pada segmen III nilai PCI 4 kondisi jalan gagal (failed) dengan kecepatan mencapai 4,95 Km/Jam, sedangkan pada segmen VII nilai PCI sebesar 88 dengan kondisi jalan sempurna (excellent) kecepatan kendaraan mencapai 68,64 Km/Jam, sehingga didapat persamaan dengan metode analisis regresi $Y = (3,822)(0,035)^x$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kerusakan jalan maka semakin rendah kecepatan kendaraan, sebaliknya semakin rendah tingkat kerusakan maka semakin tinggi kecepatan kendaraan.

2	.(Feriko, Ahmad Gama; 2019)	Menetapkan jenis dan mengevaluasi kerusakan jalan	Metode yang digunakan adalah Metode evaluasi dan Metode analisis nilai kondisi perkerasan dengan metode asphalt institute MS-17 (Pavement Condition Rating/PCR)	penanggulangan kerusakan segmen/sta. 28+850 s/d 30+050 penanganan dengan lapis tambah (overlay), segmen/sta. 31+150 s/d 31+650 penanganan dengan lapis tambah (overlay), dan segmen/sta. 33+500 s/d 33+700 penanganan dengan pemeliharaan rutin. Hasil analisis dan evaluasi tebal perkerasan dengan metode PtT-01-2002-B, penanggulangan kerusakan segmen/sta. 28+850 s/d 30+050 penanganan dengan lapis tambah (overlay), segmen/sta. 31+150 s/d 31+650 penanganan dengan lapis tambah (overlay), dan segmen/sta. 33+500 s/d 33+700 penanganan dengan lapis tambah (overlay). Tebal perkerasan segmen/sta. 28+850 s/d 30+050 overlay dengan aspal beton tebal 23 cm, overlay dengan kombinasi aspal beton 7 cm dan LPA 46 cm. Segmen/sta. 31+150 s/d 31+650 overlay dengan aspal beton tebal 24 cm, overlay dengan kombinasi aspal beton 7 cm dan LPA 49 cm. Segmen/sta. 33+500 s/d 33+700 overlay dengan aspal beton tebal 28 cm, overlay dengan kombinasi aspal beton 7 cm dan LPA 61cm
3	(Pradana, M Fakhruriza Bethary, Rindu Twidi Enggalita, Tita Indriyani;	masalah perencanaan kaku dengan metode Bina Marga 2003 dan AASHTO 1993.	Metode Perbandingan (Comparative Method) dengan membandingkan antara metode Bina Marga 2003 dan AASHTO 1993.	Hasil yang diperoleh dari analisa dengan umur rencana 10 tahun, didapatkan tebal perkerasan kaku menggunakan Metode Bina Marga 2003 didapatkan 26 cm lebih besar dibandingkan dengan Metode AASHTO 1993 yang hanya mendapatkan 24 cm. Anggaran biaya perkerasan menggunakan metode Bina Marga 2003 memerlukan biaya sebesar Rp. 4,448,357,700.00 per 1

	2013).			km lebih besar dari metode AASHTO 1993 dengan biaya sebesar Rp. 4,175,708,000.00 per 1 km (Pradana, M Fakhuriza Bethary, Rindu Twidi Enggalita, Tita Indriyani; 2013). Pada penelitian ini menitik beratkan masalah perencanaan kaku dengan metode Bina Marga 2003 dan AASHTO 1993.
4	(Shinta, Ni Luh Putu Kushartomo, Widodo Varian, Mikhael; 2017)	hubungan antara nilai CBR dengan mutu beton	Metode yang digunakan adalah metode korelasi yaitu hubungan antara 2 variabel atau lebih	Penelitian ini menggunakan parameter tanah dasar dari nilai: CBR 3% sampai dengan 11%, dan mutu beton yang digunakan dalam perencanaan adalah K200, K225, K250, K275 dan K300. Penelitian menghasilkan metode yang lebih sederhana untuk merencanakan suatu perkerasan kaku yaitu dengan mempergunakan grafik hubungan antara nilai CBR, mutu beton, dan tebal pelat beton untuk menentukan tebal pelat yang dibutuhkan. Grafik diperoleh berdasarkan metode Bina Marga 2002 dan telah divalidasi dengan tingkat keakuratan yang cukup signifikan
5	Ningrum, Aprilia Fitri Nuryati Wicaksono, Karib Narayudha, Moga Hardiyati, Siti; 2016)	Inti dari penulisan ini adalah Perencanaan pelebaran jalan dengan perkerasan lentur	Metode yang digunakan adalah kualitatif dengan pengamatan, dan pemanfaatan dokumen. Dan metode kuantitatif melibatkan pengukuran tingkatan suatu ciri tertentu. , dan Metode	Hasil dari penelitian ini adalah Perkerasan yang digunakan perkerasan lentur dan pada perkerasan eksisting perlu dilakukan pelapisan tambahan dengan tebal 7 cm menggunakan Laston MS 454. Untuk Pelebaran digunakan lapis Permukaan setebal 10 cm menggunakan Laston MS 454, untuk lapis pondasi atas menggunakan batu pecah kelas A dengan tebal 20 cm CBR 100% sedangkan untuk lapis pondasi bawah menggunakan sirtu kelas B CBR 50% setebal 12 cm

			kuantitatif	dengan tanah dasar berupa lempung lanau kepasiran berwarna merah kecoklatan CBR 6%. Diharapkan dengan peningkatan tersebut dapat memberikan kenyamanan kepada pengguna jalan selama umur rencana yang telah ditentukan yaitu 10 tahun dengan kecepatan rencana 50 km/jam dan kelandaian maksimum 9%.
6	(Maharani,A dhita Wasono, Spto Budi; 2018)	Membandingkan antara perkerasan Kaku dengan perkerasan lentur	Metode Perbandingan (Comparative Method) Perbandingan antara perkerasan Kaku dengan perkerasan lentur	Perkerasan Lentur Adalah struktur perkerasan yang sangat banyak digunakan dibandingkan dengan struktur perkerasan kaku. Struktur perkerasan lentur dikonstruksi baik untuk konstruksi jalan, maupun untuk konstruksi landasan pacu.
7	(Rindu Twidi Bethary, M. Fakhruriza Perdana, Niken Lestari G; 2015)	merencanakan perkerasan kaku bersambung dengan tulangan menggunakan metode Bina Marga 2003 dan mengidentifikasi persentase kerusakan jalan.	Metode kuantitatif mencakup setiap jenis penelitian yang didasarkan atas perhitungan persentase, rata-rata, dan perhitungan lainnya. Dengan kata lain penelitian ini menggunakan perhitungan angka atau kuantitas	Hasil yang diperoleh dari perhitungan tebal perkerasan kaku Jalan Raya Bojonegara – Serdang KM 2 dengan menggunakan metode Bina Marga 2003, didapat jenis perkerasan kaku yang digunakan adalah beton bersambung bertulang dengan tebal lapis perkerasan sebesar 25 cm. Identifikasi kerusakan menunjukkan bahwa total kerusakan yang terjadi sebesar 3542,68 m2 atau sebesar 25,30 % pada sepanjang 2 KM Jalan Raya Bojonegara – Serdang KM 2. Kerusakan yang paling dominan adalah kerusakan Punch Out sebesar 1984,45 m2 (14,17 %). Hasil identifikasi kerusakan jalan menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang disarankan menurut Tata Cara Pemeliharaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) No. 10/T/BNKT/ 1991 termasuk kedalam

				program pemeliharaan rutin yaitu penambalan beton yang rusak di permukaan untuk perbaikan sementara, dan penambalan di seluruh kedalaman untuk perbaikan permanen. Usulan perbaikan yang termasuk kedalam peningkatan jalan yaitu melakukan pembangunan kembali / rekonstruksi perkerasan kaku.
8	(Dumin, fodofikus Liem, Ferdinan Nikson Maridi, Andreas S.; 2018)	perencanaan tebal pelat beton, dan melakukan analisa perbandingan hasil kedua metode Pd T-14-2003 dan AASHTO 1993	Metode yang digunakan adalah kualitatif dengan pengamatan, dan pemanfaatan dokumen. Dan Metode kuantitatif mencakup setiap jenis penelitian yang didasarkan atas perhitungan persentase, rata-rata, dan perhitungan lainnya. Dengan kata lain penelitian ini menggunakan perhitungan angka atau kuantitas	Parameter input perencanaan tebal perkerasan untuk metode Pd T-14-2003 adalah parameter lalu lintas, tanah dasar, pondasi bawah, pondasi bawah material berbutir, dan kekuatan beton. Parameter input perencanaan tebal perkerasan untuk metode AASHTO 1993 adalah parameter lalu lintas, modulus reaksi tanah dasar, material konstruksi perkerasan, realibility, dan koefisien drainase. Untuk studi kasus jalan W.J Lalamentik Kota kupang tebal pelat beton berdasarkan perhitungan metode Pd T-14-2003 adalah 16 cm, sedangkan berdasarkan metode AASHTO 1993 adalah 19 cm. Selisih yang didapat yaitu 3 cm dikarenakan perbedaan parameter input dari masing-masing metode.
9	(Yamali Fakhrol Rozi	Perlunya penambahan lapisan perkerasan karena adanya	Metode yang digunakan adalah kualitatif dengan	Perencanaan ini dimulai dengan survey jumlah kendaraan yang lewat selama 3 hari, kemudian mencari referensi dan data – data sekunder berupa

