

PROPOSAL TUGAS AKHIR

ANALISA PERKERASAN LENTUR
DENGAN METODE AASHTO'93 MENGGUNAKAN ALAT LIGHT
WEIGHT DEFECTOMETRE PUSJATAN

*“Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Matakuliah Seminar Pada Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

NAMA : LUTHFITHARY AURELLIA RIAFDY

NPM : 1910015211058



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS BUNGHATTA
PADANG
2023

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan PROPOSAL Tugas Akhir atau Skripsi ini dengan judul yaitu “**ANALISA PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE AASHTO’93 MENGGUNAKAN ALAT LIGHT WEIGHT DEFECTOMETRE PUSJATAN**”. Shalawat dan salam tak lupa pula selalu penulis ucapkan kepada junjungan umat islam Nabi Besar Muhammad SAW, semoga syafa’atnya selalu menyertai kita. Amin Ya Robbal alamin.

Proposal Tugas Akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam rangka penyelesaian mata kuliah seminar proposal Tugas Akhir dan dilanjutkan dengan penyelesaian Tugas Akhir dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta.

Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan dan dukungan yang sangat berharga dari berbagai pihak kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. ir. Nasfryzal Carlo, M.S.c.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta Padang.
2. Bapak **Indra Khaidir, S.T.,M.Sc** selaku Dosen Pembimbing dan Ketua Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta Padang.

3. Semua rekan-rekan mahasiswa **Teknik Sipil Angkatan 2019**, rekan **Senior dan Junior** pada Program Studi **Teknik Sipil Universitas Bung Hatta Padang** dan berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu namanya.
4. Jihan Tiara Salsabila S.IP, Rana De Laila Rum, dan Venny Amelia Putri selaku teman masa kecil penulis hingga kini yang selalu setia menemani setiap suka duka penulis dalam membuat laporan ini.
5. Yoga Khairliansyah yang telah mendukung dan mengajarkan penulis selama pembuatan tugas akhir ini dari awal pengerjaan hingga selesai.

Berkat do'a dan dukungan dari berbagai pihak yang turut membantu penulis sehingga penulisan dan penyusunan proposal tugas akhir ini dapat diselesaikan. Untuk mencapai kesempurnaan penulisan laporan Tugas Akhir ini, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran serta perbaikan dari para pembaca agar tercapai kesempurnaan dari penulisan laporan ini. Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Padang, 18 Agustus 2023

Diajukan oleh Penulis :

Luthfithary Aurellia Riafdy

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup.....	3
1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Manfaat Penelitian	4
1.7. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
2.1. Uraian Umum.....	6
2.2. Klasifikasi Jalan	7
2.2.1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan	7
2.2.2. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan	8
2.2.3. Klasifikasi Menurut Medan Jalan	9
2.3. Light Weight Deflectometre Pujatan	9
2.3.1. Manfaat LWD	10
2.3.2. Komponen	10
2.3.3. Pengoperasian <i>Light Weight Deflectometre</i>	13
2.3.4. Type-type Light Wight Deflectometer.....	15
2.4. Acuan	17
2.5. Jenis-jenis Kerusakan Perkerasan Jalan.....	21
2.6. Metode Perbaikan Jalan	45
2.7. Kriteria Konstruksi Perkerasan Lentur	50

2.7.1.	Lapis Permukaan (<i>Surface Course</i>)	51
2.7.2.	Lapis Pondasi Atas (<i>Base Course</i>)	52
2.7.3.	Lapisan Pondasi Bawah (<i>Subbase Course</i>).....	53
2.7.4.	Lapisan Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>).....	53
2.8.	Syarat-syarat Konstruksi Perkerasan Lentur.....	54
BAB III		56
3.1.	Umum	56
3.2.	Program Kerja	56
3.3.	Proses Pengolahan Data	57
3.4.	Tahap Pengumpulan Data	58
3.4.1.	Data Lendutan dari Alat LWD	58
3.4.2.	Tahap Analisa Data	59
3.4.3.	Tahap Penarikan Kesimpulan	60
BAB IV		61
4.1	Lokasi Penelitian.....	61
4.2	Data-data Pemrograman	63
4.3	Hasil Perhitungan Nilai Modulus Tanah Dasar (M_r).....	65
4.4	Menentukan Nilai E_p dari lendutan 0 (d_0)	68
4.5	Mencari Nilai <i>Struktural Number effective</i> (S_{Neff}).....	71
4.6	Menentukan <i>Structural Number Future</i> dengan $\log_{10}W_{18}$	73
BAB V		79
KESIMPULAN		79
LAMPIRAN 1. DATA-DATA PEMROGRAMAN ALAT LIGHT WEIGHT DEFLECTOMETRE PUSJATAN.....		85
LAMPIRAN 2. WAWANCARA BERSAMA PENEMU ALAT LIGHT WEIGHT DEFLECTOMETRE PUSJATAN.....		88

DAFTAR GAMBAR

BAB II

Gambar 2.1. Peralatan Light Weight Deflectometre (LWD).....	10
Gambar 2.2. Data Logger.....	11
Gambar 2.3. Geophone	11
Gambar 2. 4 Data sejarah waktu khas dari tes lwd (mooney & miller,2009).....	14
Gambar 2. 5 Peralatan Light Weight Deflectometre (LWD) tipe Dynatest.....	15
Gambar 2. 6 Peralatan Light Weight Deflectometre (LWD) tipe Humbolldt.....	16
Gambar 2. 7 Peralatan <i>Light Weight Deflectometre</i> (LWD) PUSJATAN , BINA MARGA INDONESIA	16
Gambar 2.8. Kerusakan retak kulit buaya.....	22
Gambar 2.9. Kerusakan kegemukan	23
Gambar 2.10 Retak Kotak-kotak.....	24
Gambar 2.11. Rusak Cekungan.....	26
Gambar 2. 12 Kerusakan Keriting	27
Gambar 2.13. Kerusakan Ambblas	28
Gambar 2.14. Kerusakan Retak Pinggir.....	29
Gambar 2.15. Kerusakan Retak Sambung	30
Gambar 2.16. Kerusakan Pinggiran Jalan Vertikal.....	32
Gambar 2.17. Retak memanjang/melintang.....	33
Gambar 2.18. Identifikasi Kerusakan Sokongan.....	35
Gambar 2.19. Kerusakan Pengausan Agregat.....	36
Gambar 2.20. Kerusakan Lubang.....	37
Gambar 2.21. Kerusakan Rusak Perpotongan Rel.....	38
Gambar 2.22. Alur (<i>Rutting</i>).....	39
Gambar 2.23. Kerusakan Sungkur	41
Gambar 2.24. Patah Slip.....	42
Gambar 2.25. Kerusakan Mengembang/Jembul	43

Gambar 2.26. Kerusakan Pelepasan Butir.....	44
Gambar 2.27. Lapisan Perkerasan Lentur (MKJI)	50
 BAB III	
Gambar 3. 1. Pelaksanaan Penelitian	56
Gambar 3.2. Flowchart Program Kerja.....	57
 BAB IV	
Gambar 4.1. Pulau Morotai Provinsi Maluku Utara	62
Gambar 4.2. Peta 14,6 km Data Penelitian	62

DAFTAR TABEL

BAB II

Tabel 2. 1 Klarifikasi Jalan	8
Tabel 2. 2 Klarifikasi Menurut Kelas Jalan	8
Tabel 2.3. Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan	9
Tabel 2.4. Hubungan Realibilitas dan Fungsi Jalan	19
Tabel 2.5. Identifikasi pada Retak Kulit Buaya	22
Tabel 2.6. Identifikasi pada Kegemukan (<i>Bleeding</i>).....	24
Tabel 2.7. Identifikasi pada Retak Kotak-kotak (<i>Block Cracking</i>).....	25
Tabel 2.8. Identifikasi pada Cekungan (<i>bumps and sags</i>)	26
Tabel 2.9. Identifikasi Kerusakan keriting	28
Tabel 2.10. Identifikasi Kerusakan Amblas	29
Tabel 2.11. Identifikasi Kerusakan Retak Pinggir	30
Tabel 2.12. Identifikasi Kerusakan Retak Sambung	31
Tabel 2.13. Identifikasi Kerusakan Pinggiran Jalan Turun Vertikal.....	32
Tabel 2.14. Identifikasi Kerusakan Sokongan	34
Tabel 2.15. Identifikasi Kerusakan Tambalan	35
Tabel 2.16. Identifikasi Kerusakan Pengausan Agregat	36
Tabel 2.17. Identifikasi Lubang (<i>potholes</i>).....	37
Tabel 2.18. Identifikasi Kerusakan Perpotongan Rel.....	39
Tabel 2.19. Identifikasi Kerusakan Alur (<i>rutting</i>)	40
Tabel 2.20. Identifikasi Kerusakan Sungkur.....	41
Tabel 2.21. Identifikasi Kerusakan Patah Slip	42
Tabel 2.22. Identifikasi Kerusakan Mengembang Jambul.....	44
Tabel 2.23. Identifikasi Kerusakan Pelepasan Butir	45

