

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Umum

Tinjauan pustaka yaitu memuat kembali tentang penelitian terdahulu yang sudah pernah dilakukan sekaligus untuk memberikan solusi untuk memecahkan masalah pada penelitian ini dan juga sebagai referensi dan bahan pertimbangan dalam melaksanakan penelitian saya.

B. Penelitian Terdahulu

Dari berbagai sumber penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa mahasiswa, maka terkait dengan penelitian yang akan dilakukan kemudian akan digunakan untuk membandingkan dengan penelitian yang akan dilaksanakan.

Tabel 2.1 Referensi Jurnal

No	Referensi Jurnal
1	<p>Judul ANALISIS BEBAN KENDARAAN TERHADAP KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR (ASPAL) DI JALAN HR.SOEBRANTAS PANAM KOTA PEKAN BARU</p> <p>Penulis MUHAMMAD MULKI ARIE WARRANTYO</p> <p>Tahun 2019</p> <p>Metode Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dengan melakukan observasi dan data sekunder yaitu data yang diperoleh dari jurnal, buku dokumentasi, instansi pemerintah dan internet.</p> <p>Hasil 1. Berdasarkan data lalu-lintas harian rata-rata (LHR) pada ruas jalan HR. Soebrantas Panam untuk kendaraan ringan seperti sedan, oplet, dan pick up dengan jumlah kendaraan sebanyak 19.085 unit, untuk bus kecil berjumlah 53 unit, untuk bus besar</p>

No	Referensi Jurnal
2	<p data-bbox="667 344 1369 595">berjumlah 78 unit, untuk truk 2 as berjumlah 1.208 unit, untuk truk 3 as berjumlah 488 unit, dan untuk truk 4 as berjumlah 99 unit. Dari data tersebut dihasilkan persentase kendaraan ringan 90,87%, bus kecil 0,25%, bus besar 0,37%, truk 2 as 5,74%, truk 3 as 2,32%, dan truk 4 As 0,47%. Total LHR dari hasil analisa kendaraan berjumlah 21.011 kendaraan/hari.</p> <p data-bbox="619 600 1369 999">2. Berdasarkan perhitungan faktor lalu-lintas kendaraan didapat nilai ESAL total sebesar 10904,893 dan hasil perhitungan Truck Factor $5,823 > 1$, dimana nilai itu menunjukkan bahwa kondisi kerusakan jalan yang ada dikarenakan beban kendaraan yang melintas pada ruas jalan HR. Soebrantas Panam ini mengalami beban berlebih (Over load). Faktor beban berlebih yang terjadi pada jalan HR. Soebrantas menyebabkan 2 jenis kerusakan yaitu distorsi alur dengan tingkat kerusakan yang tinggi dan retak buaya dengan tingkat kerusakan yang tinggi.</p> <p data-bbox="571 1003 1369 1111">PENGARUH BEBAN BERLEBIH KENDARAAN TERHADAP KERUSAKAN PADA PERKERASAN RIGID PAVEMENT DI JALAN CEMARA</p> <p data-bbox="571 1115 927 1182">Sujud Sangaji Dwi Saputro 2019</p> <p data-bbox="571 1187 1369 1473">Data yang diperlukan untuk menganalisis pengaruh beban berlebihan (overload) terhadap perkerasaan jalan beton adalah data primer dan data sekunder berupa data geometrik jalan, volume lalu lintas, fungsi dan karakteristik jalan serta, data-data teknis perencanaan struktur jalan, data kondisi wilayah tingkat pertumbuhan lalu lintas. Semua data diambil dari Dinas Pekerjaan Umum dan Dinas Perhubungan.</p> <p data-bbox="384 1478 1369 1989">Hasil</p> <p data-bbox="619 1478 1369 1809">1. Tipe kendaraan yang sangat berpengaruh terhadap <i>Overload</i> di Jalan Cemara adalah tipe truk semi trailer tronton dengan konfigurasi sumbu 1 – 2,2 – 2,2 dengan jumlah sumbu 5 as dengan nilai <i>Vehicle Damage Factor (VDF)</i> 63,382 nilai <i>Equivalent Single Axle Load (ESAL)</i> tertinggi adalah 24908,34 SAL dan dengan nilai W18 tertinggi adalah 19926,67. Hal tersebut terjadi dikarenakandimensi muatan kendaraan truk tersebut sama dengan truk 6 as.</p> <p data-bbox="619 1814 1369 1989">2. Dari hasil studi kasus ada beberapa hal yang bisa dijadikan alternatif cara untuk penanggulangan terhadap <i>Overload</i> kendaraan truk di Jalan Cemara yaitu apabila pengendara truk membawa muatan yang melebihi JBI seharusnya pengendara harus</p>