	Nuklirullah, M Saparudin, A Rahmad; 2019)	penambahan volume lalu lintas yang tinggi.	pengamatan, dan pemanfaatan dokumen. Dan metode kuantitatif melibatkan pengukuran tingkatan suatu ciri tertentu. ,	pertumbuhan lalu lintas, data curah hujan dan data kelas jalan. Setelah semua data yang dibutuhkan didapat kemudian dilakukan perhitungan tebal perkerasan jalan menggunakan metode Analisa Komponen. Berdasarkan perhitungan tersebut didapat lapis tambah yang diperlukan adalah 4 cm
10	.(Kamila Wahidaturrohmah , Akhmad Hasanuddin, Willy Kriswardhana; 2019)	Perencanaan tebal perkerasan dengan Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2017 untuk dua jenis perkerasan yaitu perkerasan kaku dan perkerasan lentur.	Metode kuantitatif mencakup setiap jenis penelitian yang didasarkan atas perhitungan persentase, rata-rata, dan perhitungan lainnya. Dengan kata lain penelitian ini menggunakan perhitungan angka atau kuantitas	Hasil perhitungan konstruksi perkerasan lentur diperoleh tebal AC WC 40 mm, tebal AC BC 60 mm, tebal AC Base 80 mm, tebal Lapis Pondasi Agregat kelas A 380 mm, dan tebal Lapis Pondasi Agregat kelas B 450 mm, dengan nilai discounted life cycle cost Rp. 413.515.845.291,70. Untuk perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dengan tebal pelat beton 290 mm, tebal lean concrete 100 mm, menggunakan tie bar (ulir) BJTU 24 panjang 70 cm D16 dan dowel (polos) panjang 45 cm D36, dengan nilai discounted life cycle cost adalah Rp. 398.732.419.535. Sehingga jenis perkerasan berdasarkan nilai discounted life cycle cost terendah adalah menggunakan perkerasan kaku Inti dari penulisan ini adalah perencanaan tebal perkerasan dengan Manual Desain Perkerasan Jalan Tahun 2017 untuk dua jenis perkerasan yaitu perkerasan kaku dan perkerasan lentur.

2.2 Pengertian Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, meliputi bangunan pelengkap dan badan jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas, berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006).

Jalan raya adalah jalur - jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran - ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat (Clarkson dan H.Oglesby,1999).

Setiap tahun Jalan selalu diperbaiki dan perbaikan tersebutakan selalu berubah-ubah dengan perubahan ini di harapkan jalan dapat memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengguna jalan dengan anggaran yang seminim mungkin, walaupun dengan harapan dapat menekan anggaran namun konstruksi perkerasan jalan haruslah tetap memenuhi persyaratan-persyaratan fungsional dan struktural.

a. Fungsional

Secara fungsional perkerasan tersebut harus memberikan rasa aman dan kenyamanan dalam berkendara untuk pengguna jalan dengan adapun ketentuan rasa aman yaitu:

- 1) permukaan rata, tidak ada lubang dan diharapkan jalan tidak bergelombang;
- 2) permukaan perkerasan tidak halus tapi diharapkan cukup kesat (*skid resistance*) sehingga roda kendaraan tidakmudahslip;
- 3) perkerasan permukaannya membentuk crown atau kemiringan agar perkerasan tidak mudah tergenang air, sehingga bila ada hujan air yang jatuh di permukaan dapat dengan cepat dialirkan ke saluransamping.

b. Struktural

Secara struktural perkerasan jalan dapat memikul beban lalu lintas yang melalui perkerasan jalan kemudian di salurkan ke pondasi baru kemudian di lanjutkan ke tanah dasar adapun ketentuan yang harus dipenuhi sebagai berikut.

- 1) Ketebalan harus memenuhi sarat, sehingga dapat menyebarkan beban lalu lintas ke tanahdasar.
- 2) Perkerasan yang paling atas harus kedap terhadap air (*impermeable*), karena bila tidak kedap maka air dapat meresap kedalam dan dapat merusak pondasi jalan.
- 3) Mampu menahan regangan dan tegangan akibat beban lalu lintas.

- 4) Permukaan yang cukup kaku sehingga tidak mudah terjadi retak ataupun deformasi akibat beban lalu lintas.

2.3 Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan dibagi menjadi dua macam yaitu klasifikasi jalan menurut fungsi dan klasifikasi jalan menurut kelas jalan.

a. Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi.

Klasifikasi menurut fungsi jalan terdiri atas 4 (empat) golongan berikut ini.

- 1) Jalan arteri merupakan jalan pokok atau biasanya di sebut dengan jalan nasional jalan ini jalan yang menghubungkan antar provinsi atau jalan yang melayani angkutan utama dengan cirinya perjalanan untuk jarak jauh dengan kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan yang masuk ke jalan arteri dibatasi secara efisien.
- 2) Jalan kolektor biasanya di sebut jalan provinsi yaitu jalan yang menghubungkan antara arteri satu dengan yang lainnya dan jalan ini melayani angkutan pengumpul/pembagi ciri-ciri dari jalan ini adalah jarak jalannya sedang, kecepatan rata-rata kendaraan yang memalui sedang dan jumlah beban kendaraan yang masuk dibatasi.
- 3) Jalan lokal yaitu Jalan yang melayani angkutan setempat biasanya penghubung antar kecamatan jarak tempuh dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan untuk keluar masuk kendaraan tidak dibatasi.
- 4) Jalan lingkungan atau lebih dikenal dengan jalan desa karena jalan ini menghubungkan antar desa dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah.

b. Klasifikasi menurut kelas jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton seperti ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 2.1 :Klasifikasi jalan raya menurut kelas jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat/ MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Ditjen Bina Marga, 1997

Sukirman (2010) mengatakan bahwa pengelompokan jalan menurut kelas jalan terbagi dalam 4 (empat) kelas.

- 1) Jalan kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 18,0 m, ukuran paling tinggi 4,2 m, dan muatan sumbu terberat 10 ton.
- 2) Jalan kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 12,0 m, ukuran paling tinggi 4,2 m, dan muatan sumbu terberat 8 ton.
- 3) Jalan kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,1 m, ukuran panjang tidak melebihi 9,0 m, ukuran paling tinggi 3,5 m, dan muatan sumbu terberat 8 ton.
- 4) Jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2,5 m, ukuran panjang melebihi 18,0 m, ukuran paling tinggi 4,2 m, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

2.4 Kerusakan Jalan

Menurut manual pemeliharaan jalan No : 03/MN/B/1983 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, kerusakan jalan dapat dikelompokkan menjadi 6 (enam), yaitu retak, distorsi, cacat permukaan, pengausan, kegemukan, dan penurunan pada bekas penanaman utilitas. Masing-masing kelompok kerusakan akan dijelaskan pada keterangan berikut ini.:

1. Retak

Keretakan yang terjadi pada permukaan jalan dibedakan menjadi 9 jenis.

- a. Retak halus (*hair cracks*), yaitu keretakan di jalan dengan lebar celah kurang dari 3 mm. Retak rambut ini bila di biarkan dapat berkembang menjadi retakbuaya karena mirip dengan kulit buaya.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.1. Retak Halus

Penyebab dari retak halus ini adalah kualitas material yang kurang baik, pelapukan permukaan karena usia jalan, bisa juga hal ini terjadi karena pada saat musim penghujan air tidak segera hilang sehingga terjadi genangan dan pada akhirnya air tersebut masuk pada pondasi jalan atau tanah dasar/lapisan di bawah permukaan aspal yang seharusnya menjadi lapisan kedap air atau lapisan yang tidak dapat diresapi oleh air, atau bisa juga hal ini dikarenakan permukaan jalan yang kurang stabil sehingga pada saat kendaraan yang melalui permukaan tersebut terjadi lendutan yang berlebihan sehingga terjadi kerusakan pada jalan tersebut.

- b. Retak kulit buaya (*alligator crack*), yaitu retak dengan lebar celah lebih besar dari 3 mm yang saling berangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulitbuaya.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.2. Retak Kulit Buaya

Akibat dari retak halus yang tidak segera ditangani dan berkembang menjadi retak kulitbuaya.

- c. Retak pinggir (*edge cracks*), yaitu retakan yang memanjang di tepi perkerasan jalan, dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu dan terletak dekatbahu.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.3. Retak Pinggir

Retak pinggir ini dapat terjadi akibat tidak baiknya sokongan

dari samping perkerasan atau drainase yang kurang baik sehingga terjadinya penyusutan pada tanah dan berakibat terjadi *settlement* di daerah tersebut.

- d. Retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge joint crack*), yaitu retak memanjang yang terjadi pada sambungan bahu dengan perkerasan jalan. Umumnya terjadi pada daerah sambungan perkerasan dengan bahu jalan yang beraspal.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.4. Retak Sambungan Bahu dan Perkerasan

Retak dapat disebabkan oleh kondisi drainase dibawah bahu jalan lebih buruk daripada di bawah perkerasan, terjadinya *settlement* di bahu jalan, penyusutan material bahu atau perkerasan jalan, atau akibat lintasan truk/kendaraan berat di bahu jalan.