BAB IV

Tabel 4.1. Data Program LWD	63
Tabel 4. 2. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Excel Untuk d0.....	65

Tabel 4. 3. Data Alat LWD	68
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Excel Nilai E_p dan d_o (mikron).....	69
Tabel 4. 5. Hasil Perhitungan Excel S_{Neff}	72
Tabel 4. 6. Tabel Standar Deviasi Normal	73
Tabel 4. 7. Rekapitulasi Data-data Pelengkap.....	73
Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Excel <i>Structural Number Future</i>	74
Tabel 4. 9. Data jarak kontrol (a_e).....	75
Tabel 4. 10. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tebal Lapis Tambah (Overlay)	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

“Indonesia mempunyai panjang jaringan jalan sebesar 546.115 km dengan 47.017 km merupakan jalan nasional dengan kondisi kemantapan sebesar 91,81%” (Badan Pusat Statistik, 2021). Walaupun demikian, masih banyak program-program penanganan jalan yang tidak efektif.

Persentase sebesar 22.36% kontribusi penanganan jalan terhadap nilai kondisi jalan dipengaruhi beberapa faktor, antara lain :

- 1) Penanganan pada jalan strategis nasional
- 2) Pembangunan jalan baru yang belum masuk dalam kewenangan pemerintah pusat
- 3) Pelebaran dan preservasi jalan pada ruas yang berkondisi baik

Dengan demikian perlu dihindari adanya masukan pemrograman yang tidak mencerminkan data kondisi jalan yang sebenarnya. Sedangkan pada pelaksanaannya, Bina Marga hanya memakai indikator kondisi fungsional perkerasan sebagai input utama pemrograman.

Kondisi fungsional perkerasan yang digunakan yaitu angka *International Roughness Index (IRI)*, yang melihat kondisi jalan dari ketidakrataan permukaan. Sedangkan data kondisi struktural perkerasan tidak digunakan secara luas, yang mana jadi penyebab banyaknya pemrograman yang tidak tepat sasaran. Selain itu, terdapat perbedaan kondisi apabila ditinjau dari kondisi fungsional dan struktural sehingga menyebabkan perbedaan penanganan jalan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sisa umur perkerasan lentur menggunakan Metode *The American Association of State Highway and Transportation Officials*

(AASHTO) 1993. Pada penelitian ini data yang diambil yaitu data sekunder yaitu data dari alat *Light Weight Deflectometre* Pusjatan di ruas jalan Maluku (Pulau Morotai).

Perhitungan nilai SNf akan mendapatkan tebal overlay yang akan digunakan sebagai alternatif penanganan, menurut metode AASHTO 1993 adalah W_{18} = sesuai hasil perhitungan nantinya berasal dari nilai SNef.

Peralatan *Light Weight Deflectometre* (LWD) Pusjatan mampu membantu dalam melihat kerusakan jalan dengan mencari kelendutan pada jalan tersebut. Alat ini sudah banyak digunakan di jalan-jalan seperti jalan tol hingga jalan kabupaten. Penggunaannya pun sangat mudah dan cukup efisien jika digunakan untuk jalan yang memiliki rencana > 5km. Alat ini pun setara dengan *Falling Weight Deflectometre* (FWD) dalam akurasi bahkan dapat dikatakan lebih terjangkau dan dalam segi ukuran, LWD juga lebih kecil (praktis untuk dibawa). Menurut Sukirman.S, (2010), perhitungan tebal lapisan perkerasan jalan menurut dapat dihitung dengan berbagai cara diantaranya Metode AASHTO 1993.

Oleh karena itu banyaknya metode perencanaan perkerasan jalan, maka peneliti melakukan suatu analisa perhitungan tebal lapisan perkerasan pada ruas Jalan di daerah Maluku dengan metode AASHTO 1993 yang berjudul “Analisa Perkerasan Lentur Dengan Metode AASHTO’93 Menggunakan Alat *Light Weight Deflectometre* Pusjatan”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana mendapatkan alternatif penanganan/penambahan tebal lapis (*overlay*) menggunakan alat *Light Weight Deflectometre* pusjatan dengan Metode AASHTO’93?
- 2) Apakah alat *Light Weight Deflectometre* Pusjatan efektif dalam mobilisasi untuk digunakan di Negara Kepulauan Indonesia dalam pengambilan data perencanaan jalan?

1.3. Ruang Lingkup

Pada penyusunan Tugas Akhir ini, perencanaan tebal overlay perkerasan jalan ditetapkan batasan-batasan yaitu :

- 1) Perencanaan yang akan dibahas meliputi : Analisis alternatif perencanaan tebal perkerasan dan tebal lapis tambahan (overlay) dari data LWD Pusjatan dengan rumus SNf.

1.4. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian Tugas Akhir ini adalah untuk menganalisis perhitungan dari lendutan perkerasan lentur guna memprediksi kerusakan pada jalan yang efisien dan ekonomis menggunakan data LWD dengan Metode AASHTO 1993.

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah :

- 1) Menghitung tebal lapis tambah (overlay) yang efisien dengan menggunakan alat *Light Weight Deflectometre* Pusjatan dengan Metode AASHTO'93
- 2) Menganalisis penggunaan alat *Light Weight Deflectometre* Pusjatan yang efektif dalam mobilisasi untuk digunakan di Negara Kepulauan Indonesia dalam pengambilan data perencanaan jalan.

Dengan studi Tugas Akhir ini dilakukan, maka diperoleh perhitungan tebal overlay perkerasan lentur jalan dengan menggunakan alat LWD Pusjatan agar diketahui pemakaian alat *Light Weight Deflectometre* Pusjatan ini efektif dan ekonomis digunakan di Indonesia.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Menelaah jenis tanah kerusakan jalan dengan peralatan LWD.
2. Mendapatkan data beban lalu lintas, jarak antar lendutan, dan lendutan (mikron).
3. Memberikan pilihan alternatif dalam menyelesaikan persoalan kerusakan jalan

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini yaitu menghitung sisa umur perkerasan lentur (*flexible pavement*) pada ruas jalan dalam peningkatan struktur jalan dengan menganalisis data dari alat *Light Weight Deflectometre* Pusjatan dengan metode yang sesuai untuk penanganan perkerasan jalan.

Dimana manfaatnya dapat menambah wawasan dan menjadikan referensi dalam analisa perhitungan tebal perkerasan pada pekerjaan sipil umumnya dan proyek jalan khususnya. Dan dapat menjadi pedoman bagi rekan mahasiswa/i untuk menyusun Tugas Akhir dan bahan kuliah yang berhubungan dengan analisis perkerasan lentur dengan Metode AASHTO'93 menggunakan alat *Light Weight Deflectometre* Pusjatan.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan membahas mengenai latar belakang, pokok permasalahan, ruang lingkup, maksud dan tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan tesis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab akan membahas mengenai teori-teori peralatan LWD yang digunakan, acuan dalam perhitungan tebal lapis tambah perkerasan lentur.

BAB III METODOLOGI

Dalam bab ini akan membahas kriteria lokasi, pengumpulan data, penyajian data, proses perhitungan, metodologi yang digunakan serta rumus-rumus untuk perencanaan perkerasan lentur.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini yang akan dibahas adalah hasil perhitungan dari analisis yang digunakan dalam penggunaan alat *Light Weight Deflectometre* Pusjatan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diambil kesimpulan hasil pengolahan data dan analisa serta saran dari peneliti.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Uraian Umum

Menurut Ansyori Alamsyah, . A (2003:99) menyatakan bahwa lapisan perkerasan jalan berguna untuk menerima dan mendistribusikan beban gandar lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri. Maka dari itu diberikan kenyamanan kepada si pemudi selama masa pelayanan jalan tersebut. Secara umum perkerasan merupakan struktur yang terdiri dari banyak lapisan yang dibuat untuk menambahkan daya dukung tanah agar dapat memikul repitisi beban lalu lintas sehingga tanah tidak mengalami deformasi yang berarti (Croney, 1997 dalam Hassan, K.E., Seryawan, A., & Zoorob, S. E. 2017).