No	Referensi Jurnal
	menambah gandar as kendaraan, agar beban muatan yang berlebih bisa distribusikan ke jalan secara merata.
3	<p>Judul ANALISA DAMPAK BEBAN KENDARAAN TERHADAP KERUSAKAN JALAN</p> <p>Penulis Zaenal</p> <p>Tahun 2016</p> <p>Metode Proses pengumpulan datanya dari dua sumber yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil survey secara langsung yang dilakukan dalam 3 hari berturut-turut. Sedangkan untuk data sekunder didapat dari berbagai sumber informasi dan instansi yang terkait dengan judul tugas akhir ini yaitu, DLLAJ Kabupaten Bogor, UPTD Jembatan Timbang Kabupaten Bogor, Dinas Bina Marga.</p> <p>Hasil</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ruas jalan Pahlawan yang seharusnya beban kendaraan = 8 ton, akan tetapi kendaraan yang melintas adalah kendaraan dengan beban > 8 ton. Sehingga mengakibatkan kerusakan perkerasan terjadi yang disebabkan adanya kendaraan dengan muatan berlebih yang melintasi ruas jalan tersebut. 2. Jenis kendaraan yang mempunyai kecenderungan melebihi ketentuan maksimum sumbu terberat adalah dari kendaraan golongan 2 sampai dengan golongan 7 Dengan kendaraan golongan 2 yaitu Truk Ringan (T1.2L), golongan 3 yaitu Truk Berat (T1.2H), golongan 4 yaitu Truk Tandem (T1.22), golongan 5 yaitu Tronton (T1.2H), golongan 6 yaitu Semi trailer (T1.2 - 2) dan golongan 7 yaitu Trailer (T1.2 - 2.2). 3. Pengaruh beban kendaraan berlebih (Overload) terhadap umur rencana perkerasan sangat signifikan, yaitu sekitar 68,32%. 4. Selain Muatan Sumbu Terberat kendaraan, faktor tidak terawatnya saluran air pun menjadi penyebab terjadinya Damage Factor. Dalam hal ini ditunjukkan dengan adanya genangan air pada badan jalan saat hujan turun dan kualitas material perkerasan yang tidak sesuai dengan rencana, sehingga mudah terjadinya kerusakan. 5. Dari hasil analisa perkerasan jalan yang ada saat ini, setelah dilakukan lapis tambahan perkerasan untuk beban normal saja umur rencana hanya mampu bertahan selama 1,61 tahun dan untuk beban berlebih kurang dari 0,51 tahun.

C. Perkerasaan Jalan

Perkerasaan jalan adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan agregat dan aspal atau semen (Portland Cement) sebagai bahan ikatnya sehingga lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Fungsi utama dari perkerasaan sendiri adalah untuk menyebarkan atau mendistribusikan beban roda ke area permukaan tanah-dasar (sub-grade) yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dengan perkerasaan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah-dasar. Perkerasaan harus memiliki kekuatan dalam menopang beban lalu-lintas. Permukaan pada perkerasaan haruslah rata tetapi harus mempunyai kekesatan atau tahan gelincir (skid resistance) di permukaan perkerasaan. Perkerasaan dibuat dari berbagai pertimbangan, seperti: persyaratan struktur, ekonomis, keawetan, kemudahan, dan pengalaman (Crhistiady, 2011).

Perkerasaan jalan melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata (w). Beban diterima oleh beberapa lapisan permukaan (*surface course*) dan disebarkan hingga pada lapisan kedaras tanah (*subgrade*) dan menimbulkan banyak gaya di beberapa lapisan sebagai akibat perlawanan dari tanah dasar terhadap beban lalu lintas. Oleh karena itu sifat dari beban menyebar, maka pengaruhnya semakin berkurang sehingga muatan yang diterima oleh beberapa lapisan berbeda, untuk struktur perkerasaan jalan kokoh selama pelayanan, aman dan nyaman bagi pengguna jalan.

D. Jenis perkerasaan

Perkerasaan adalah campuran antara agregat serta bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Biasanya agregat digunakan pada perkerasaan jalan ialah batu pecah, batu belah, batu kali serta yang akan terjadi samping pelepur baja. Sedangkan untuk bahan ikat yang digunakan yaitu semen, aspal dan tanah liat. Jenis perkerasaan jalan dapat dibagi menjadi 3 golongan besar diantaranya :

1. Perkerasaan Lentur (*flexible pavement*)

Perkerasaan lentur merupakan perkerasaan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan juga berfungsi untuk menerima beban lalu-lintas dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya lalu ke tanah dasar.

2. Pekerasaan Kaku (*rigid pavement*)

Perkerasaan kaku merupakan perkerasaan yang menggunakan semen porland atau jalan beton yang terdiri atas plat beton atau tanpa tulangan diletakan diatas tanah dasar atau tanpa lapisan pondasi bawah. Perkerasaan beton yang kaku serta mempunyai modulus elastistas yang tinggi, akan mendistribusikan beban bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar asal kapasitas struktur perkerasaan diperoleh dari asal plat beton itu sendiri.

3. Perkerasaan Komposi (*composte pavement*)

Perkerasaan komposit merupakan perkerasaan kombinasi adonan kontruksi perkerasaan lentur (*flexible pavement*) diatas perkerasaan kaku (*rigid pavement*), dimana kedua jenis perkerasaan ini berkerja sama untuk

memikul beban lalu-lintas. Untuk itu terdapat persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar dapat memiliki kekakuan yang cukup dan juga dapat mencegah retak refleksi dari perkerasan beton dibawahnya.

E. Pengertian jalan

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi dalam kehidupan berbangsa, kedudukan dan peranan jaringan jalan pada hakikatnya menyangkut hajat hidup orang serta mengendalikan struktur pengembangan wilayah pada tingkat nasional terutama yang menyangkut dengan perwujudan perkembangan antar daerah yang seimbang dan pemerataan hasil-hasil pembangunan serta peningkatan pertahanan dan keamanan negara (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tentang jalan NO. 4, 2006).

1. Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi

Menurut peraturan pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 Tentang Jalan, klasifikasi jalan berdasarkan fungsi dan kelas jalanya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Ketentuan klasifikasi : Fungsi, Kelas Jalan dan Dimensi

Kendaraan			
Fungsi/Kelas Jalan	Muatan Sumbu Terbesar(ton)	LHR Dalam SMP	Dimensi kendaraan Maksimum p/l (m)
Arteri/1	>10	>20.000	18/2.5
Arteri/II	8	6.000-20.000	18/2,5
Arteri/IIIA	8	1.500-6.000	
Kolektor/IIIA	8	<2000	18/2.5
Kolektor/IIIB	8		12/2.5
Lokal/IIIC	8		9/2,1

Sumber : PP No. 43 Tahun 1993

2. Mekanisme Kerusakan dan Interaksi Kerusakan

Menurut wiyono (2009), Mekanisme kerusakan pada perkerasan beraspal tidak dapat berdiri sendiri melainkan saling terkait satu dengan yang lain. Beban roda kendaraan menimbulkan tegangan dan regangan pada lapisan-lapisan pekerasan sebagai fungsi dari pada kekakuan (*stiffness*) dan tebal lapisan dan selanjutnya akibat repitasi pembebanan tersebut, akan terjadi retak pada lapisan beraspal dan deformasi pada semua lapisan. Pelapukan akibat cuaca (*weathering*) mengakibatkan lapisan aspal menjadi rapuh (*brittle*) sehingga lebih mudah mengalami retak dan pelepasan butir. Bila retak telah dimulai, maka akan berkembang cepat sehingga mengakibatkan terjadinya gompal (*spalling*) dan akhirnya lubang. Adanya retak pada permukaan yang disertai dengan pengaliran air ke dalam perkerasan sehingga mempercepat disintegrasi, mengurangi kekuatangeser (*shear strenght*) lapis tidak beraspal dan selanjutnya akibat beban kendaraan akan menimbulkan terjadinya percepatan deformasi. Deformasi pada perkerasan yang terakumulasi akan ditunjukkan dengan ketidakrataan (*roughness*) permukaan. Pengaruh lingkungan dalam bentuk sistem drainase, cuaca dan musim mempengaruhi kekuatan dan perilaku bahan perkerasan akibat beban lalu lintas, dan dapat mengakibatkan terjadinya distorsi dan perubahan volume yang akhirnya memberi sumbangan kepada ketidak rataan. Oleh karna itu, ketidak rataan merupakan hasil rangkaian mekanisme kerusakan serta bergabungnya pengaruh berbagai jenis kerusakan. Proses interaksi yang dapat memperlihatkan sebab dan akibat yang pada akhirnya mengakibatkan

ketidakrataan, merupakan konsep kunci dari pada pendekatan didalam pengembangan metode penurunan kondisi, oleh karena itu, maka ketidakrataan tidak bisa dilihat sebagai jenis kerusakan yang berdiri sendiri, melainkan saling mempengaruhi dari masing-masing kerusakan. Pemeliharaan pekerasan jalan mempunyai dua pengaruh, yaitu pengaruh langsung terhadap kondisi perkerasan dan pengaruh terhadap perkembangan kerusakan dimasa yang akan datang. Pemeliharaan ditunjukan untuk memperbaiki kondisi dan kinerja tetapi dilain pihak bentuk pemeliharaan tertentu, misalnya penambalan, pada masa awalnya juga akan mengakibatkan ketidakrataan.

3. Karakteristik Kerusakan Perkerasan Jalan

Penurunan atau memburuknya suatu kondisi perkerasan yang dapat diartikan sebagaimana kecenderungan perkembangan kerusakan perkerasan antara lain :

Kerusakan jalan dapat di bedakan menjadi 2 yaitu :

a. Kerusakan struktural

Kerusakan struktural merupakan kerusakan dari satu atau lebih komponen perkerasan yang terkait dengan tegangan dan regangan yang terjadi sehingga menyebabkan perkerasaan tidak dapat lagi menerima beban lalu lintas.

b. Kerusakan fungsional

Kerusakan fungsional merupakan kerusakan perkerasan jalan yang menyebabkan gangguan terhadap keamanan dan kenyamanan pgunan jalan sehingga untuk biaya operasional meningkat.

Kerusakan pada perkerasan lentur biasanya dapat dilihat melalui survei pada kondisi perkerasan jalan dan dapat dikelompokkan menjadi tiga mekanisme utama, yaitu retak, distintegrasi dan demoformasi permanen masing-masing mekanisme kerusakan jalan.

Tabel 2.3 Klasifikasi Kerusakan Perkerasan Menurut Mekanisme jenisnya

Mekanisme A	Jenis B	Uraian ringkas C
Retak	Buaya (<i>Crocodile</i>) Memanjang (<i>Logitudinal</i>)	Rangkaian Kecil-kecil yang berbentuk kulit buaya dengan diameter < 300mm
	Melintang (<i>Transverse</i>)	Berbentuk garis-garis yang sejajar dengan sumbu yang memanjang
	Tidak Beraturan (<i>Irregular</i>)	Berbentuk garis-garis yang tegak lurus sumbu jalan
Cacat Permukaan (Disintegrasi)	Area (<i>Map</i>) Blok (<i>Block</i>)	Berpola tidak beraturan dan tidak berhubungan Berbentuk polygon saling berhubungan berdiameter < 300 mm
	Pelepasan butir (<i>Ravelling</i>)	Berpola segi empat dan saling berhubungan dengan jarak antara garis lebih besar dari 1 meter
	Lubang (<i>Potholes</i>)	Lepasnya butir-butir agregat dari permukaan.
Penurunan permukaan (Deformasi)	Sompel (<i>Edgebreak</i>)	Rongga terbuka pada permukaan yang mempunyai diameter dan kendaraan > 150mm
	Alur (<i>Ruts</i>)	Lepasnya bagian perkerasan pada bagian tepi
	Amlas (<i>Grade depression</i>) Sungkur (<i>Shoving</i>) Kegemukan (<i>Ridge</i>) Keriting (<i>Corrugation</i>)	Penurunan memanjang yang terjadi sepanjang jejak roda Cekungan pada permukaan perkerasan Peninggian setempat pada permukaan Peninggian dalam arah memanjang

Mekanisme	Jenis	Uraian ringkas
A	B	C
	Penurunan (<i>Undulation</i>)	Peninggian dalam arah melintang dengan jarak yang berdekatan
	Kekasaran (<i>Roughness</i>)	Penurunan dalam arah melintang dengan jarak > 5m Ketidak rataan permukaan perkerasan disekitar jarak roda kendaraan

Sumber: Wiyono (2009)

Jenis kerusakan yang paling penting harus dapat diprediksi untuk keperluan perencanaan umum yaitu jenis kerusakan mendorong pengaruh terhadap pengambilan keputusan untuk melakukan pemeliharaan, seperti retak, pelepasan butir, berlubang, kelicinan dan ketidakrataaan. Hal itu sering kali disebut dengan kerusakan permukaan jalan, karena jenis kerusakan tersebut biasanya berawal dari terjadinya kerusakan.