- e. Retak sambungan jalan (*lane joint cracks*), yaitu retak memanjang yang terjadi pada sambungan 2 lajur lalu lintas.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.5. Retak Sambungan Jalan

Hal ini disebabkan tidak baiknya ikatan sambungan kedua lajur. Jika tidak diperbaiki, retak dapat berkembang menjadi lebar karena terlepasnya butir-butir pada tepi retak dan meresapnya air ke dalam lapisan.

- f. Retak sambungan pelebaran jalan (*widening cracks*), yaitu retak memanjang yang terjadi pada sambungan antara perkerasan lama dengan perkerasan pelebaran.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.6. Retak Sambungan Pelebaran Jalan

Retak pada sambungan pelebaran jalan ini disebabkan oleh perbedaan daya dukung di bawah bagian pelebaran dan bagian jalan lama, dapat juga disebabkan oleh ikatan antara sambungan tidak baik.

- g. Retak refleksi (*reflection cracks*), yaitu retak memanjang, melintang, diagonal, atau membentuk kotak sebagai pola retakan dibawahnya.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.7. Retak Refleksi

Retak ini biasanya terjadi pada lapis tambahan (*overlay*) yang menggambarkan pola retakan di bawahnya. Retak refleksi dapat terjadi jika retak pada perkerasan lama tidak diperbaiki secara tepat sebelum pekerjaan *overlay* dilakukan. Dapat pula terjadi gerakan vertikal/horisontal di bawah lapis tambahan sebagai akibat perubahan kadar air pada jenis tanah yang ekspansif.

- h. Retak susut (*shrinkage cracks*), yaitu retak yang saling bersambungan membentuk kotak-kotak besar dengan sudut yang tajam, akibat perubahan volume pada lapis permukaan.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.8. Retak Susut

Retak disebabkan oleh perubahan volume pada lapisan permukaan yang memakai aspal dengan penetrasi rendah, atau perubahan volume pada lapisan pondasi dan tanah dasar.

- i. Retak slip (*slippage cracks*), yaitu retak yang bentuknya melengkung seperti sabit, akibat kurang baiknya ikatan antara lapis permukaan dan lapis dibawahnya.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.9. Retak Slip

Kurang baiknya ikatan dapat disebabkan oleh adanya debu, minyak, air, atau benda nonadhesif lainnya, atau akibat tidak diberinya tack coat sebagai bahan pengikat diantara kedua lapisan. Retak slip juga dapat terjadi akibat terlalu banyaknya pasir dalam campuran lapisan permukaan, atau kurang baiknya pemadatan lapis permukaan.

2. Distorsi

Distorsi atau perubahan bentuk disebabkan oleh lemahnya tanah dasar atau pemadatan yang kurang pada lapis pondasi, sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas.

Distorsi dibedakan menjadi 5 jenis.

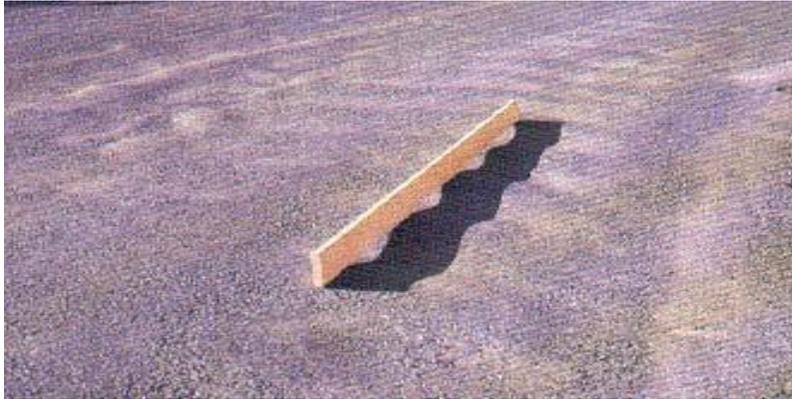
- a. Alur (*rutting*), terjadi pada lintasan roda kendaraan yang sejajar dengan sumbu jalan, akibat terjadinya tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Alur dapat menjadi genangan air yang mengakibatkan timbulnya kerusakan yang lain.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.10. Alur

- b. Keriting (*corrugation*), alur yang terjadi dalam arah melintang jalan, akibat rendahnya stabilitas struktur perkerasan,



(Sumber: data primer)

Gambar 2.11. Keriting

- c. Sungkur (*solving*), deformasi plastis yang terjadi setempat, biasanya di tempat kendaraan sering berhenti, kelandaian curam, atau tikungantajam.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.12. Sungkur

- d. Amblas (*grade depressions*), terjadi setempat pada ruas jalan. Amblas dapat dideteksi dengan adanya genangan air setempat. Adanya amblas mempercepat terjadinya lubang pada perkerasanjalan.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.13. Ambblas

- e. Jembul (*upheaval*), terjadi setempat pada ruas jalan, yang disebabkan adanya pengembangan tanah dasar akibat adanya tanahekspsif.
3. CacatPermukaan

Cacat permukaan biasanya merupakan kerusakan muka jalan akibat kimiawi dan mekanis material lapis permukaan.

Cacat permukaan dibedakan menjadi 3 jenis.

- a. Lubang (*potholes*), berupa mangkuk, berukuran bervariasi dari kecil sampai dengan besar. Lubang menjadi tempat berkumpulnya air yang dapat meresap ke lapisan di bawahnya yang menyebabkan kerusakan semakin parah.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.14. Lubang

Pelepasan butir (*raveling*) lapis permukaan, akibat buruknya material yang digunakan, adanya air yang terjebak, atau kurang baiknya pelaksanaan konstruksi.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.15. Pelepasan

- b. Butir Pengelupasan lapis permukaan (*stripping*), akibat kurang baiknya ikatan antara aspal dengan agregat atau terlalu tipisnya lapis permukaan.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.16. Pengelupasan Lapis Permukaan

4. Pengausan

Pengausan (*polished agregat*) yaitu permukaan jalan licin

sehingga mudah terjadi slip yang membahayakan lalu lintas. Pengausan terjadi akibat ukuran, bentuk, dan jenis agregat yang digunakan untuk lapis aus tidak memenuhi mutu yang disyaratkan.

5. Kegemukan

Kegemukan (*bleeding*) yaitu naik dan melelehnya aspal pada temperatur tinggi. Kegemukan yang mengakibatkan jejak roda kendaraan pada permukaan jalan dan licin disebabkan oleh penggunaan aspal yang terlalu banyak.



(Sumber: data primer)

Gambar 2.17. Kegemukan

6. Penurunan Pada Bekas Penanaman Utilitas

Penurunan pada penanaman utilitas (*utility cut depressions*) yaitu kerusakan yang terjadi akibat ditanamnya utilitas pada bagian perkerasan jalan dan tidak dipadatkan kembali dengan baik. Hal ini dapat mengakibatkan distorsi pada permukaan dan berlanjut dengan kerusakan lainnya.

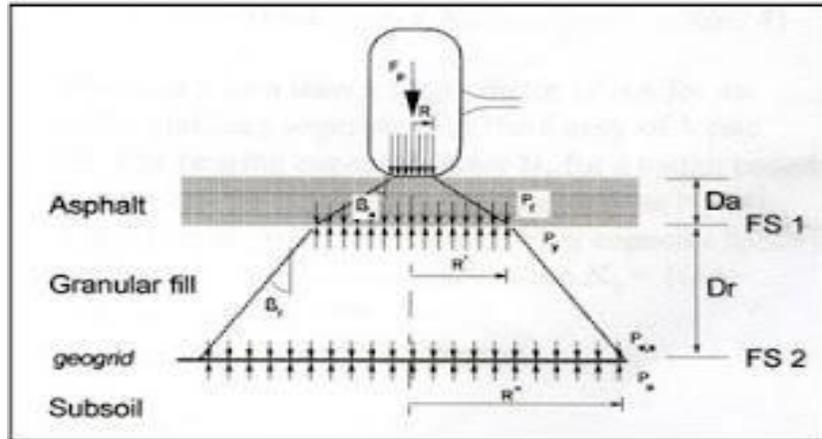
2.5 Lapisan Perkerasan Jalan

Berdasarkan bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi atas dua kategori, yaitu lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan lapisan perkerasan kaku (*rigid pavement*).

2.5.1 Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan – lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Beban kendaraan dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa

beban terbagi rata P_0 . Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarakan ke tanah dasar menjadi P_1 yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.18.



(Sumber: Oetomo dan Susanto, 2011)

Gambar 2.18. Penyebaran beban roda melalui lapisan perkerasan jalan

Konstruksi perkerasan lentur jalan raya terdiri dari 4 (empat) lapisan yang makin ke bawah memiliki daya dukung yang semakin jelek, yaitu:

- a) lapisan permukaan (*surface course*);
- b) lapisan pondasi atas (*basecourse*);
- c) lapisan pondasi bawah (*subbase course*); dan
- d) lapisan tanah dasar (*subgrade*).