Perkerasan diberikan dengan maksud agar permukaan menjadi halus dan aman untuk segala kondisi cuaca serta tebal dari setiap lapisan harus cukup stabil dan aman untuk memikul beban yang bekerja di atasnya. Tebal lapis perkerasan pada perencanaan jalan raya harus ditentukan sehingga struktur jalan dapat memberikan pelayanan denan optimal terhadap lalu lintas sesuai dengan umur rencananya. Tujuan utama dari perencanaan perkerasan jalan ini adalah tercapai konstruksi jalan yang mempunyai standar sesuai dengan fungsi jalan dan peranannya. Maka dari itu, diperlukan perhitungan tebal lapis perkerasan jalan tersebut agar didapat alternatif perbaikan jalan yang sesuai dengan rencana menggunakan alat LWD dengan mengambil lendutannya.

Pada perencanaan konstruksi jalan spesifik memiliki beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam perencanaan dan pelaksanaannya antara lain :

- a) Faktor lalu-lintas
- b) Umur rencana jalan
- c) Factor lingkungan (keadaan fisik dan topografi)
- d) Material yang tersedia dan ekonimis penggunaannya

2.2. Klasifikasi Jalan

Klarifikasi jalan adalah penggolongan jalan didasarkan pada parameter-parameter tertentu. Klarifikasi jalan dapat ditentukan menurut kelas yang berhubungan dengan ketersediaan jalan dalam menerima beban lalu-lintas.

2.2.1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Mengidentifikasi klarifikasi jalan ialah aspek penting yang harus dilaksanakan sebelum perancangan jalan, karena kriteria desain jalan ditentukan oleh klarifikasi jalan rencana. Klarifikasi jalan pada standar desain jalan (antar kota atau luar kota) didasarkan pada klarifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

Klarifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas :

- 1) Jalan Arteri : Jalan yang menanggapi angkutan utama dengan karakteristik perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- 2) Jalan Kolektor : Jalan yang menanggapi angkutan pengumpulan/pembagi dengan karakteristik perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- 3) Jalan Lokal : Jalan yang menanggapi angkutan setempat dengan karakteristik perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Klarifikasi jalan menurut Bina Marga dalam tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota (TPGJAK) No: 038/TBM/1997 disusun pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2. 1 Klarifikasi Jalan

Fungsi jalan	Arteri		Kolektor			Lokal			
Kelas Jalan	I	II	III A	III B		III C			
Muatan Sumbu Terberat, (ton)	>10	10	8			Tidak ditentukan			
Tipe Medan	D	B	G	D	B	G	D	B	G
Kemiringan Medan, (%)	< 3	3-25	>25	< 3	3-25	>25	< 3	3-25	>25

Sumber : TPGJAK No 038/TBM/1997

2.2.2. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klarifikasi jalan menurut kelas jalan terdiri dari beberapa bagian yaitu :

- 1) Klarifikasi berdasarkan kelas jalan berhubungan dengan kesanggupan jalan dalam menerima beban lalu-lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
- 2) Klarifikasi berdasarkan kelas jalan dan ketentuannya serta hubungannya dengan klarifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.2 (Pasal 11,PP.No.43/1993).

Klarifikasi jalan menurut pada fungsi dapat ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2. 2 Klarifikasi Menurut Kelas Jalan

No	Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan (Maksimum)			MST, ton
			Lebar, mm	Panjang, mm	Tinggi,mm(PP No. 44-1993, Pasal 115)	
1	I	Arteri	2.500	18.000	4.200 mm dari $\leq 1,7 \times$ Lebar	> 10,0
2	II	Arteri	2.500	18.000		$\leq 10,0$
3	IIIA	Arteri atau kolektor	2.500	18.000	Kendaraan	$\leq 8,0$
4	IIIB	Kolektor	2.500	12.000		$\leq 8,0$
5	IIIC	Local	2.100	9.000		$\leq 8,0$

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)

2.2.3. Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Klarifikasi jalan menurut medan jalan yaitu :

- 1) Medan jalan diklarifikasikan menurut kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
- 2) Klarifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik.
- 3) Keseragaman kondisi medan yang diprediksi harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan menbiarkan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

Untuk menentukan klarifikasi menurut medan jalan berdasarkan perencanaan geometriaknya, maka dapat dilihat pada Tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3. Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 – 25
3	Pegunungan	G	> 25

Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)

2.3. Light Weight Deflectometre Pusjatan

Light Weight Deflectometre (LWD) dikembangkan pertama kali di Jerman. Light Weight Deflectometre memakai load cell dan geophone dengan ketelitian yang sama dengan Falling Weight Deflectometre (FWD). Dalam penggunaannya alat LWD ini merupakan salah satu pengetesan non-destructive, dimana tidaklah merusak objek yang akan digunakan . LWD dapat dioperasikan untuk menguji aspal tipis, material daur ulang yang terikat dengan aspal berbasa dan langsung menguji *subbase* dan *subgrade* yang tidak terikat, output dari LWD dapat digunakan untuk menghitung kekuatan dari beberapa lapisan perkerasan. Deflectometre ringan memenuhi ASTM 2583, standar IAN73 (Inggris), standar Denmark dan standar Italia dalam menentukan modulus dan pemadatan material. LWD sangat portabel dibandingkan dengan FWD. Saat sekarang mulai banyak dipakai diberbagai negara untuk mengukur

kekuatan struktural lapisan granular (dalam parameter Modulus Elastisitas). Selain itu, juga digunakan untuk menentukan keseragaman pemdatan dalam proyek pembangunan jalan. Didasarkan atas perhitungan-perhitungan seismik dan rumus Boussinesq. Penjelasan tentang peralatan LWD sebagai berikut :

2.3.1. Manfaat LWD

Kegunaan Light Weight Deflectometre dalam perkerasan jalan adalah :

- a) Mengukur kekuatan struktural lapisan granular (dalam parameter modulus elastisitas)
- b) Untuk menentukan keseragaman dalam pembangunan proyek pembangunan jalan.

2.3.2. Komponen

Komponen-komponen yang tercakup pada gambar 2.2 dan dalam alat tersebut berserta fungsinya :



Gambar 2.1. Peralatan Light Weight Deflectometre (LWD)



Gambar 2.2. Data Logger



Gambar 2.3. Geophone

- a) Plat pembebanan : memiliki bentuk lingkaran yang diameter 300 mm terbuat dari bahan logam besi dilapis crome dengan lubang di tengahnya. Diameter lubang 34 ± 5 mm, sedangkan tebal pelat (15 ± 5) mm.
- b) Karet buffer : untuk menalirkan beban impak ke pelat pembebanan dalam rentang waktu (16 s.d 30) mili detik.
- c) Beban jatuhan : memilik berat $15 \pm 0,5$ kg terbuat dari logam besi berlapis crome yang dapat diangkat pada ketinggian tertentu dan ketika dijatuhkan akan memberikan beban impak pada pelat pembebanan.

- d) Tongkat pembebanan : untuk menahan tuang pemandu LWD dan untuk membatasi gerakan vertikal dari beban yang jatuh.
- e) Data akuisisi dan processor : perangkat elektronik yang merubah data gelombang menjadi data lendutan dan kemudian menghitung modulus elastisitas dari lapisan perkerasan yang diuji.
- f) Geophone : Sensor vibrasi yang menangkap gelombang yang ditimbulkan oleh beban jatuhan. Dengan melakukan perhitungan tertentu bisa ditentukan kecepatan lendutan dari lapisan yang dibebani.
- g) Laptop : Laptop diperlukan untuk menghitung data gelombang dan diproses menjadi lendutan. Program yang diaplikasikan memberikan kebebasan kepada operator dalam memberikan data masukan berupa besaran temperatur, lokasi, dan tipe perkerasan yang diuji.