1. Retak

Wiyono (2009) Retak adalah salah satu kerusakan yang sangat penting dalam perkerasan aspal. Yang tujuan utamanya atau awal perencanaan perkerasan aspal yaitu untuk meminimalisir retak. Oleh karena itu retak juga sebagai faktor penentu dalam aplikasi penanganan pemeliharaan tanpa memperhitungkan jumlah retak. Retak adalah kerusakan yang memperlemah perkerasan dan memungkinkan air meresap ke dalamnya sehingga meningkatkan kelemahan. Bila retak mulai terjadi, maka penyebarannya, kearahannya dan intensitasnya akan berkembang dan akhirnya mengakibatkan disintegrasi bahan pada permukaan. Melalui proses tersebut, kerusakan pada perkerasan biasanya berkembang cepat sejak terjadinya retak, yang ditunjukkan oleh meningkatnya alur dan

ketidakrataan. Kerusakan retak sebagai suatu kriteria penting untuk pemeliharaan. Ketelitian prediksi dari pada mulai dan perkembangannya serta keefektifan penambahan lapisan untuk mengendalikan retak tersebut merupakan komponen kunci dalam memprediksi waktu dan biaya pemeliharaan jalan.

Sejauh ini belum ada kesepakatan mengenai ukuran retak pada perkerasan dan belum bisa diukur dengan peralatan otomatis, meskipun ukuran tersebut merupakan aspek penting dalam inventarisasi kondisi perkerasan pada tingkat jaringan jalan. Telah dicoba berbagai ukuran retak, naik secara kualitatif maupun kuantitatif, tetapi belum ada kesepakatan internasional.

Kelas keparahan merupakan kelas 1 merupakan retak rambut, lebar 1 mm atau lebih kecil, kelas 2 mempunyai lebar retak 1 sampai 3 mm, kelas 3 mempunyai lebar retak lebih besar dari 3 mm tanpa disertai gompal (spaling), kelas 4 retak yang disertai dengan gompal, yaitu lepasnya bagian-bagian perkerasan di sekitar retak. Luas merupakan jumlah daerah berbentuk segi empat di sekitar bagian-bagian permukaan yang permukaan yang mengalami retak, yang diukur dalam meter persegi dan akhirnya dinyatakan sebagai persentase luas permukaan per 1000 m. Untuk retak linear (tunggal), luas retak didefinisikan sebagai suatu daerah sepanjang garis retak yang mempunyai lebar 0,5 m.

2. Mekanisme terjadinya Lubang/potholes

Lubang yang terjadi akibat dari pada disintegrasi dan serta hilangnya bahan pada lapis permukaan dan selanjutnya pada lapis pondasi. (Paterson dalam wiyono 2009). Lubang/potholing adalah rongga pada permukaan jalan dengan diameter rata-rata lebih besar atau sama dengan 25 mm (dengan tujuan untuk membedakan lubang/potholing dan pelepasan butir/raveling). Pada leburan aspal (surface treatments) lubang dapat terjadi sebagai akibat pelepasan butir sehingga membuka (exposed) lapis pondasi atau sebagai akibat retak lebar yang disertai dengan gombal atau retak yang mempunyai intensitas sedemikian rupa sehingga bagan mudah lepas. Lekatan antara lapis permukaan dengan lapis di bawahnya dan sifat dari pada lapis pondasi sangat mempengaruhi muali terjadinya, bentuk dan ukuran lubang. Lapis pengikat (tack coat) atau lapis resap ikat (prime coat) yang baik akan mengurangi terjadinya lubang setelah terjadinya retak. Adanya bahan halus yang tersisa pada permukaan lapis pondasi akan sangat memudahkan pemisahan lapis permukaan yang telah mengalami retak sehingga akan mempercepat saat terjadinya dan perkembangan lubang akibat roda kendaraan, lapis pondasi agregat akan mudah mengalami disintegrasi, terutama bila berair, lapis pondasi beraspal biasanya tidak mudah mengalami disintegrasi, kecuali apabila bahan tersebut rentan terhadap pelepasan butir (stipping) atau apabila lapisan aspalnya telah lapis atau tipis.

Diameter lubang tergantung pada kondisi lapis permukaan di sekitarnya serta kemampuan menahan pengelupasan (attrition). Pada lapis

beton aspal, lubang akan terjadi pada permukaan yang mengalami retak yang disertai gompal dan mungkin mempunyai tepi yang tajam. Pada laburan aspal yang rapuh lubang dapat berkembang dengan cepat sampai mencapai diameter 400 mm atau 1000 mm dan biasanya mempunyai bentuk seperti piring. Apabila lapis pondasi mempunyai kekuatan yang sangat bagus tinggi terhadap disintegrasi, biasanya lubang akan bertahan pada kedalaman 25-50 mm : jika tidak, maka kedalaman lubang akan sangat tergantung pada volume kendaraan yang mengenai lubang serta ada atau tidak adanya air.