Jenis struktur perkerasan yang diterapkan dalam desain menurut Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013 terdiri atas 3 jenis seperti ditampilkan pada Gambar 2.19.



a Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) pada Permukaan Tanah Asli (At Grade)



Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) pada Timbunan



Struktur Perkerasan Lentur (Lalu Lintas Berat) pada Galian

(Sumber: Oetomo dan Susanto, 2011)

Gambar 2.19. Gambar desain perkerasan jalan

Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) yaitu:

- a. muatan kendaraan berupa gaya vertikal,
- b. gaya rem kendaraan berupa gaya horizontal, dan
- c. pukulan roda kendaraan berupa getaran –getaran.

Oleh karena sifat penyebaran gaya, maka muatan yang diterima oleh masing – masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin kecil. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja.

1) Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan (*surface course*) yang mempunyai fungsi seperti berikut ini.

- a. Lapisan perkerasan penahan beban roda, mempunyai persyaratan stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masapelayanan.
- b. Lapisan kedap air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- c. Lapis aus (*wearing course*), menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadiaus.
- d. Lapis yang dimaksudkan untuk menyebarkan beban roda ke lapisan bawah, sehingga beban dapat dipikul oleh lapisan lain dengan daya dukung yang lebih buruk.

Bahan untuk lapis permukaan umumnya sama dengan bahan untuk lapis pondasi dengan persyaratan lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda. Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu mempertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi agar dicapai manfaat sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

Sukirman (2010) mengatakan ketika menentukan tebal setiap lapisan, perencana perlu memperhatikan tebal nominal minimum dari jenis lapis permukaan yang dipilih. Tebal nominal minimum dari berbagai jenis lapis permukaan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tabel Nominal Minimum Lapis Permukaan

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (mm)	Toleransi Tebal (mm)
Latasir kelas A		SS-A	15	-
Latasir kelas B		SS-B	20	
Lataston	Lapis aus	HRS- WC	30	±4
	Lapis permukaan antara	HRS- BC	35	
Laston	Lapis aus	AC-WC	40	± 3
	Lapis permukaan antara	AC-BC	50	± 4
	Lapis pondasi	AC-Base	60	± 5

Sumber: Sukirman, 2010

2) Lapisan Pondasi Atas (*BaseCourse*)

Lapis pondasi atas (*base course*) adalah lapisan struktur perkerasan jalan yang terletak di bawah lapis permukaan dan di atas lapis pondasi bawah, atau langsung di atas tanah dasar apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Karena terletak tepat di bawah permukaan perkerasan, maka lapisan ini menerima pembebanan yang berat dan paling menderita akibat muatan, oleh karena itu material yang digunakan harus berkualitas sangat tinggi dan pelaksanaan konstruksi harus dilakukan dengan cermat. Lapis pondasi atas mempunyai fungsi yaitu:

- a. sebagai bagian konstruksi perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnyadan
- b. sebagai perletakan terhadap lapispermukaan.

Bahan–bahan untuk lapis pondasi atas harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban–beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik.

Beragam-macam bahan alam/setempat ($CBR > 50\%$, Plastisitas Index ($PI < 4\%$) dapat digunakan sebagai lapis pondasi, antara lain, batu pecah, kerikil pecah yang distabilisasi dengan semen, aspal, pozzolan, atau kapur.

3) Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah (*subbase course*) adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi. Biasanya terdiri atas lapisan dari material berbutir (*granular material*) yang dipadatkan, distabilisasi atau tidak, atau lapisan yang distabilisasi. Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai:

- a. bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebar beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai $CBR \geq 20\%$ dan Plastisitas Index $\leq 10\%$,
- b. mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan- lapisan di atasnya dapat dikurangi ketebalannya (penghematan biaya konstruksi),
- c. lapisan peresapan, agar air tanah tidak berkumpul dipondasi,
- d. lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda-roda alat berat, dan
- e. mencegah partikel-partikel dari tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi atas.

4) Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah setebal 50-100 cm dimana di atasnya akan diletakkan lapis pondasi bawah dinamakan lapis tanah dasar (*subgrade*) yang dapat berupa tanah asli yang dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahanlainnya.

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Beberapa persoalan tanah dasar yang sering ditemui diuraikan seperti berikutini.

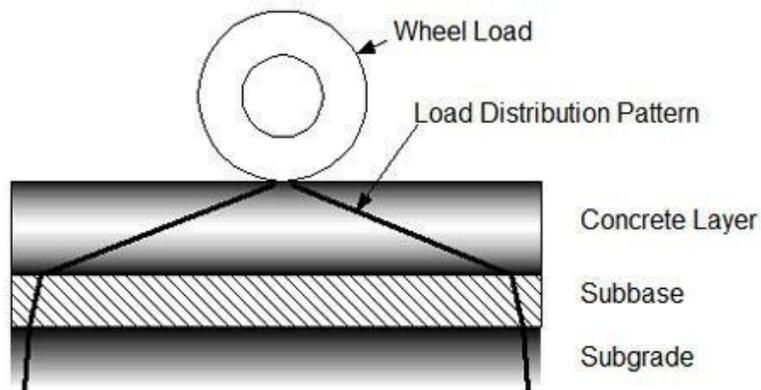
- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari jenis tanah tertentu sebagai akibat beban lalu lintas. Perubahan bentuk yang besar akan mengakibatkan jalan rusak. Tanah-tanah dengan plastisitas tinggi cenderung mengalami perubahan bentuk. Lapisan-lapisan tanah lunak yang terdapat di bawah tanah dasar harus diperhatikan. Daya dukung tanah dasar yang ditunjukkan oleh nilai CBR dapat menjadi indikasi atas perubahan bentuk pada tanahtersebut.

- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah akibat perubahan kadar air. Hal ini dapat dikurangi dengan memadatkan tanah pada kadar air optimum mencapai kepadatan tertentu sehingga perubahan volume yang mungkin terjadi dapat dikurangi. Kondisi drainase yang baik dapat menjaga kemungkinan berubahnya kadar air pada lapisan tanahdasar.
- c. Daya dukung tanah tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dan jenis tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan konstruksi. Perencanaan tebal perkerasan dapat dibuat berbeda-beda dengan membagi jalan menjadi segmen-segmen berdasarkan sifat tanah yangberlainan.
- d. Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas untuk jenis tanah tertentu.
- e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir (granular soil) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan konstruksi.

2.5.2 Lapisan perkerasan kaku/perkerasan beton semen (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku/perkerasan beton semen (*rigid pavement*) adalah struktur perkerasan jalan yang terdiri atas plat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis pondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Perkerasan beton semen dibedakan dalam 4 (empat) jenis, yaitu:

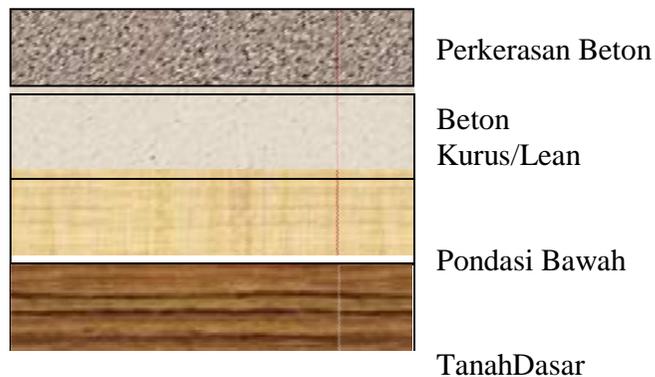
- a. perkerasan beton semen bersambung tanpatulangan;
- b. perkerasan beton semen bersambung dengantulangan;
- c. perkerasan beton semen menerus dengan tulangan; dan
- d. perkerasan beton semen pra tegang.



Sumber: heconstructor.org/transportation)

Gambar 2.20. Penyebaran beban roda pada perkerasan kaku

Struktur perkerasan beton semen secara tipikal sebagaimana terlihat pada Gambar 2.21.



Sumber: Sukismanto, 2010

Gambar 2.21. Tipikal struktur perkerasan beton semen

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan yang utama adalah pelat beton karena pada perkerasan kaku atau beton beban rata yang diperoleh dari beban roda yang akan di salurkan ke tanah dasar mempunyai permukaan yang lebih luas sehingga di harapkan tanah dasar tidak memikul beban yang berat walaupun sifatdari daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor – faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pematatan,

kepadatan, perubahan kadar air selama masa pelayanan.

Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang mempunyai fungsi:

- a. mengendalikan pengaruh kembang susut tanahdasar;
- b. mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepiplat;
- c. memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada plat;dan
- d. sebagai perkerasan lantai kerja selamapelaksanaan.

Perkerasan kaku (sebagaimana digunakan untuk lalu lintas ringan/berat) akan lebih mahal untuk lalu lintas ringan/sedang, daerah desa atau perkotaan dimana pelaksanaannya tidak begitu mengganggu pada daerah tersebut, dibandingkan perkerasan lentur. Perkerasan kaku dapat menjadi pilihan yang lebih murah untuk jalan perkotaan dengan akses terbatas bagi kendaraan yang sangat berat. Pelaksanaan perkerasan kaku akan lebih mudah dan cepat daripada perkerasan lentur jika ruang kerjanya terbatas.

2.6 Perencanaan Tebal PerkerasanLentur

Dalam proses perencanaan tebal perkerasan lentur terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan yaitu umur rencana, beban lalu lintas, daya dukung tanah dasar, dan fungsi jalan.