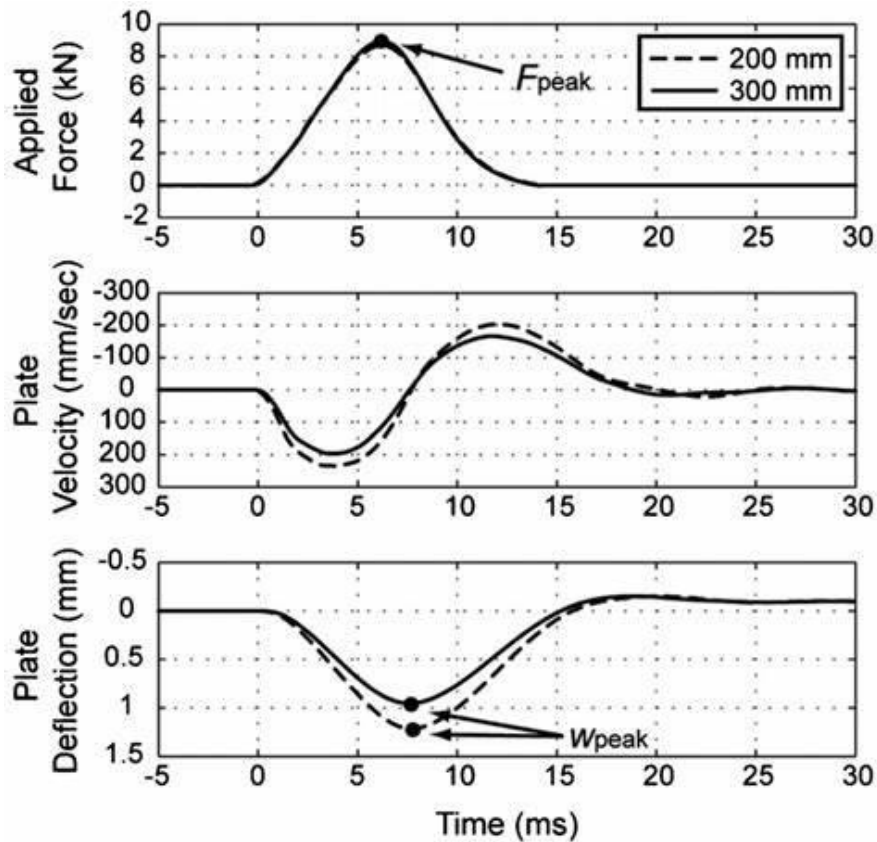
Alat LWD Pusjatan terdiri dari beberapa komponen yang terbuat dari bahan dan mempunyai bentuk, dimensi, tipe aau kapasitas sebagai berikut :

- 1) Berat total alat : 34-45 kg
- 2) Tinggi total alat : ± 1500 mm
- 3) Batang/Tiang
 - a. Dimensi : $d = 30 \pm 3$ mm, $h = 1190 \pm 25$ mm
 - b. Material fisik : Logam *stainless steel*
 - c. Level tinggi jatuh : 1100; 900; 800; 600; 300 m
- 4) Beban Jatuhan
 - a. Dimensi : Berat = $15 \pm 0,5$ kg , $d = 140 \pm 5$ mm, $h = 120 \pm 5$ mm
 - b. Kapasitas pembebanan : maksimum 2400 kg
 - c. Material fisik : Logam Besi Lapis *Crome*
- 5) Karet Buffer
 - a. Dimensi : $d = 220 \pm 10$ mm, $t = 15 \pm 5$ mm
 - b. *Grade* kekuatan karet buffer : 70 hardness
- 6) Pelat atas
 - a. Dimensi : $d = 220 \pm 10$ mm, $t = 15 \pm 5$ mm

- b. Material fisik : Logam Besi Lapis *Crome*
- 7) Tabung
- a. Dimensi : $dL = 165 \pm 0,5$ mm, $dD = 155 \pm 0,5$ mm, $h = 200 \pm 15$ mm
 - b. Material fisik : Logam Besi Lapis *Crome*
- 8) Pelat Pembebanan
- a. Dimensi : $d = 300 \pm 5$ mm, $t = 15 \pm$ mm
 - b. Material fisik : Logam Besi Lapis *Crome*
- 9) *Geophone*
- a. 4,5 5 Hz
 - b. Sensitivity = $28 \pm 0,5$ V/m/s
 - c. Kapasitas = 0 – 1500 mikron
 - d. Jumlah 3 buah
- 10) *Processor* : 3 channel

2.3.3. Pengoperasian *Light Weight Deflectometre*

Alat *Light Weight Deflectometre* merupakan perangkat portabel untuk pengujian berulang yang dapat dioperasikan oleh satu orang. Realatif bobot LWD yang kecil dibandingkan dengan FWD lebih dapat diterapkan untuk pengujian tidak terikat lapisan perkerasan. Selama pengoperasian berlangsung diperlukan permukaan yang rata agar alat berfungsi dengan baik dan pengetesan di tiga titik dilakukan untuk memastikan kontak dekat. Defleksi harus sesuai dengan setiap pukulan dan modulus dinamis yang dihitung dengan system akuisisi data. Wawasan penting tentang sifat tanah dapat diperoleh dengan output tipikal dari system akuisisi LWD, yang menunjukkan data riwayat waktu yang dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut :



Gambar 2. 4 Data sejarah waktu khas dari tes lwd (mooney & miller,2009)

Namun LWD tidak ideal untuk perkerasan yang lebih tebal karena tekanan kontak yang rendah dan kedalaman pengaruh yang terbatas pada lapisan perkerasan. Juga, tidak dapat mengelompokkan suhu perkerasan pada perkerasan aspal yang tipis dan tebal, sehingga diperlukan sarana pencacatan suhu lebih lanjut.

Data yang dihasilkan saat pengujian LWD :

Nama Ruas	Operator	STA /Titik	Beban (Kg)	LENDUTAN (MIKRON)			$E_v D_0$ (Mpa)	$E_v D_1$ (Mpa)	$E_v D_2$ (Mpa)	Temp (°C)	$XG_0 G_1$ (mm)	$XG_0 G_2$ (mm)	Tipe Perk	Tanggal: 02/02/2021
				D_0	D_1	D_2								
				Track Alusan	Nandang	3.1								2376

Keterangan :

D_0 : lendutan pada pusat pembebanan, mikrometer.

D1, D2 : lendutan pada geophone luar, mikrometer.

EvD0 : modulus permukaan pada pusat pembebanan, MPa.

EvD1 : modulus permukaan pada jarak XG0G1, MPa.

EvD2 : modulus permukaan pada jarak XG0G2, MPa.

XG0G1 : jarak antara pusat pembebanan dengan geophone 1, mm

XG0G2 : jarak antara pusat pembebanan dengan geophone 2, mm

T.perk : temperatur perkerasan (apabila pengujian dilakukan pada lapisan beraspal), 0C.

Tanggal : tanggal pengujian.

Waktu : waktu pengujian.

2.3.4. Type-type Light Wight Deflectometer

Ada 3 type dari LWD ini, yaitu :

1. Dynatest



Gambar 2. 5 Peralatan Light Weight Deflectometre (LWD) tipe Dynatest

2. Humboldt



Gambar 2. 6 Peralatan Light Weight Deflectometre (LWD) tipe Humboldt

3. Pusjatan



Gambar 2. 7 Peralatan *Light Weight Deflectometre* (LWD) PUSJATAN , BINA
MARGA INDONESIA

2.4. Acuan

Desain struktur perkerasan mengacu pada Metode AASHTO 1993. Panduan desain untuk struktur perkerasan menetapkan metode analisis perkerasan berdasarkan hasil pengujian FWD. Metode ini banyak digunakan untuk menghitung modulus ketahanan subgrade (M_r) dan nomor struktur efektif. Metode bekerja berdasarkan teori lapisan elastis menggunakan nilai modulus *resilient* (m_r). Modulus *resilient* kemudian digunakan sebagai parameter masukan setelahnya untuk menghitung jumlah struktur efektif (kapasitas struktur perkerasan) dan lapis koefisien. M_r dihitung menggunakan persamaan 2.1 :

$$M_r : \frac{0,24 \times P}{d_r \times r} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- M_r : Modulus Ketahanan Tanah Dasar (psi)
- P : Beban yang diterapkan/beban uji (lbs/pounds)
- d_r : Lendutan pada jarak r dari pusat beban (inch)
- r : jarak dari pusat beban (inch)

AASHTO (1993) juga menyajikan persamaan 2.2 untuk memprediksi modulus semua lapisan di atas tanah dasar yang disebut modulus efektif struktur perkerasan (E_p). Hal ini ditentukan dalam perhitungan modulus ketahanan (m_r) dan ketebalan total lapisan tanah dasar.

$$d_0 = 1.5 p a \left\{ \frac{1}{M_r \sqrt{1 + \left(\frac{D^3}{a} \sqrt{\frac{E_p}{M_r}}\right)^2}} + \frac{\left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a}\right)^2}} \right]}{E_p} \right\} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

d_o = defleksi terukur pada pusat beban, disesuaikan dengan suhu 20°C (inch)

p = tegangan pada pelat beban (psi)