3. Sompel /Kerusakan Tepi/Edge Break

Sompel atau edge break adalah kehilangan permukaan yang berupa lepasnya bahan atau material dari bagian tepi perkerasan. Biasanya timbul pada jalan sempit yang tidak dilindungi oleh bahu jalan. Idealnya, ada tiga parameter yang dibutuhkan untuk mendefinisikan sompel atau edge break sering digunakan untuk survei perkerasan namun dalam hal ini mengabaikan kedalaman serta volume perkerasan yang sompel. Oleh karena itu, Bennt at.al., dalam Wiyono 2009, menyatakan sompel atau kerusakan tepi atau edge break diukur dalam volume persatuan panjang (m^3/km). Kehilangan material tepi perkerasan dapat disebabkan oleh dua mekanisme yang merupakan, kegagalan geser atau shear failure, dan Pengelupasan atau attrition. Kegagalan geser terjadi pada lapisan atas akibat beban vertikal roda pada atau dekat tepi perkerasan karena tidak adanya dukung lateral. Tanda terjadinya adalah jatuhnya perkerasan ke bahu jalan.

Pada umumnya bangunan sipil yang melayani beban hidup, terutama jalan raya akan mengalami penurunan kemampuan pelayanan struktur. Penurunan tersebut terjadi sejak jalan tersebut dibuka untuk melalui lalu-lintas sampai mencapai kondisi tidak mantap. Penurunan pelayanan tersebut pada dasarnya mengikuti suatu garis kecenderungan, yang dipengaruhi terutama oleh:

1. Sifat konstruksi perkerasan, hal ini menyangkut material perkerasan yang digunakan dan kondisi tanah dasar sebagai lapisan yang menerima seluruh beban yang terjadi.
2. Kecepatan perkembangan lalu-lintas, tingkat pengguna lalu-lintas yang melewati ruas jalan.
3. Muatan sumbu terbesar (MST) dan jumlah ulang beban lalu-lintas
- 4. Pelaksanaan pengerjaan perkerasan dilapangan.**

Dari ke-empat faktor diatas, kerusakan jalan yang banyak terjadi pada ruas-ruas jalan moga adalah beban kendaraan yang melewati jalan tersebut yang melebihi ketentuan batas maksimum beban sumbu. Kerusakan-kerusakan yang terjadi pada lapisan perkerasan jalan lentur akibat beban berlebih adalah kerusakan ringan, kerusakan yang terjadi pada lapisan permukaan perkerasan yang berbentuk retak-retak, dan kerusakan ringan ini mencakup :

1. Retak kulit buaya (*Alligator Cracks*), lebar celah lebih besar atau sama dengan 3 mm yang berbentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang mempunyai kulit buaya.

2. Retak pinggir (*Edge Crack*), retak memanjang jalan, dengan atau tanpa cabang yang mengarah kebahu dan terletak dekat bahu jalan.
3. Retak susut (*Shrinkage Crack*), retak saling bersambung membentuk kotak-kotak besar dengan sudut tajam.

Kerusakan berat, kerusakan yang terjadi sudah hampir atau mencapai lapisan pondasi dan berbentuk celah-celah pada permukaan jalan, yang disebut kerusakan berat yang mencakup:

1. Alur (*Ruts*), yang terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan dan merupakan tempat menggenangnya air hujan yang jatuh diatas permukaan jalan sehingga dapat menimbulkan rongga-rongga.
2. Sungkur (*Shoving*), yang terjadi pada tempat kendaraan saling berhenti, kelandaian curam dan tikungan tajam. Kerusakan ini berbentuk tonjolan-tonjolan kecil (keriting) pada permukaan perkerasan.
3. Ambblas (*Depression*), terjadi akibat tergenangnya air sehingga meresap kedalam lapisan perkerasan yang akhirnya menimbulkan lubang.
4. Lubang (*Potholes*), berupa mangkuk, ukuran bervariasi dari kecil sampai besar yang merupakan tempat meresapnya air kedalam lapisan permukaan yang menyebabkan kerusakan menjadi semakin parah.

F. Kerusakan jalan akibat beban berlebihan

Beban berlebih adalah berat as kendaraan yang melampaui batas maksimum yang diizinkan (MST = Muatan Sumbu Terberat). Selain itu beban berlebih dapat juga didefinisikan suatu kondisi beban gandar kendaraan

melebihi beban standar yang digunakan pada asumsi desain perkerasan jalan atau jumlah lintasan operasional sebelum umur rencana tercapai yang biasa disebut kerusakan dini. Terjadinya beban berlebih pada kendaraan yang mengangkut muatan melebihi ketentuan yang ditetapkan secara signifikan akan meningkatkan daya rusak (*Damage Factor*) kendaraan yang selanjutnya akan menyebabkan kerusakan pada struktural jalan. Jenis dan besarnya beban kendaraan yang beraneka ragam menyebabkan pengaruh daya rusak dari masing-masing kendaraan terhadap lapisan-lapisan perkerasan jalan raya tidaklah sama. Semakin besar muatan atau beban suatu kendaraan yang dipikul lapisan perkerasan jalan, maka struktur perkerasan jalan akan cepat rusak.

Pendekatan muatan berlebih yaitu dengan menghitung nilai total faktor truk (*truck factor*). *Truck Factor* adalah nilai total *Equivalent Single Axle Load* (ESAL) yang mana menyebabkan kerusakan jalan akibat beban berlebih pada kendaraan berat. Apabila nilai *truck faktor* lebih besar dari 1 ($TF > 1$) berarti telah terjadi kerusakan akibat beban berlebih.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai *truck faktor* adalah : [Wiyono, 2009]

$$TF = \frac{\text{Total ESAL}}{N} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

- TF = Truk Faktor
- Total ESAL = Nilai Total Esal
- N = Jumlah Kendaraan Berat

G. Distribusi beban pada perkerasan lentur

Struktur perkerasan lentur ini terdiri atas beberapa lapisan dengan material tertentu, dimana masing-masing lapisan akan menerima beban dari lapisan di atasnya dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya, sehingga lapisan struktur perkerasan di bawahnya akan menerima dan mendukung beban yang lebih ringan.