2.6.1 Umur Rencana

Umur rencana adalah jumlah waktu dalam tahun yang dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan baru (Pt T-01-2002-B).Umur rencana perkerasan diuraikan pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3.Umur Rencana Perkerasan Jalan

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun)
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir dan CTB	20
	Pondasi jalan	40
	Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan sering ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal: jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan	
	Cement Treated Based	
Perkerasan kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, dan pondasi jalan	40
Jalantampa penutup	Semua elemen	Minimum 10

Sumber: 02M/BM/2013

2.6.2 Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban Sumbu Standar Kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESA)* merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana.

$$ESA = (\sum \text{jenis kendaraan } LHRT \times VDF) \quad (2.1)$$

$$CESA = ESA \times 365 \times R \quad (2.2)$$

Keterangan:

ESA = Lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standart axle*)
LHRT = Lintas harian rata-rata tahunan untuk jenis kendaraan tertentu

CESA = Kumulatif beban standar ekivalen selama umur rencana (*Cumulative Equivalent Single Axle Load*)

R = Faktor pengali pertumbuhan lalulintas

2.6.3 Traffic Multiplier(TM)

Traffic Multiplier (TM) digunakan untuk mengoreksi ESA_4 akibat kelelahan lapisan aspal. Nilai TM kelelahan lapisan aspal ($TM_{lapisanaspal}$) untuk kondisi pembebanan yang berlebih di Indonesia adalah berkisar 1,8 – 2.

$$ESA_4 = LHRT \times VDF_4 \quad (2.3)$$

Nilai $CESA$ tertentu (pangkat 4) untuk desain perkerasan lentur harus dikalikan dengan TM untuk mendapatkan nilai $CESA_5$ dengan rumus berikut ini.

$$ESA_5 = TM_{lapisanaspal} \times ESA_4 \quad (2.4)$$

2.6.4 Perkiraan Faktor Kerusakan Akibat Beban Kendaraan (Vehicle Damage Factor)

Perhitungan beban lalu lintas yang akurat sangatlah penting. Beban lalu lintas tersebut diperoleh dari data:

- Beban Kendaraan
- Tabel 2.5; dan
- data WIM Regional yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Teknik.

2.6.5 Analisis Volume Lalu Lintas

Analisis volume lalu lintas didasarkan pada survey faktual. Untuk keperluan desain, volume lalu lintas dapat diperoleh melalui:

- survey lalu lintas aktual, dengan durasi minimal 3 x 24 jam, dan
- hasil-hasil survey yang dilakukan sebelumnya.

2.6.6 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data-data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid, bila tidak ada maka Tabel 2.4 dapat digunakan sebagai nilai minimum.

Tabel 2.4. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (i) Minimum Untuk Desain

Kelas Jalan	2011 - 2020	>2021 – 2030
Arteri dan perkotaan (%)	5	4
Kolektor rural (%)	3,5	2,5
Jalan desa (%)	1	1

Sumber: 02/M/BM/2013

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung sebagai berikut ini.

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR} - 1}{0,01i} \quad (2.5)$$

Keterangan :

R = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i = Tingkat pertumbuhan tahunan (%)

UR = Umur rencana (tahun)

2.6.7 Pondasi Jalan

Desain pondasi jalan adalah desain perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (*capping*), tiang pancang mikro, drainase vertikal dengan bahan strip (*wick drain*) atau penanganan lainnya yang dibutuhkan untuk memberikan landasan pendukung struktur perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

Empat kondisi lapangan yang mungkin terjadi dan harus dipertimbangkan dalam prosedur desain pondasi jalan yaitu:

- a. kondisi tanah dasar normal, ciri-cirinya nilai CBR lebih dari 3% dapat dipadatkan secara mekanis, desain ini meliputi perkerasan di atas timbunan, galian, atau tanah asli;
- b. kondisi tanah dasar lunak optimasi kadar air dan pemadatan secara mekanis tidak mungkin dilakukan di lapangan atau tanah asli menunjukkan kepadatan rendah, daya dukung tanahnya rendah sampai kedalaman yang signifikan sehingga membutuhkan prosedur stabilisasi khusus;
- c. kasus yang sama dengan kondisi poin b namun tanah lunak kondisi kering. Prosedur laboratorium untuk penentuan nilai CBR terbatas karena tanah dengan kepadatan rendah dapat muncul pada kedalaman pada batas yang tidak dapat dipadatkan dengan peralatan konvensional. Kondisi ini membutuhkan prosedur stabilisasi khusus; dan tanah dasar di atas timbunan di atas tanah gambut.

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 2/M/BM/2013 untuk menentukan tebal pondasi jalan minimum disajikan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.5.Klasifikasi Kendaraan dan Nilai VDF Standard

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Muatan yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA/kendaraan)	
						Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF ⁴ Pangkat ⁴	VDF ⁵ Pangkat ⁵
KENDARAA	1	1	Sepeda motor	1.1.	2	30,4			
	2,3,4	2,3,4	Sedan/angkot/pick up/station wagon	1.1	2	51,7	74,3		
	5a	5a	Bus kecil	1.2	2	3,5	5,00	0,3	0,2
	5b	5b	Bus besar	1.2	2	0,1	0,20	1,0	1,0
	6a.1	6.1	Truck 2 sumbu-cargo ringan	1.1	2	4,6	6,60	0,3	0,2
	6a.2	6.2	Truck 2 sumbu-ringan	1.2	2			Tanah, pasir, besi, semen	0,8
	6b1.1	7.1	Truck 2 sumbu-cargo sedang	1.2	2			0,7	0,7
	6b1.2	7.2	Truck 2 sumbu-sedang	1.2	2	-	-	1,6	1,7

6b2.1	8.1	Truck 2 sumbu-berat	1.2	Muatan umum	2			0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truck 2 sumbu-berat	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2	3,8	5,50	7,3	11,2
7a1	9.1	Truck 3 sumbu-ringan	1.22	Muatan umum	3			7,6	11,2
7a2	9.2	Truck 3 sumbu-sedang	1.22	Tanah, pasir, besi, semen	3	3,9	5,60	28,1	64,4
7a3	9.3	Truck 3 sumbu-berat	1.1.2		3	0,1	0,10	28,9	62,2
7b	10	Truck 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4	0,5	0,70	36,9	90,4
7c1	11	Truck 4 sumbu-trailer	1.2-22		4	0,3	0,50	13,6	24,0
7c2.1	12	Truck 5 sumbu-trailer	1.22-22		5			19,0	33,2
7c2.2	13	Truck 5 sumbu-trailer	1.2-222		5	0,7	1,00	30,3	69,7
7c3	14	Truck 6 sumbu-trailer	1.22-222		6	0,3	0,50	41,6	93,7

Sumber: 02/M/BM/2013

Tabel 2.6.Solusi Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi jalan	lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta CESA ₅)		
				< 2	2 - 4	> 4
≥ 6	SG6	A	Perbaiki tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤200 mm tebal lepas)	Tebal minimum peningkatan tanah dasar		
5	SG5			Tidak perlu peningkatan		
4	SG4					100
3	SG3			100	150	200
2.5	SG2.5			150	200	300
Tanah ekspansif (<i>potential swell</i> > 5%)		AE		175	250	350
Perkerasan lentur diatas tanah lunak ⁵		B	Lapis penopang (<i>capping layer</i>) ⁽²⁾⁽⁴⁾	400	500	600
SG1 aluvial ¹			Atau lapis penopang dan geogrid ⁽²⁾⁽⁴⁾	1000	1100	1200
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum – peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang berbutir ⁽²⁾⁽⁴⁾	650	750	850
				1000	1250	1500

(1) Nilai CBR lapangan CBR rendaman tidak relevan.

(2) Datas lapis penopang harus diasumsikan memiliki nilai CBR ekuivalen 2,5%.

(3) Ketentuan tambahan mungkin berlaku, desain harus mempertimbangkan semua isu kritis.

(4) Tebal lapis penopang dapat dikurangi 300 mm jika tanah asli dipadatkan (tanah lunak kering pada saat konstruksi).

(5) Ditandai oleh kepadatan yang rendah dan CBR lapangan yang rendah di bawah daerah yang dipadatkan

Sumber: 02/M/BM/2013

Untuk menentukan tebal lapis perkerasan menurut Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 dapat menggunakan Tabel 2.7

Tabel 2.7.Desain Perkerasan Lentur-Aspal Dengan Lapis Pondasi Berbutir

	STRUKTUR PERKERASAN								
	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6	FF7	FF8	FF9
Solusi yang dipilih					Lihat Catatan 3			Lihat Catatan 3	
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun di lajur rencana (pangkat 5) (10 ⁶ CESA ₅)	1 - 2	2 - 4	4 - 7	7 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 50	50 - 100	100 - 200
	KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)								
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC binder	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	1	2	2	3	3	3	3	3

Sumber: 02/M/BM/2013

2.7 Perencanaan Tebal Lapis Tambah (*overlay*) Perkerasan Lentur

Lapis tambah pada perkerasan lentur atau sering disebut dengan *overlay* merupakan penanganan jalan untuk memperbaiki perkerasan eksisting yang mengalami kerusakan struktural. Penanganan semacam ini sering kali dimaksudkan untuk memperbaiki fungsi jalan misalnya penanganan bentuk permukaan, kenyamanan dan kepentingan lain pada permukaan jalan. Beberapa hal yang harus diperhatikan untuk merencanakan tebal lapis tambah (*overlay*) adalah perhitungan lalu lintas dan lendutan. Perhitungan lalu lintas ditentukan dengan cara menghitung akumulasi beban sumbu lalu lintas (*CESA*) selama umur rencana seperti yang ditampilkan pada persamaan (2.1) dan persamaan (2.2).