D = ketebalan total perkerasan lama (inch)

a = jari-jari pelat beban (inch)

E_p = Modulus efektif semua lapisan perkerasan di atas tanah dasar (psi)

$M_{rdesign}$ = Modulus kelenturan tanah dasar yang dihitung kembali (psi)

Setelah E_p dihitung persamaan digunakan untuk memverifikasi bahwa sesuai kriteria parameter jarak radial (R) telah terpenuhi. Apalagi struktural nomor efektif yang mewakili kekuatan struktural perkerasan keseluruhan menopang muatan lalu lintas. *Number structural effective* (S_{Neff}) untuk seluruh sistem perkerasan dapat dihitung berdasarkan tebal total sistem perkerasan dan dihitung efektifnya.

$$S_{N_{eff}} = 0.0045 D \sqrt[3]{E_p} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

$S_{N_{eff}}$ = jumlah struktural efektif perkerasan di tempat

D = kedalaman perkerasan total diatas tanah dasar (inch)

E_p = Modulus efektif semua lapisan perkerasan diatas tanah dasar (psi)

Selanjutnya dilakukan perhitungan umur sisa perkerasan lentur dengan persamaan 2.4 dibawah ini :

$$\text{Log}_{10}W_{18} = Z_r S_o + 9,36 \text{LOG}(S_{Nf} + 1) - \frac{\log[\Delta\text{psi}/(4-1,5)]}{0,4 + \frac{1094}{(S_{Nf}+1)^{5,19}}} + 2,32 \log M_r - 8,07$$

Wt = gandar standar komulatif

Zr = deviasi normal

So = standar deviasi

Po = *initial serviceability*

Pt = *terminal serviceability*

Pf = *failure serviceability*

Mr = Modulus ketahanan

SN = nomor struktural

Persamaan 2.4 terlihat AASHTO mempertimbangkan faktor kendala (*Realibilitas*, R), yaitu peluang dari kemungkinan tingkat pelayanan dapat diperlihatkan selama umur rencana, dimana besarnya tergantung fungsi jalan, seperti dalam tabel 2.4 :

Tabel 2.4. Hubungan Realibitas dan Fungsi Jalan

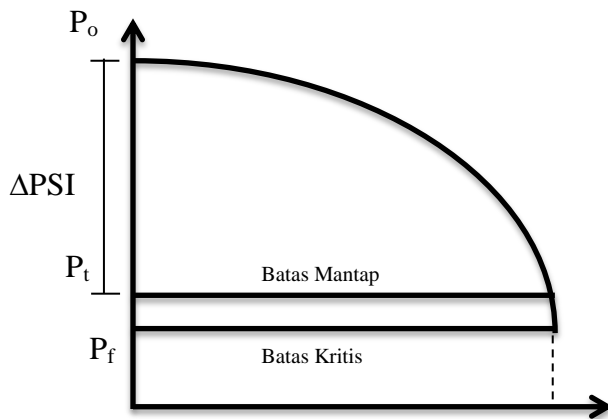
Fungsi Jalan	Realibilitas (R)	
	Daerah Urban	Daerah Rural
Jalan Tol	85 – 99,9	80- 99,9
Jalan Arteri	80 – 99	75 - 95
Jalan Kolektor	80 – 95	75 – 95
Jalan Lokal	80 - 80	50 – 80

Sumber : AASTHO (1993)

Faktor Realibilitas ditentukan oleh deviasi standar (S_o) dan tingkat peluan (*Normal Deviate* , Zr) yang diinginkan. Hubungan antara realibility dan *standart normal deviate* dapat dilihat pada tabel 4.6.

Deviasi standar (S_o) dari prediksi pelayanan lalu-lintas (*traffic performances prediction*) berkisar antara 0,40 – 0,50, sesuai kualitas konstruksi jalan.

AASHTO Juga meninjau ukuran *road roughness*, *rutting cracking* dan *patching* yang disebut *present serviceability index* (PSI) yang ada awal umu rencana disebut *initial present serviceability index* (P_o) dan pada akhir umur rencana disebut terminal serviceability index (P_t). Untuk permukaan jalan beton aspal (asphalt concrete) nilai $P_o \geq 4$, untuk jalan arteri dengan $W_t = 500.000 - 2.000.000$, nilai $P_t = 2,0 - 2,50$ dan untuk jalan yang mulai hancur *failure serviceability index* P_f minimum 1,50. *Serviceability loss*, $\Delta PSI = P_o - P_t$ antara 2,0 – 3,0.



Dalam perhitungan diatas akan didapatkan nomor struktural mendatang yang dimana nantinya dapat merencanakan tebal lapis tambah dengan mencari koefisien kekuatan, dan nilai r harus $\geq 0.7 a_e$, rumus koefisien kekuatan dirumuskan kedalam persamaan dibawah ini :

$$a_e = \sqrt{\left[a^2 + \left(D^3 \sqrt{\frac{E_p}{Mrd}} \right)^2 \right]} \dots\dots\dots \text{persamaan 2.5}$$

Setelah didapatkan nilai $r \geq 0.7 a_e$, maka akan didapatkan tebal lapis tambah (overlay) dari persamaan 2.6 berikut :

$$d_{ol} = \frac{(SNf - SNeff)}{a_o}$$

2.5. Jenis-jenis Kerusakan Perkerasan Jalan

Indeks kondisi Perkerasan atau PCI (*Pavement Condition Index*) adalah tingkat dari kondisi permukaan perkerasan dan ukurannya yang ditinjau dari fungsi daya guna yang mengacu pada kondisi dan kerusakan di permukaan perkerasan yang terjadi (Hardiyatmo, 2005). Menurut Hardiyatmo (2005) jenis-jenis kerusakan perkerasan lentur (aspal), umumnya dapat diklatifikasikan sebagai berikut :

- a) Deformasi berupa bergelombang, alur, amblas, sungkur, mengembang, benjol dan turun.
- b) Retakan seperti retak memanjang, retak melintang, retak diagonal, retak reflektif, retak blok, retak kulit buaya, dan retak bulan sabit.
- c) Kerusakan tekstur permukaan berupa kegemukan, pelepasan butiran, pengausan, pengelupasan dan *stripping*.
- d) Kerusakan lubang, tambalan dan persilangan rel
- e) Kerusakam di pinggir perkerasan berupa retak pinggir dan penurunan bahu jalan.

Beberapa jenis kerusakan yang terjadi pada perkerasan jalan akibat beberapa factor kerusakan berdasarkan Manual Pemeliharaan Jalan Direktorat Jendral Bina Marga No. 03/MN/B/1983, kerusakan jalan dapat dibedakan kedalam 19 (Sembilan belas) jenis keruskan. Adapun dari ke-19 (Sembilan belas) kerusakan perkerasan tersebut yaitu sebagai berikut :

1) Retak Kulit Buaya (*Alligator Cracking*)

Retak yang memiliki celah keretakan ≥ 3 mm. Retak ini dikarenakan kelelahan akibat adanya beban lalu-lintas yang berulang-ulang. Gambar kerusakan retak kulit buaya dapat diamati pada gambar 2.8 dibawah :



Gambar 2.8. Kerusakan retak kulit buaya

Penyebab dari kerusakan retak rulut buaya (*alligator cracking*) antara lain :

- a. Kurang baiknya kualitas material atau bahan dari perkerasan yang menyebabkan perkerasan menjadi lemah atau lapis beraspal yang rapuh (*brittle*).
- b. Pelapukan aspal.
- c. Pemakaian aspal yang kurang.
- d. Tingginya air tanah pada badan perkerasan jalan.
- e. Lapisan pondasi bawah yang kurang stabil.