Keterangan :

- P = Awal Beban
- P = Beban Awal
- $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ = Sudut penyebaran beban setiap lapis
- σ_x = Tegangan yang diberikan oleh tanah dasar
- h_1, h_2, h_3 = Tebal setiap lapisan perkerasan

Beban kendaraan didistribusikan pada perkerasan lentur yang luasnya lebih sempit sehingga P_1 lebih besar dari pada P_0 . P_1 selanjutnya didistribusikan ke lapisan di bawahnya lagi, demikian seterusnya. Karena $P_2 < P_1$ maka lapisan perkerasan lentur dibuat berlapis-lapis, dengan lapisan paling atas sifat yang lebih baik dari lapisan di bawahnya.

1. Beban Lalu Lintas

Beban lalu – lintas adalah beban kendaraan yang dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui kontak antara ban dan muka jalan. Beban lalu - lintas merupakan beban dinamis yang terjadi secara berulang selama masa pelayanan jalan. Besarnya beban lalu - lintas dipengaruhi oleh berbagai faktor kendaraan seperti konfigurasi sumbu dan roda kendaraan, beban

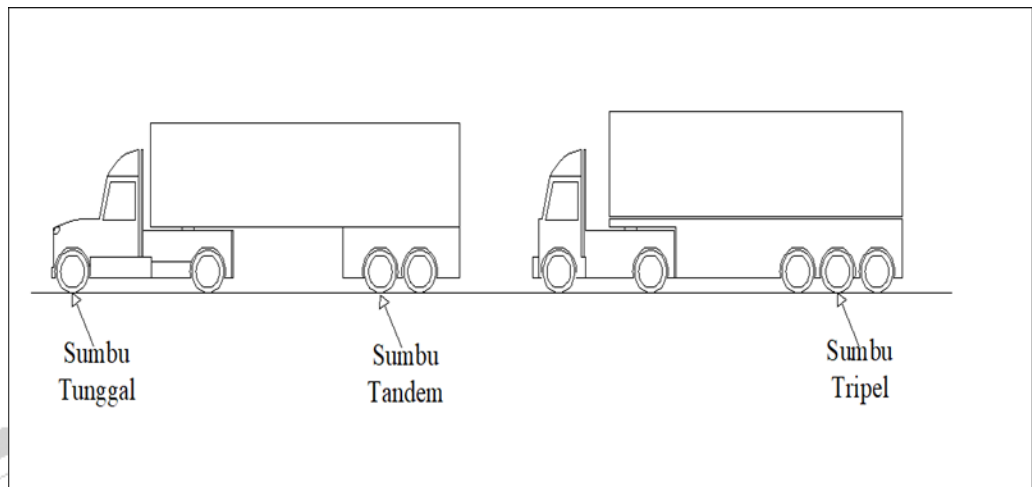
sumbu dan roda kendaraan, volume lalu – lintas, repetisi sumbu, distribusi arus lalu – lintas pada kendaraan jalan, dan kecepatan kendaraan. Pemahaman komprehensif tentang beban kendaraan yang merupakan beban dinamis pada perkerasan jalan, sangat mempengaruhi hasil perencanaan tebal perkerasan jalan dan kekokohan struktur perkerasan jalan selama masa pelayanan.

2. Konfigurasi sumbu dan roda kendaraan

Setiap kendaraan memiliki minimal dua sumbu, yaitu sumbu depan disebut juga sumbu kendali, dan sumbu belakang atau sumbu penahan beban. Masing-masing ujung sumbu dilengkapi dengan satu atau dua roda. Saat ini terdapat berbagai jenis kendaraan berat yang memiliki jumlah sumbu lebih dari dua. Berdasarkan konfigurasi sumbu dan jumlah roda yang dimiliki di ujung - ujung sumbu, maka sumbu kendaraan dibedakan atas 4 bagian sumbu yaitu:

1. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
2. Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
3. Sumbu ganda atau sumbu tandem roda ganda (STdRG)
4. Sumbu tripel roda ganda (STrRG)

Gambar 2.1 menggambarkan kendaraan dengan konfigurasi sumbu tunggal, sumbu tandem, dan sumbu tripel. Sebagai usaha mempermudah membedakan berbagai jenis kendaraan maka dalam proses perencanaan digunakan kode simbol yg berada berbentuk panah sesuai yg berada di bawah roda.



Gambar 2.1 menggambarkan Kendaraan dengan Sumbu

H. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas merupakan jumlah kendaraan yang melewati suatu penampang tertentu pada suatu ruas jalan tertentu dalam waktu tertentu. (Hariman Al Faritzie, 2019)

Volume lalu lintas pada suatu ruas jalan terdiri dari berbagai komposisi kendaraan menurut MKJI 1997, antara lain :

1. Kendaraan Ringan (LV)

Kendaraan bermotor dengan jarak as 2,0 – 3,0 m memiliki 4 roda. Yang termasuk kendaraan ringan yaitu mobil penumpang, oplet, mikro bis, angkot, pick up dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.

2. Kendaraan Berat (HV)

Kendaraan bermotor dengan jarak as $> 3,50$ dan biasanya lebih dari 4 roda. Yang dimaksud dengan kendaraan berat yaitu bis, truk 2 as, truk 3 as dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.

3. Sepeda Motor (MC)

Kendaraan bermotor memiliki 2-3 roda. Kendaraan bermotor menurut klasifikasi MKJI 1997 adalah sepeda motor dan kendaraan beroda 3 sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.