2.8 Penggantian Perkerasan Aspal Lama Dengan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Shirley (2000) menyatakan bahwa ketebalan rencana permukaan aspal pada perkerasan kaku dapat dihitung dengan mengurangi ketebalan perkerasan beton semen setebal 10 mm untuk setiap 25 mm permukaan aspal yang digunakan.

Untuk jalan dengan lalu lintas rendah, jika data lalu lintas tidak tersedia atau diperkirakan terlalu rendah untuk mendapatkan desain yang aman, maka nilai perkiraan dalam Tabel 3.8. dapat digunakan.

Tabel 2.8.Perkiraan Lalu Lintas Untuk Jalan Dengan Lalu Lintas Rendah

Deskripsi Jalan	LHRT dua arah	Kend berat (% dari lalu lintas)	Umur Rencana (th)	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)	Pertumbuhan lalu lintas kumulatif	Kelompok Sumbu/ Kendaraan Berat	Kumulatif HVAG	ESA/HVAG (overloaded)	Lalin desain Indikatif (Pangkat 4) Overloaded
Jalan desa minor dg akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.454	3,16	$4,5 \times 10^4$
Jalan kecil 2 arah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	7×10^4
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	8×10^5
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3,5	28,2	2,3	473.478	3,16	$1,5 \times 10^5$
Jalan kolektor	2000	7	20	3,5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	5×10^5

Sumber: 02/M/BM/2013

Menentukan ketebalan pada perkerasan kaku untuk jalan dengan lalu lintas rendah (jalan desa, jalan lokal, **jalan kolektor**) menurut Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2013 dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9. Perkerasan Kaku Untuk Jalan Dengan Beban Lalu Lintas Rendah

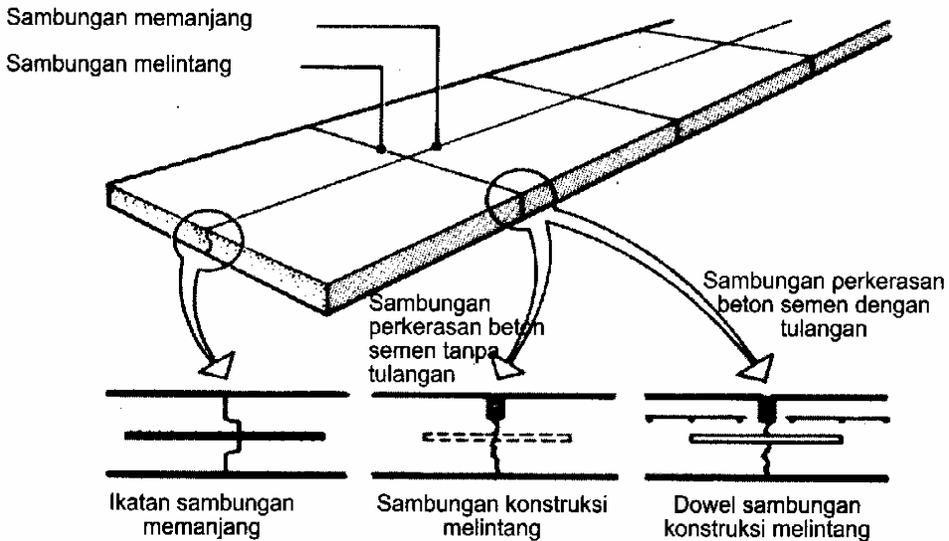
Tanah dasar	Tanah lunak dengan lapis penopang		Dipadatkan normal	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Bahu terikat	Ya	Tidak	Ya	Tidak
	Tebal Pelat Beton (mm)			
Akses terbatas hanya mobil penumpang dan motor	160	175	135	150
Dapat diakses oleh truk	180	200	160	175
Tulangan distribusi retak	Ya		Ya jika daya dukung pondasi tidak seragam	
Dowel	Tidak dibutuhkan			
LMC	Tidak dibutuhkan			
Lapis pondasi kelas A 30 mm	125 mm			
Jarak sambungan transversal	4 m			

Sumber: 02/M/BM/2013

2.8.1. Sambungan

Suryawan (2013) menyatakan bahwa sambungan dibuat atau ditempatkan pada perkerasan beton dimaksudkan untuk menyiapkan tempat muai dan susut beton akibat terjadinya tegangan yang disebabkan oleh perubahan lingkungan (suhu dan kelembaban), gesekan dan keperluan konstruksi (pelaksanaan).

Sambungan perkerasan beton ada 2 (dua) macam yaitu sambungan arah melintang dan sambungan arah memanjang. Sambungan melintang merupakan sambungan untuk mengakomodir kembang susut ke arah memanjang plat, sedangkan sambungan memanjang merupakan sambungan untuk mengakomodir lenting plat beton. Skema sambungan ditunjukkan pada Gambar 2.24.



Sumber: Sukismanto, 2016

Gambar 2.22. Sambungan Pada Konstruksi Perkerasan Kaku

Ciri-ciri dan fungsi dari masing-masing sambungan akan dijelaskan sebagai berikut ini.

a. Sambungan melintang:

- 1) disebut juga *dowel*,
- 2) berfungsi sebagai *sliding device* dan *load transfer device*,
- 3) berbentuk polos (ruji polos), panjang 45 cm, jarak antar ruji 30cm,
- 4) melekat satu sisi dari tulangan pada beton, sedangkan sisi yang lain harus dicat atau dilumuri dengan bahan anti lengket untuk menjamin tidak ada ikatan dengan beton, dan
- 5) berada di tengah tebal plat dan sejajar sumbu jalan.

Dalam Pd T-14-2003 dikatakan bahwa diameter ruji tergantung pada tebal plat beton sebagaimana terlihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2. 10. Diameter Ruji

No	Tebal plat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

Sumber: Pd T-14-2003

b. Sambungan memanjang:

- 1) disebut *tiebar*,
- 2) berfungsi sebagai *unsliding device* dan *rotation device*,
- 3) berbentuk deformed/ulir dan berbentuk kecil,
- 4) lekat di kedua sisi plat beton,
- 5) berada di tengah tebal plat beton dan tegak lurus sumbu jalan,
- 6) luas tulangan memanjang dihitung dengan persamaan (2.9) dan persamaan (2.10).

$$A_t = 204 \times b \times h \text{ dan} \quad (2.6)$$

$$I = (38,3 \times \phi) + 75 \quad (2.7)$$

Dengan pengertian:

A_t = luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm^2),

B = jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m),

H = tebal plat (m),

I = panjang batang pengikat (mm), dan

ϕ = diameter batang pengikat yang dipilih (13-16 mm) Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75cm.

2.9 Analisis Biaya

Waluyo, dkk (2008) menyatakan bahwa Kegiatan estimasi adalah salah satu proses utama dalam proyek konstruksi untuk menjawab pertanyaan, "Berapa besar dana yang harus disediakan untuk sebuah bangunan?". Pada umumnya, biaya yang dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi berjumlah besar. Ketidaktepatan yang terjadi dalam penyediaannya akan berakibat kurang baik pada pihak-pihak yang terlibat didalamnya.

Anggaran biaya suatu bangunan atau proyek merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja

berdasarkan analisis, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan. Biaya atau anggaran itu sendiri merupakan jumlah dari masing-masing hasil perkalian volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan, disimpulkan bahwa rencana anggaran biaya dari suatu pekerjaan terlihat dalam rumus berikut ini:

$$\text{RAB} = \sum(\text{Volume} \times \text{Hargasaduanpekerjaan}) \quad (2.8)$$

Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Sehingga dalam menentukan perhitungan dan penyusunan anggaran biaya suatu pekerjaan harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan.

Dalam memperkirakan anggaran biaya terlebih dahulu harus memahami proses konstruksi secara menyeluruh termasuk jenis dan kebutuhan alat, karena faktor tersebut dapat mempengaruhi biaya konstruksi. Selain faktor-faktor tersebut, berikut ini adalah faktor lain yang mempengaruhi dalam pembuatan anggaran biaya adalah:

- a. produktivitas tenagakerja,
- b. ketersediaanmaterial,
- c. ketersediaan peralatan,
- d. cuaca,
- e. jeniskontrak,
- f. masalahkualitas,
- g. etika,
- h. sistem pengendalian,dan
- i. kemampuanmanajemen.

Biaya-biaya lain yang juga diperhitungkan sebagai biaya operasional untuk mendukung terwujudnya pekerjaan yang bersangkutan antara lain, administrasi kantor, keperluan komunikasi, kendaraan, pajak, dan lain-lain. Dapat ditentukan keuntungan dan *overhead* yang wajar untuk pekerjaan konstruksi maksimal 15% (Penjelasan Perpres No. 70 Tahun 2012, pasal 66, ayat8).