Pada penilaian metode PCI didapat pengidentifikasian kerusakan retak kulit buaya dalam menentukan level atau tingkatan kerusakan, tingkatan kerusakan yang indentifikasi pada retak kulit buaya dapat dilihat pada tabel 2.5S dibawah :

Tabel 2.5. Indentifikasi pada Retak Kulit Buaya

Level	Identifikasi Kerusakan Retak Kulit Buaya
Rendah	Halus, retak halus yang membentuk garis tipis sejajar satu sama lain, dengan atau tanpa kontak sesama. Retakan tidak mengalami gompal
Sedang	Retak kulit buaya ringan terus berkembang menjadi pola atau jaringan retakan, disusul gompal ringan.
Tinggi	Jaringan dan pola retak semakin meluas, sehingga memudahkan

	mengetahui pecahan-pecahan yang terjadi, dan terjadi gompal pada bagian tepinya. Beberapa pecahan mengalami <i>rocking</i> akibat lalu-lintas
--	---

2) Kegemukan (*Bleeding*)

Kerusakan dapat dilihat dari lapisan tipis aspal (tanpa agregat) pada permukaan perkerasan dan jika pada kondisi temperatur permukaan perkerasan yang tinggi (terik matahari) atau pada lalu lintas yang berat, akan terlihat jejak bekas batik bunga ban kendaraan yang melewatinya. Hal ini akan membahayakan keselamatan lalu lintas yang mengakibatkan jalan menjadi licin. Kegemukan pada kerusakan jalan dapat diamati pada gambar 2.9 dibawah :



Gambar 2.9. Kerusakan kegemukan

Penyebab kerusakan kegemukan (*bleeding*) yaitu:

- Pengaplikasian aspal yang kurang rata atau berlebihan.
- Tidak memakai binder (aspal) yang sesuai.
- Keluarnya aspal dari lapisan bawah yang mengalami kelebihan aspal.

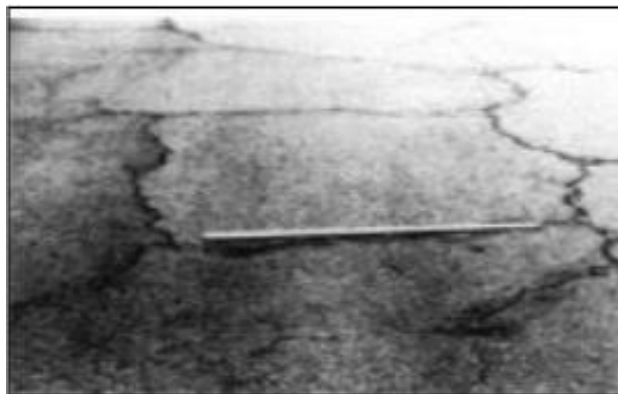
Pada penilaian metode PCI dapat diidentifikasi kegemukan dalam menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi, tingkat kerusakan menurut indentifikasi pada kegemukan (*bleeding*) dapat dilihat pada tabel 2.6 :

Tabel 2.6. Identifikasi pada Kegemukan (*Bleeding*)

Level	Identifikasi Kegemukan
Rendah	Kegemukan akan terjadi hanya disuhu rendah, dan hanya muncul beberapa hari dalam setahun. Aspal tidak menempel pada roda kendaraan
Sedang	Kegemukan mulai menyebabkan aspal menempel pada roda kendaraan dalam beberapa minggu dalam setahun.
Tinggi	Kegemukan mulai terlihat dan banyak aspal melekat pada roda kendaraan, setidaknya selama lebih dari beberapa minggu dalam setahun

3) Retak Kotak-kotak (*Block Cracking*)

Kerusakan ini berbentuk blok atau petak pada perkerasan jalan. Retak ini terjadi umumnya pada lapisan tambahan (*overlay*), yang menggambarkan pola retakan perkerasan di bawahnya. Ukuran blok biasanya lebih dari 200 mm × 200 mm.



Gambar 2.10 Retak Kotak-kotak

Penyebab dari retak kotak-kotak (*block cracking*) antara lain :

- a. Perambatan retak susut yang terjadi pada lapisan perkerasan di bawahnya
- b. Retak pada lapis perkerasan yang lama tidak diperbaiki secara benar sebelum pekerjaan lapisan tambahan (*overlay*) dilakukan.
- c. Perbedaan penurunan dari timbunan atau pemotongan badan jalan dengan struktur perkerasan.
- d. Perubahan volume pada lapis pondasi dan tanah dasar.
- e. Adanya akar pohon atau utilitas lainnya di bawah lapis perkerasan.

Pada penilaian metode PCI didapat pengidentifikasian retak kotak-kotak untuk menentukan level atau tingkatan kerusakan yang terjadi, tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi pada retak kotak-kotak (*block cracking*) dapat diamati pada Tabel 2.7 :

Tabel 2.7. Identifikasi pada Retak Kotak-kotak (*Block Cracking*)

Level	Identifikasi Kerusakan
Rendah	Retakan rambut seperti kotak-kotak besar
Sedang	Retakan yang lebih besar dari retak rambut
Tinggi	Retakan seperti bagian-bagian kotak yang memiliki celah besar

4) Cekungan (*Bumps and Sags*)

Bengkak kecil yang menonjol keatas, pemindahan pada lapisan perkerasan itu dikarenakan perkerasan yang tidak stabil.



Gambar 2.11. Rusak Cekungan

Penyebab kerusakan cekungan (*bumps and sags*) antara lain :

- a. Bengkak atau tonjolan yang dibawah PCC slab pada lapisan *Asphalt Course*.
- b. Lapisan aspal bergelombang (membentuk lapisan lensa cembung).
- c. Perkerasan yang membengkak keatas pada material disertai retakan yang ditambah dengan beban lalu-lintas (tenda).

Longsor kecil dan retak kebawah atau pemindahan pada lapisan perkerasan mebuat cekungan. Longsor itupun terjadi pada area yang lebih luas dengan banyaknya cekungan dan cembungan pada permukaan perkerasan biasa disebut gelombang. Pada penilaian metode PCI terdapat identifikasi cekungan (untuk melihat level atau tingkatan kerusakan yang terjadi, tingkat kerusakan didasarkan indentifikasi pada cekungan (*bumps and sags*) dapat dilihat pada Tabel 2.8 :

Tabel 2.8. Indentifikasi pada Cekungan (*bumps and sags*)

Level	Identifikasi Kerusakan
Rendah	Cekungan dengan lembah yang kecil
Sedang	Pengembangan dari kerusaan level rendah yang disertai dengan retak
Tinggi	Cekungan dengan lembah yang agak dalam ditambah dengan retakan dan celah yang agak lebar

5) Keriting (*Corrugation*)

Nama lain dari dari kerusakan ini yaitu, *ripples*. Fisik kerusakan ini seperti gelombang pada lapisan permukaan, atau dapat dikatakan alur yang arahnya melintang jalan, dan sering disebut juga dengan *Plastic Movement*. Kerusakan ini umumnya terjadi pada tempat berhentinya kendaraan, akibat pengereman kendaraan.



Gambar 2. 12 Kerusakan Keriting

Kerusakan ini dapat terjadi juga dapat disebabkan faktor-faktor antara lain :

- a. Kemantapan lapis permukaan yang rendah.
- b. Material atau agregat yang digunakan tidak tepat, seperti digunakannya agregat yang berbentuk bulat licin.
- c. Banyaknya penggunaan agregat halus.
- d. Lapis pondasi yang memang sudah bergelombang.
- e. Lalu-lintas dibuka sebelum perkerasan mantap (penggunaanya memakai aspal cair).

Tingkatan kerusakan menurut indentifikasi keriting dapat dilihat pada Tabel 2.9 :

Tabel 2.9. Identifikasi Kerusakan keriting

Level	Identifikasi Kerusakan keriting
Rendah	Lembah dan bukit gelombang yang kecil
Sedang	Gelombang yang lembah gelombangnya agak dalam
Tinggi	Cekungan dengan lembah yang agak dalam diikuti dengan retakan dan celah yang agak lebar

6) Amblas (*Depression*)

Fisik kerusakan yang terjadi berupa amblas atau turunnya permukaan lapisan permukaan perkerasan pada lokasi-lokasi tertentu (setempat) dengan atau tanpa retak. Kedalaman kerusakan ini umumnya lebih dari 2 cm dan akan menampung atau meresapkan air.



Gambar 2.13. Kerusakan Amblas

Faktor penyebab terjadinya amblas (*depression*) yaitu :

- Kelebihan pada beban kendaraan, yang menyebabkan tidak mempunya kekuatan struktur bagian bawah perkerasan jalan itu sendiri.
- Penurunan bagian perkerasan dikarenakan oleh turunnya tanah dasar.
- Pemadatan pada tanah yang kurang baik.

Tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi ambblas dapat dilihat pada Tabel 2.10 :

Tabel 2.10. Identifikasi Kerusakan Ambblas

Level	Identifikasi Kerusakan Ambblas
Rendah	Kedalaman maksimum ambblas ½ - 1 in. (13-25 mm)
Sedang	Kedalaman maksimum ambblas 1-2 in. (25-51mm)
Tinggi	Kedalaman ambblas >2in (51 mm)

7) Retak Pinggir (*Edge Cracking*)

Retakan yang sejajar dengan jalur lalu lintas yang berukuran 1 sampai 2 kaki (0,3 – 0,6 m) dari pinggir perkerasan. Ini biasa disebabkan oleh beban lalu lintas atau cuaca yang memperlemah pondasi atas maupun pondasi bawah yang dekat dengan pinggir perkerasan. Diantara area retak pinggir perkerasan juga disebabkan oleh tingkat kualitas tanah yang lunak dan kadang-kadang pondasi yang bergeser.



Gambar 2.14. Kerusakan Retak Pinggir

Tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi retak pinggir (*edge cracking*) dapat dilihat pada Tabel 2.11 :

Tabel 2.11. Identifikasi Kerusakan Retak Pinggir

Level	Identifikasi Kerusakan Retak Pinggir
Rendah	Retak sedikit sampai dengan sedang tanpa pecahan atau butiran yang lepas.
Sedang	Retak sedang disertai pecahan dan butiran lepas.
Tinggi	Banyaknya pecahan atau butiran lepas di sepanjang tepi perkerasan

8) Retak Sambung (*Joint Reflection Cracking*)

Kerusakan ini umumnya terjadi pada perkerasan aspal yang telah dihamparkan di atas perkerasan beton semen portland. Retak terjadi pada lapis tambahan (overlay) aspal yang mencerminkan pola retak dalam perkerasan beton lama yang berbeda di bawahnya. Pola retak dapat kearah memanjang, melintang, diagonal atau membentuk blok.



Gambar 2.15. Kerusakan Retak Sambung

Tingkatan kerusakan didasarkan pengidentifikasi retak sambung (*joint reflection cracking*) dapat dilihat pada Tabel 2.12 :

Tabel 2.12. Identifikasi Kerusakan Retak Sambung

Level	Identifikasi Kerusakan Retak Sambung
Rendah	Satu dari kondisi berikut yang terjadi <ol style="list-style-type: none"> 1. Reatak tak terisi, lebar < 3/8 in. (10 mm) 2. Retak terisi sembarang lebar (pengisi kondisi bagus)
Sedang	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : <ol style="list-style-type: none"> 1. Retak tidak terisi, lebar 3/8 -3 in (10-76 mm) 2. Retak tidak terisi, sembarang lebar sampai 3 in. (76 mm) dikelilingi retak acak ringan 3. Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan
Tinggi	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : <ol style="list-style-type: none"> 1. Sembarang retak terisi atau tak terisi dikelilingi oleh retak acak, kerusakan sedang atau tinggi 2. Retak tidak terisi lih dari 3 in. (76 mm) 3. Retak sembaran lebar, dengan beberapa inchi di sekiitar retakan, pecah (retak berat menjadi pecahan)

9) Jatuhnya Bahu Jalan (*Lane/Shoulder Drop Off*)

Bentuk kerusakan ini terjadi akibat terdapatnya beda ketinggian antara permukaan perkerasan dengan permukaan bahu atau tanah sekitarnya, dimana permukaan bahu lebih rendah terhadap permukaan perkerasan.



Gambar 2.16. Kerusakan Pinggiran Jalan Vertikal

Kerusakan ini dapat diterjadi oleh beberapa faktor yaitu :

- a. Lebar perkerasan yang kurang.
- b. Material bahu yang mengalami erosi atau penggerusan.
- c. Dilakukan pelapisan lapisan perkerasan, namun tidak dilaksanakan pembentukan bahu.

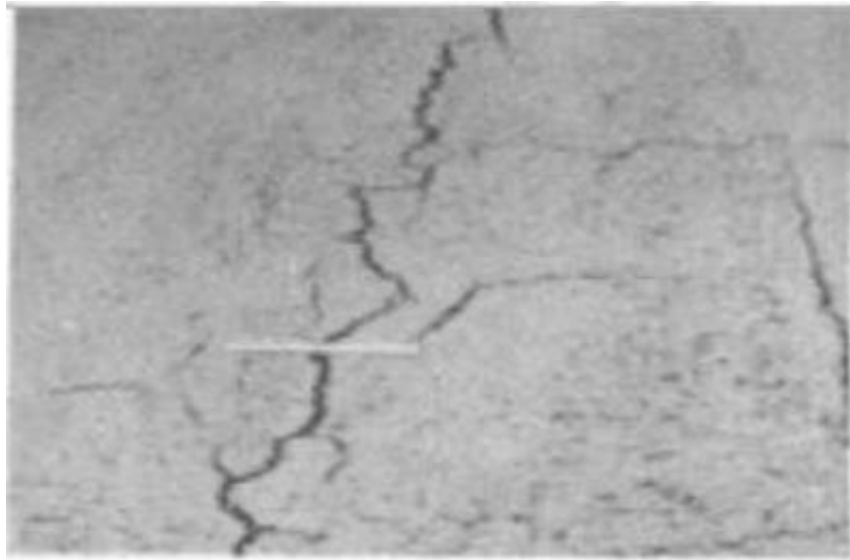
Tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi pinggiran jalan turun vertikal (*lane/shoulder drop off*) dapat dilihat pada tabel 2.13 :

Tabel 2.13. Identifikasi Kerusakan Pinggiran Jalan Turun Vertikal

Level	Identifikasi Kerusakan Pinggiran Jalan Turun Vertikal
Rendah	Beda elevasi antara pinggir perkerasan dan bahu jalan 1-2 in. (25 -51 mm)
Sedang	Beda elevasi > 2-4 in. (51 – 102 mm).
Tinggi	Beda elevasi > 4 in. (102 mm)

10) Retak Memanjang/Melintang (*Longitudinal/Transverse Cracking*)

Jenis kerusakan ini terdiri dari macam kerusakan sesuai dengan namanya yaitu, retak memanjang dan melintang pada perkerasan. Retak ini terjadi berjajar yang terdiri dari beberapa celah.



Gambar 2.17. Retak memanjang/melintang

Faktor kerusakan retak memanjang/melintang (*longitudinal/transverse cracking*) antara lain :

- a. Perambatan dari retak penyusutan lapisan perkerasan di bawahnya.
- b. Lemahnya sambungan perkerasan.
- c. Bahan pada pinggir perkerasan kurang baik atau terjadi perubahan volume akibat pemuaian lempung pada tanah dasar.
- d. Sokongan atau material bahu samping kurang baik.

Tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi retak memanjang/melintang (*longitudinal/transverse cracking*) dapat dilihat pada tabel 2.14 :

Tabel 2.14. Identifikasi Kerusakan Sokongan

Level	Identifikasi Kerusakan Sokongan
Rendah	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : <ol style="list-style-type: none"> 1. Retak tidak terisi, lebar 3/8 in. (10 mm), atau 2. Retak terisi sembarang lebar (pengisi kondisi bagus)
Sedang	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : <ol style="list-style-type: none"> 1. Retak tidak terisi, lebar 3/8 – 3 in (10-76 mm) 2. Retak tidak terisi, sembarang lebar sampai 3 in. (76 mm) dikelilingi retak acak ringan
Tinggi	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : <ol style="list-style-type: none"> 1. Sembarang retak terisi atau tidak terisi dikelilingi oleh retak acak, kerusakan sedang sampai tinggi 2. Retak tidak terisi > 3 in. (76 mm) 3. Retak sembarang lebar, dengan beberapa inchi di sekitar retakan pecah

11) Tambahan (*Patching and Utility Cut Patching*)

Tambalan adalah pertimbangan kerusakan diganti dengan bahan yang baru dan lebih bagus untuk perbaikan dari perkerasan sebelumnya. Tambalan diaplikasikan diseluruh atau beberapa keadaan yang rusak pada badan jalan tersebut.



Gambar 2.18. Identifikasi Kerusakan Sokongan

Faktor kerusakan ini antara lain yaitu :

- a. Perbaiki akibat dari kerusakan permukaan perkerasan.
- b. Penggalian pemasangan saluran atau pipa.

Tingkat kerusakan didasarkan pada indentifikasi tambalan (*patching and utility cut patching*) dapat dilihat pada Table 2.15 :

Tabel 2.15. Identifikasi Kerusakan Tambalan

Level	Identifikasi Kerusakan Tambalan
Rendah	Tambalan dalam kondisi baik dan memuaskan. Kenyamanan kendaraan dinilai terganggu sedikit atau lebih baik.
Sedang	Tambalan sedikit rusak dan atau kenyamanan kendaraan agak terganggu.
Tinggi	Tambalan sangat rusak dan atau kenyamanan kendaraan sangat terganggu.