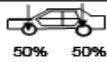
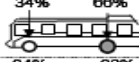


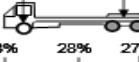

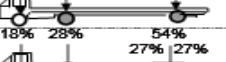
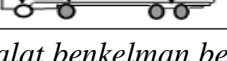
4. Kendaraan tak Bermotor (UM)

Kendaraan beroda yang dioperasikan dengan menggunakan tenaga manusia atau hewan. Kendaraan tak bermotor menurut klasifikasi MKJI 1997 adalah sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong.

1. Angka Ekuivalen Sumbu

Merupakan jumlah lintas dari beban sumbu standar yang akan menyebabkan kerusakan pada lapisan perkerasan jalan apabila kendaraan tersebut lewat satu kali. Beban yang terjadi akibat lalu lintas dapat dikonversikan kedalam beban sumbu sebagai berikut :

Tabel 2.4 konfigurasi sumbu dan Distribusi beban

KONFIGURASI SUMBU & TYPE	BERAT KOSONG (ton)	BEBAN MUATAN MAKSIMUM (ton)	BERAT TOTAL MAKSIMUM (ton)	UE 18 KSAJ KOSONG	UE 18 KSAJ MAKSIMUM	
1,1 HP	1,5	0,5	2,0	0,0001	0,0005	
1,2 BUS	3	6	9	0,0037	0,3006	
1,2L TRUK	2,3	6	8,3	0,0013	0,2174	
1,2H TRUK	4,2	14	18,2	0,0143	5,0264	
1,22 TRUK	5	20	25	0,0044	2,7416	
1,2+2,2 TRAILER	6,4	25	31,4	0,0085	3,9083	
1,2-2 TRAILER	6,2	20	26,2	0,0192	6,1179	
1,2-2,2 TRAILER	10	32	42	0,0327	10,1830	

Sumber : Manual perkerasan jalan dengan alat benkelman beam no 01/mn/83 dalam modul rekayasa lalu lintas

Dalam menghitung tingkat kerusakan dilakukan dengan perhitung VDF. VDF merupakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu tunggal kendaraan dalam sekali lintasan. Beban sumbu tunggal yaitu 18000 lb (8,16 ton). Rumusan yang digunakan untuk menentukan VDF, sebagai berikut :

$$\text{VDF sumbu tunggal} = k \left[\frac{\text{beban satu sumbu tunggal dalam ton}}{8,16} \right]^4 \dots\dots (2.2)$$

$$\text{VDF sumbu ganda} = k \left[\frac{\text{beban satu sumbu tunggal dalam ton}}{8,16} \right]^4 \dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

VDF = Vehicle Damaging Factor (faktor kerusakan akibat beban sumbu

K = Faktor sumbu

K = 1 untuk sumbu tunggal

K = 0,086 untuk sumbu ganda

Tabel 2.5 Nilai VDF Tiap Golongan Kondisis Esisting

Jenis Kendaraan	Tipe Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Berat Total (Ton)	Sumbu Ganda	Sumbu Ganda Tandem	Sumbu Ganda Triple	VDF
Sedan, jeep	2	1.1	2	0.0005			0.0005
Kendaraan Umum, Oplet	3	1.1	2	0.0005			0.0005
Pick Up	4	1.2	6	0.140967			0.140967
Bus Kecil	5a	1.2	6	0.140967			0.140967
Bus Besar	5b	1.2	9	0.31057			0.31057
Truck Ringan	6a	1.2	12	0.58462			0.58462

Sumbu						
Truck	7a	1.2	16	2.54779		2.54779
Sedang						
Sumbu						
Truck Semi	7b	1.22-22	34	2.54779		2.03623
Trailer						

Sumber : Direktur Jendral Bina Marga, 1987

I. Satuan Mobil Penumpang

Satuan mobil penumpang disingkat SMP adalah satuan kendaraan di dalam arus lalu lintas yang disetarakan dengan kendaraan ringan/mobil penumpang, dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang (emp) atau faktor pengali berbagai jenis kendaraan menjadi satu satuan yaitu SMP, dimana besaran SMP dipengaruhi oleh tipe/jenis kendaraan, dimensi kendaraan, dan kemampuan olah gerak. SMP digunakan dalam melakukan rekayasa lalu lintas terutama dalam desain persimpangan, perhitungan waktu alat pengatur isyarat lalu lintas (APILL), ataupun dalam menentukan nisbah volume per kapasitas jalan (V/C) suatu ruas jalan. Di Amerika dan Eropa, satuan mobil penumpang dikenal dengan istilah *passenger car unit* atau PCU atau *passenger car equivalent* (PCE).

Besaran satuan mobil penumpang bervariasi menurut lokasi apakah itu di perkotaan atau di jalan raya, ataupun di persimpangan. Jenis kendaraan dibagi atas beberapa kategori yaitu hanya mobil Cito saja, kalau bukan mobil Cito maka tidak perlu dihitung

- Kendaraan Ringan (LV): Mobil Penumpang, Oplet, Mikrobis, Pick up, sedan dan kendaraan bermotor ber as 2 dengan jarak antar as 2-3m

- Kendaraan Berat (HV): Bis, Truk 2 As, Truk 3 As, dan kendaraan bermotor lebih dari 4 roda
- Sepeda Motor (MC): kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda.
- Kendaraan tak Bermotor (UM): segala jenis kendaraan yang digerakan oleh orang atau hewan seperti becak, sepeda, kereta kuda dan sebagainya.

Pada jalan perkotaan faktor pengali tergantung dari fungsi dan kondisi jalan serta jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan pada satu satuan periode waktu (jam).