2.9.1 Analisa Harga Satuan Dasar(HSD)

Komponen untuk menyusun Harga Satuan Pekerjaan (HSP) memerlukan Harga Satuan Dasar (HSD) tenaga kerja, bahan, dan alat. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam menghitung HSD.

A. Menghitung jarak rata-rata *base camp* ke lokasi pekerjaan

$$L = \frac{(c + a/2)*a + (c + b/2)*b}{(a + b)} \quad (2.9)$$

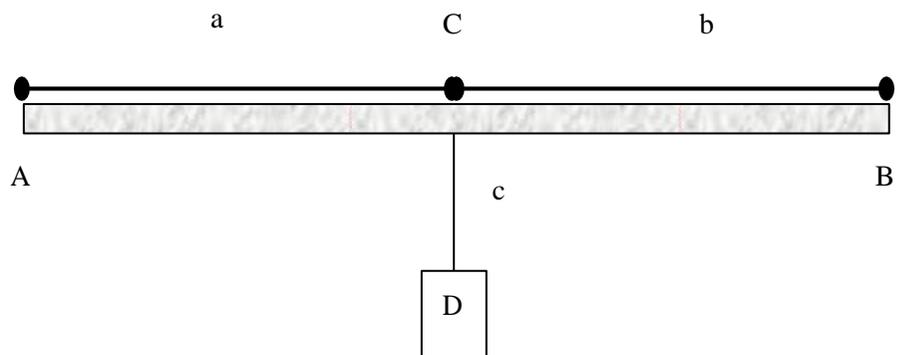
Keterangan:

L = jarak rata-rata *base camp* ke lokasi pekerjaan (km),

a = jarak antara *base camp* ke lokasi terjauh pada sisi kiri *basecamp*,

b = jarak antara *base camp* ke lokasi terjauh pada sisi kanan *base camp*, dan

c = jarak antara *base camp* ke lokasi terjauh pada sisi tengah *basecamp*.



Sumber: Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bina Marga (2013)

Gambar 2.23. Jarak *base camp* ke sisi terjauh

B. HSD Tenaga Kerja

Komponen tenaga kerja berupa upah yang digunakan dalam mata pembayaran tergantung pada jenis pekerjaannya. Untuk menghitung HSD tenaga kerja mengikuti langkah-langkah berikut ini.

- Menentukan jenis keterampilan tenaga kerja (pekerja, mandor, tukang, dll).
- Mengumpulkan data UMR per bulan.
- Memperhitungkan tenaga kerja yang dibutuhkan.
- Menentukan jumlah hari efektif.
- Menghitung biaya upah per jam perorang.

f) Produksi/hari

$$Q_t = T_k \times P \quad (2.10)$$

g) Pekerja
 KoefisienPekerja =
$$\frac{T_k \times P}{Q_t} \quad (2.11)$$

h) Tukang
 KoefisienTukang =
$$\frac{T_k \times T_b}{Q_t} \quad (2.12)$$

i) Mandor
 KoefisienMandor =
$$\frac{T_k \times M}{Q_t} \quad (2.13)$$

Keterangan:

Q_t = produksi/hari (m^3),

Q_t = besar kapasitas produksi alat yang menentukan tenaga kerja (m^3 /jam),

P = jumlah pekerja yang dibutuhkan (orang), T_b = jumlah tukang yang dibutuhkan (orang), T_k = jumlah jam kerja per hari (7 jam), dan

M = mandor yang diperlukan (orang).

C. HSD Alat

Komponen alat digunakan dalam mata pembayaran tergantung pada jenis pekerjaannya. Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar alat antara lain jenis peralatan, efisiensi kerja, kondisi cuaca, kondisi medan, dan jenis material/bahan yang dikerjakan. Hal-hal yang diperlukan dalam perhitungan biaya alat per satuan waktu diuraikan di bawah ini.

a) Jenis alat

Menentukan jenis alat yang akan digunakan.

b) Tenaga mesin

Tenaga mesin (P_w) merupakan kapasitas tenaga mesin penggerak dalam satuan tenaga kuda atau *horsepower* (HP).

c) Kapasitas alat

Kapasitas peralatan (C_p) yang digunakan, misalnya AMP 50 ton/jam (kapasitas produksi per jam), *wheel loader* 1,20 m^3 (kapasitas bucket untuk tanah gembur, kondisi munjung atau *heaped*).

d) Umur ekonomialat

Umur ekonomi alat (A) dapat dihitung berdasarkan kondisi penggunaan dan pemeliharaan yang normal, menggunakan standar dari pabrik pembuat.

e) Jam kerja alat pertahun

Pada peralatan yang bermesin maka jam kerja peralatan akan dihitung dan dicatat sejak mesin dihidupkan sampai mesin dimatikan. Jumlah jam kerja peralatan (W) dalam 1 tahun.

Menurut Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bina Marga (2013) terdapat beberapa catatan untuk jumlah kerja alat per tahun.

- 1) Untuk peralatan yang bertugas berat, dianggap bekerja terus menerus dalam setahun selama 8 jam/hari dan 250 hari/tahun, maka $W = 8 \times 250 = 2000$ jam/tahun.
- 2) Untuk peralatan yang bertugas tidak terlalu berat atau sedang, dianggap bekerja 200 hari dalam 1 tahun dan 8 jam/hari, maka $W = 8 \times 200 = 1600$ jam/tahun.
- 3) Untuk peralatan yang bertugas ringan, dianggap bekerja selama 150 hari/tahun dan 8 jam/hari, maka $W = 8 \times 150 = 1200$ jam/tahun.

f) Harga pokok alat

Harga pokok perolehan alat (B) yang dipakai dalam perhitungan biayasewa alat atau pada analisis harga satuan dasaralat.

g) Nilai sisa alat

Nilai sisa alat (C) atau bisa disebut nilai jual kembali (*resale value*) adalah perkiraan harga peralatan yang bersangkutan pada akhir umur ekonomisnya. Untuk perhitungan analisis harga satuan, nilai sisa alat dapat diambil rata-rata 10% dari pada harga pokok alat, tergantung pada karakteristik (dari pabrik pembuat) dan kemudahan pemeliharaan alat.

Nilai sisa alat (C) = 10% x harga alat

h) Tingkat suku bunga, faktor angsuran modal dan biaya pengembalian modal Tingkat suku bunga, faktor angsuran modal dan biaya pengembalian modal merupakan tingkat suku bunga bank (i) pinjaman investasi yang berlaku pada waktu pembelian peralatan yang bersangkutan.

i) Asuransi dan pajak

Besarnya nilai asuransi (Ins) dan pajak kepemilikan peralatan umumnya diambil rata-rata per tahun sebesar 0,1% untuk asuransi dan 0,1% untuk pajak, atau dijumlahkan sebesar 0,2% dari harga pokok alat, atau 2% dari nilai sisa alat (apabila nilai

sisa alat = 10% dari harga pokok alat).

j) Upah tenaga

Upah tenaga kerja dalam perhitungan biaya operasi peralatan di sini terdiri atas biaya upah tenaga kerja dalam satuan Rp/jam. Untuk mengoperasikan alat diperlukan operator dan pembantu operator.

k) Harga bahan bakar dan pelumas

Harga bahan bakar (H) dan minyak pelumas maupun minyak hidrolik (I), dalam perhitungan biaya operasi peralatan adalah harga umum yang ditetapkan pemerintah setempat.

D. Biaya Pasti dan Biaya Tidak Pasti

Komponen dasar untuk menghitung harga satuan dasar alat adalah biaya pasti (*owning cost*) dan biaya tidak pasti atau biaya operasi (*operating cost*). Biaya pasti (*owning cost*) adalah biaya pengembalian modal dan bunga setiap tahun yang dihitung dengan rumus berikut ini.

$$G = (E + F) \quad (2.14)$$

Keterangan:

G = biaya pasti per jam (rupiah),

E = biaya pengembalian modal, dan

F = biaya asuransi.