Tabel 2.6 Jalan Perkotaan yang tidak terbagi

Tipe Jalan	Arus lalu lintas total 2 arah (kend/jam)	emp		Lebar Jalur Lalu Lintas	
		LV	HV	≤ 6 m	> 6 m
Dua Lajur tak terbagi (2/2) UD	0	1,0	1,3	0,5	0,4
	≥ 1800		1,2	0,35	0,25
Empat Lajur tak terbagi (4/2) UD	0		1,3		0,4
	≥ 1800		1,2		0,25

Sumber : MKJI 1997

Pada Jalan perkotaan Penentuan faktor pengali menggunakan cara interpolasi nilai, sebagai contoh untuk tipe jalan 2/2 UD dan lebar jalur lalu lintas kurang dari 6 meter serta jumlah kendaraan yang melintas pada satu titik pengamatan selama satu jam yaitu 900 kendaraan maka faktor pengali yang didapat berturut-turut untuk LV, HV dan MC yaitu 1,0; 1,3; dan 0,5.

J. Penilaian Kondisi Permukaan

Sakinah (2017) menyatakan bahwa penilaian kondisi permukaan dilakukan berdasarkan kerusakan. Besarnya kerusakan dapat dilihat pada rumus dibawah ini.

1. Nilai Prosentase Kerusakan NP

$$NP = \frac{\text{Luas kerusakan jalan}}{\text{Luas jalan keseluruhan}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Besarnya nilai prosentase kerusakan didapat dari prosentase luas permukaan jalan yang rusak terhadap luas jalan yang ditinjau. Nilai prosentase kerusakan dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

Tabel 2.7 Nilai Prosentase Kerusakan NP

Prosentase	Katagori	Nilai
< 5%	Sedikit sekali	2
5% - 20%	Sedikit	3
20% - 40%	Sedang	5
>40%	Banyak	7

Sumber : Dinas Bina Marga, 1979 dalam sakinah (2017)

2. Nilai Bobot Kerusakan

Nilai bobot kerusakan memiliki nilai yang diperoleh dari jenis kerusakan pada permukaan jalan dilalui. Penilaiannya antara lain :

Tabel 2.8 Nilai Bobot Kerusakan

Jenis kerusakan	Nilai
Aspal beton	2
Penetrasi	3
Tambalan	4
Retak	5
Lepas	5,5
Lubang	6
Alur	6
Gelombang	6,6
Amblas	7
Belahan	7

Sumber : Bina Marga, 1979 dalam Sakinah (2017)

3. Nilai Jumlah Kerusakan (Nq)

$$Nq = Np \times Nj \dots\dots\dots(2.5)$$

Nilai jumlah kerusakan diperoleh dari hasil perkalian antara prosentase kerusakan dengan bobot kerusakan. Nilai jumlah kerusakan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.9 Persentase Luas Area Kerusakan

No	Jenis Kerusakan	≤ 5% Sedikit Sekali	5% - 20% Sedikit	20% - 40% Sedang	≥ 40% Banyak
1	Aspal beton	4			
2	Penetrasi	6			
3	Tambalan	8	12	20	28
4	Retak	10	15	25	35
5	Lepas	11	16,5	27,5	38,5
6	Lubang	12	18	30	42
7	Alur	12	18	30	42
8	Gelombang	13	19,5	32,5	45,5
9	Amblas	17	21	35	49
10	Belahan	14	21	35	49

Sumber : Dinas Bina Marga, 1979 dalam Sakinah (2017)

4. Nilai Kerusakan Jalan (Nr)

★ Nilai kerusakan jalan didapat dari jumlah total setiap nilai kerusakan jumlah kerusakan pada suatu ruas jalan.

Untuk katagori kerusakan jalan keseluruhan dapat menggunakan persamaan 24 dan dengan menggunakan tabel 2.7

K. Analisis Regresi

Analisis regresi adalah metode yang ada pada statistika, digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel bebas dan variabel terikat.

1. Regresi Linier Sederhana

Regresi linier sederhana adalah hubungan antara satu variabel bebas dan satu variabel terikat. Persamaan rumusnya adalah :

$$Y = a + Bx$$

Keterangan :

Y : Variabel terikat

a : Konstanta

b : Koefisien regresi

X : Subjek variabel bebas

2. Regresi Linier Berganda

Regresi linier berganda adalah hubungan antara lebih dari satu variabel bebas dengan satu variabel terikat. Berdasarkan modul analisis regresi linier berganda, persamaan regresi linier berganda sebagai berikut :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_aX_a \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

Y : Variabel terikat

a : Konstanta

$b_1 b_2 \dots b_a$: Nilai koefisien regresi

$X_1 X_2 \dots X_a$: Variabel bebas

1) Koefisien Determinan (r^2)

Koefisien determinan adalah koefisien untuk mengetahui prosentase pengaruh variabel bebas terhadap variabel tak bebas. Rumus r^2 sebagai berikut :

$$r^2 = \frac{(b_1 \sum X_1 Y) + (b_2 \sum X_2 Y) + \dots + (b_n \sum X_n Y)}{\sum Y^2} \dots \dots \dots (2.7)$$

2) Uji koefisien Regresi Parsial (Uji-t)

Uji t bertujuan untuk mengetahui apakah persamaan model regresi yang terbentuk secara parsial variabel bebasnya (X) berpengaruh secara signifikan terhadap variabel tak bebas (Y). Rumus perhitungan uji t, sebagai berikut :

$$t_{hitung} = \frac{bn}{S_{bn}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

t_{hitung} : t hitung untuk variabel independen ke n

bn : koefisien regresi variabel independen ke n

n : simpanan baku (standar error) koefisien regresi untuk variabel independen ke n

3) Uji F

Uji F adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas (X) secara signifikan berpengaruh terhadap variabel terikat (Y). Nilai Uji F dapat dihitung sesuai rumus dibawah ini :

$$F_{\text{hit}} = \frac{\sum(\hat{Y}-\bar{Y})^2 / (k-1)}{\sum(Y-\hat{Y})^2 / (n-k)} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

K : jumlah variabel bebas dan terikat

n : jumlah sampel/pengukuran