Biaya tidak pasti atau biaya operasi tiap unit peralatan dihitung berdasarkan bahan yang diperlukan. Komponen biaya operasi sebagai berikut.

a) Biaya bahan bakar (H)

Banyaknya bahan bakar per jam yang digunakan oleh mesin penggerak tergantung pada besarnya kapasitas tenaga mesin, biasanya diukur dengan satuan HP (*horse power*).

$$H = (12\% - 15\%) \times HP \times M_s \quad (2.15)$$

Keterangan:

H = biaya kebutuhan bahan bakar per jam (rupiah),

HP = *horse power*, tenaga alat,

M_s = harga bahan bakar/liter,

12% = untuk alat yang bertugas ringan, dan 15% = untuk alat yang bertugas berat.

b) Biaya minyak pelumas (I)

Banyaknya minyak pelumas yang dipergunakan

oleh peralatan yang bersangkutan dihitung dengan rumus dan berdasarkan kapasitas mesin.

$$I = (2,5\% - 3\%) \times HP \times M_P \quad (2.16)$$

Keterangan:

I = biaya kebutuhan minyak pelumas per jam (rupiah),

HP = *horse power*, tenaga alat,

2,5% = untuk alat yang bertugas ringan, dan 3% = untuk alat yang bertugas berat.

c) Biaya bengkel (J)

Besarnya biaya bengkel per jam dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$J = (6,25\% - 8,75\%) \times B/W \quad (2.17)$$

Keterangan:

J = biaya bengkel,

B = harga pokok alat (rupiah),

W = jumlah jam kerja alat dalam 1 tahun (jam),

6,25% = untuk alat yang bertugas ringan, dan

8,75% = untuk alat yang bertugas berat.

d) Biaya perbaikan (K)

Untuk menghitung biaya perbaikan termasuk penggantian suku cadang yang aus menggunakan rumus berikut ini.

$$K = (12,5\% - 17,5\%) \times B/W \quad (2.18)$$

Keterangan:

K = biaya perbaikan (rupiah),

B = harga pokok alat (rupiah),

W = jumlah jam kerja alat dalam 1 tahun (jam),

12,5% = untuk alat yang bertugas ringan, dan

17,5% = untuk alat yang bertugas berat.

e) Upah operator (L) dan pembantu operator (M)

Upah operator dan pembantu operator dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$L = 1 \text{ orang/jam} \times U_1 \quad (2.19)$$

$$M = 1 \text{ orang/jam} \times U_2 \quad (2.20)$$

Keterangan:

L = upah operator (rupiah),

M = upah pembantu operator (rupiah),

U_1 = upah operator/jam, dan

U_2 = upah pembantu operator/jam.

f) Biaya operasi (P)

$$P = H + I + J + K + L + M \quad (2.21)$$

Keterangan:

P = biaya operasi (rupiah),

H = kebutuhan bahan bakar per jam(rupiah),

I = biaya kebutuhan minyak pelumas per jam(rupiah),

J = biaya bengkel (rupiah),

K = biaya perbaikan(rupiah),

L = upah operator (rupiah), dan

M = upah pembantu operator(rupiah).

g) HSDalat

Keluaran harga satuan dasar alat (S) atau harga sewa alat per jam adalah harga satuan dasar alat yang meliputi biaya pasti (G), biaya tidak pasti atau operasi (P).

$$S = G + P \quad (2.22)$$

Keterangan:

S = harga satuan dasar alat (rupiah),

G = biaya pasti per jam (rupiah), dan

P = biaya operasi(rupiah),

E. HSDBahan

Bahan baku biasanya diperhitungkan dari sumber bahan (*quarry*), tetapi dapat pula diterima di *base camp* atau di gudang setelah memperhitungkan ongkos bongkar-muat dan pengangkutannya. Bahan olahan merupakan hasil produksi di *plant* (pabrik) atau membeli dari produsen di luar kegiatan pekerjaan. Perlu mengetahui informasi harga satuan dasar yang dipublikasikan secara resmi oleh pemerintah setempat atau sumber data lain yang bisa dipertanggung jawabkan.

Tabel 2.11.Faktor Efisiensi Alat

Kondisi operasi	Pemeliharaan mesin				
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk sekali
Baik sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk sekali	0,53	0,50	0,47	0,42	0,32
.Angka dalam warna kelabu tidak disarankan.					

Sumber: Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bina Marga (2013)

1) Perhitungan Biaya Alat per M³

a. Excavator dan wheel loader

$$Q_l = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_s} \quad (2,23)$$

Keterangan:

Q_l = kapasitas produksi per jam (m³/jam),

V = kapasitas bucket(m³),

F_b = faktor bucket(m³),

F_a = faktor efisiensi alat (lihat tabel), dan

T_s = waktu siklus(menit).

Jadi biaya excavator per kubik dihitung berdasarkan rumus berikut ini:

$$\text{Biayaexcavator/m}^3 = \frac{S}{Q_1} \quad (2.24)$$

Keterangan

S = harga satuan dasar alat (rupiah), dan

Q_1 = kapasitas produksi per jam (m^3/jam).

b. Dump truck

$$Q_2 = \frac{V \times F_a \times 60}{T_{s2} \times BiL} \quad (2.25)$$

Keterangan:

Q_2 = kapasitas angkut *dump truck* (m^3/jam),

V = kapasitas bak (ton),

F_a = faktor efisiensi alat (lihat tabel),

T_s = waktu siklus (menit), dan

BiL = berat volume bahan (ton/m^3).

Jadi biaya dump truck per kubik dihitung berdasarkan rumus berikut ini.

$$\text{Biayadumptruck/m}^3 = \frac{S}{Q_2} \quad (2.26)$$

Keterangan

S = harga satuan dasar alat (rupiah), dan

Q_2 = kapasitas angkut *dump truck* (m^3/jam).

Harga bahan baku di *quarry*, jarak dari *quarry* ke lokasi pekerjaan atau *base camp*, harga sewa alat berat atau HSD alat per jam, dan kapasitas produksi alat (m^3) akan menentukan harga bahan di lokasi pekerjaan.

c. Motorgrader

$$Q_3 = \frac{L_h \times \{N(b - b_0) + b_0\} \times t \times F_a \times 60}{n \times T_s} \quad (2.27)$$

Keterangan:

Q_3 = kapasitas produksi/jam (m^3/jam),

L_h = panjang hamparan (m),

N = jumlah lajur lintasan,

b = lebar pisau efektif (m),

b_0 = lebar overlap(m),
 t = tebal lapis(m),
 F_a = faktor efisiensi alat (lihat tabel),
 n = jumlah lintasan (lintasan), dan
 T_s = waktu siklus(menit).
 Koefisien alat/ $m^3 = 1/Q_3$

d. Vibratorroller

$$Q_4 = \frac{(v \times 1000) \times \{N(b - b_0) + b_0\} \times t \times F_a \times 60}{n} \quad (2.28)$$

Keterangan:

Q_4 = kapasitas produksi/jam (m^3 /jam),
 V = kecepatan rata-rata (km/jam),
 N = jumlah lajur lintasan,
 b = lebar pemadatan efektif(m),
 b_0 = lebar overlap(m),
 t = tebal lapis(m),
 F_a = faktor efisiensi alat (lihat tabel), dan
 n = jumlah lintasan(lintasan),
 Koefisienalat = $1/Q_4$

e. Water tanktruck

$$Q_4 = \frac{P_a \times F_a \times 60}{W_c \times 1000} \quad (2.29)$$

Keterangan

Q_5 = kapasitas produksi/jam (m^3 /jam),
 F_a = faktor efisiensi alat (lihat tabel),
 P_a = kapasitas pompa air (liter/menit), dan
 W_c = kebutuhan air/ m^3 material padat.
 Koefisienalat = $1/Q_5$

Dari hasil perhitungan tersebut kemudian di buat tabel dan diberi simbol pada setiap item baik itu bahan upah dan alat yang dibutuhkan.

2) Analisa Harga Satuan Pekerjaan(HSP)

Komponen untuk menyusun harga satuan pekerjaan (HSP) diperlukan data HSD alat, HSD upah, dan HSD bahan. Langkah-langkah analisis HSP adalah sebagai berikut.

- a. Tentukan satuan waktu untuk setiap jenis tenaga kerjamasing-masing.
- b. Tentukan koefisien tenaga kerja untuk menghasilkan satu jenispekerjaan.
- c. Tentukan harga satuan tiap kualifikasi tenaga dalamrupiah.
- d. Untuk mendapatkan harga komponen tenaga, jumlahkan harga-harga dari setiap kualifikasitersebut.

3) Estimasi BiayaKegiatan

Estimasi biaya kegiatan meliputi biaya mobilisasi dan biaya pekerjaan. Biaya pekerjaan adalah total seluruh volume pekerjaan yang dikalikan masing- masing dengan harga satuan pekerjaan.

4) Analisis Perbandingan BiayaKonstruksi

Sistem perbaikan yang akan dilaksanakan adalah:

- a. Alternatif pertama menggunakan aspal beton (*flexiblepavement*).
- b. Alternatif kedua menggunakan metode perkerasan beton semen (*rigid pavement*).

Masing-masing alternatif konstruksi di atas dibuat estimasi biayanya dan dibandingkan biaya konstruksinya dan waktu pelaksanaan pekerjaan tersebut dicari mana yang lebih menguntungkan dilihat dari aspek ekonomi.

2.10 Cara Mengitung Waktu Pelaksanaan

Dalam pelaksanaan pekerjaan maka waktu pelaksanaan pekerjaan perlu direncanakan, sehingga mendapatkan waktu yang tepat dalam menyelesaikan proyek tersebut. Perencanaan karena waktu pelaksanaan yang tepat dapat meminimalisir penggunaan biaya sehingga dapat menghasilkan keuntungan bagi seorang kontraktor. Dalam menghitung waktu pelaksanaan yang tepat kita dapat berpedoman pada penggunaan jumlah tenaga kerja diperlukan dari Analisa Harga Satuan tersebut. Menurut Iman Soeharto, perencanaan waktu pelaksanaan dan jumlah tenaga kerja dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$n = \frac{k \times v}{T} \quad (2.30)$$

Dimana :

n = Jumlah Tenaga Kerja

k = Koefisien Tenaga Kerja dalam Analisa Harga Satuan

v = Kuantitas Pekerjaan

T = Lama Pekerjaan

Maka, untuk menghitung lama pekerjaan akan didapat rumus sebagai berikut :

$$T = \frac{k \times v}{n} \quad (2.31)$$