12) Pengausan Agregat (*Polished Aggregate*)

Kerusakan ini disebabkan oleh penerapan lalu-lintas yang berulang-ulang yang mana agregat di perkerasan menjadi licin dan perekatan dengan permukaan roda pada

tekstur perkerasan yang mendistribusikannya tidak sempurna. Pada pengurangan kecepatan roda atau gaya pengereman, jumlah pelepasan butiran dimana pemeriksaan masih menyatakan agregat itu dapat dipertahankan kekuatan dibawah aspal, permukaan agregat yang licin. Kerusakan ini dapat diindikasikan dimana pada nomor skid resistance test adalah rendah.



Gambar 2.19. Kerusakan Pengausan Agregat

Faktor dari pengausan agregat (*polished aggregate*) antara lain:

- a. Agregat tidak tahan aus terhadap roda kendaraan.
- b. Bentuk agregat yang digunakan memang sudah bulat dan licin.

Tingkatan kerusakan didasarkan pada indentifikasi pengausan agregat (*polished aggregate*) dapat dilihat pada Tabel 2.16 :

Tabel 2.16. Identifikasi Kerusakan Pengausan Agregat

Level	Identifikasi Kerusakan Pengausan Agregat
L	Agregat masih melihatkan kekuatan
M	Agergat hanya mempunyai sedikit kekuatan
H	Pengausan tanpa memperlihatkan kekuatan

13) Lubang (*Potholes*)

Fisik kerusakan ini seperti mangkok yang dapat menerima dan meresapkan air pada badan jalan.



Gambar 2.20. Kerusakan Lubang

Faktor kerusakan lubang (*potholes*) antara lain :

- a. Kadar aspal yang rendah.
- b. Pelapukan pada aspal.
- c. Penggunaan agregat kotor atau tidak baik
- d. Suhu campuran tidak memenuhi persyaratan.
- e. Jeleknya sitem drainase.
- f. Merupakan kelanjutan daari kerusakan lain seperti retak dan pelepasan butir.

Tingkat kerusakan didasarkan pada indentifikasi lubang (*potholes*) dapat dilihat pada Tabel 2.17 :

Tabel 2.17. Indentifikasi Lubang (*potholes*)

Kedalaman maksimum	Diameter rata-rata lubang		
	4-8 in. 5 (102-203 mm)	8-18 in. (203-457 mm)	18-30 in. (457-762 mm)
½ - 1 in.	Rendah	Rendah	Sedang

(12,7 – 25,4 mm)			
>1 – 2 in (25,4 – 50,8 mm)	Rendah	Sedang	Tinggi
2 in. ,8 mm)	Sedang	Sedang	Tinggi
Rendah : Belum perlu diperbaiki; penambalan parsial atau pada seluruh kedalaman. Sedang : Penambalan parsia atau pada seluruh kedalaman. Tinggi : Penambahan diseluruh kedalaman.			

14) Rusak Perpotongan Rel (*Railroad Crossing*)

Jalan rel atau persilangan rel dan jalan raya, kerusakan pada perpotongan rel adalah penurunan atau benjol dikeliling atau diantara rel yang terjadi karna perbedaan karakteristik bahan. Tidak bisanya menyatu antara rel dengan lapisan perkerasan dan juga bisa disebabkan oleh lalu lintas yang melintasi antara rel dan perkerasan.



Gambar 2.21. Kerusakan Rusak Perpotongan Rel

Faktor kerusakan perpotongan rel (*railroad crossing*) antara lain :

- a. Turunnya perkerasan, yang menyebabkan timbul beda elevasi antara permukaan perkerasan dengan permukaan rel.
- b. Pekerjaan konstruksi atau pemasangan rel yang kurang baik.

Tingkatan kerusakan didasarkan pada indentifikasi rusak perpotongan rel (*railroad crossing*) dapat dilihat pada Tabel 2.18 :

Tabel 2.18. Identifikasi Kerusakan Perpotongan Rel

Level	Identifikasi Kerusakan Perpotongan Rel
Rendah	Kedalaman 0,25 inch – 0,5 inch (6 mm – 13 mm)
Sedang	Kedalaman 0,5 inch – 1 inch (13 mm – 25 mm)
Tinggi	Kedalaman >1 inch (>25 mm)

15) Alur (*Rutting*)

Penyebutan untuk jenis kerusakan ini adalah longitudinal ruts, atau *channel/rutting*. Fisik dari kerusakan ini terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan dan berbentuk alur.



Gambar 2.22. Alur (*Rutting*)

Kerusakan Alur disebabkan oleh beberapa faktor antara lain :

- a. Tebalnya lapisan permukaan yang tidak memenuhi dalam menahan beban lalu-lintas.
- b. Kurang padatnya lapisan perkerasan atau lapisan pondasi.
- c. Lapisan permukaan atau lapisan pondasi memiliki stabilisasi rendah yang menyebabkan terjadinya deformasi plastis.

Tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi alur dapat dilihat pada Tabel 2.19 :

Tabel 2.19. Identifikasi Kerusakan Alur (*rutting*)

Level	Identifikasi Kerusakan Alur (<i>rutting</i>)
Rendah	Kedalaman alur rata-rata $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ in. (6 – 13 mm)
Sedang	Kedalaman alur rata-rata $\frac{1}{2}$ - 1 in. (13 – 25,5 mm)
Tinggi	Kedalaman alur rata-rata 1 in. (25,4 mm)

16) Sungkur (*Shoving*)

Sungkur merupakan pindahnya lapisan pada perkerasan dibagian tertentu yang disebabkan oleh beban lalu-lintas. Beban lalu-lintas akan mendorong berlawanan dengan perkerasan dan akan menghasilkan ombak pada lapisan perkerasan. Penyebab Kerusakan ini biasanya dikarnakan aspal yang tidak stabil dan menyembul ketika menerima beban dari kendaraan.



Gambar 2.23. Kerusakan Sungkur

Kerusakaan sungkur dapat terjadi oleh beberapa faktor antara lain :

- a. Stabilisasi tanah dan lapisan perkerasan yang rendah.
- b. Daya dukung lapis permukaan yang tidak memadai.
- c. Pemadatan yang kurang pada saat pelaksanaan.
- d. Beban kendaraan yang melalui perkerasan jalan terlalu berat.
- e. Lalu-lintas dibuka sebelum perkerasan mantap.

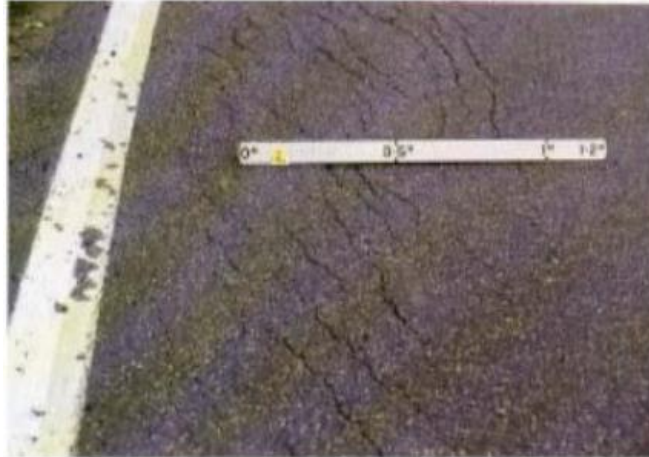
Tingkat kerusakan didasarkan pada indentifikasi sungkur (*shoving*) dapat dilihat pada Tabel 2.20 :

Tabel 2.20. Identifikasi Kerusakan Sungkur

Level	Identifikasi Kerusakan Sungkur
Rendah	Sungkur menyebabkan sedikit gangguan kenyamanan kendaraan
Sedang	Sungkur menyebabkan cukup angguan kenyamanan kendaraan
Tinggi	Kedalaman alur rata-rata 1 in. (5,4 mm)

17) Patah Slip (*Slippage Cracking*)

Kerusakan patah slip berbentuk seperti bulan sabit atau setengah bulan yang disebabkan lapisan perkerasan terdorong atau melaju merusak bentuk lapisan perkerasan. Kerusakan ini biasanya disebabkan oleh kekuatan dan pencampuran lapisan perkerasan yang rendah dan jelek.



Gambar 2.24. Patah Slip

Faktor kerusakan patah slip (*slippage cracking*) anatar lain :

- a. Kurang melekatnya lapisan perekat.
- b. Terlalu banyaknya pengaplikasian agregat halus.
- c. Lapis permukaan kurang padat.

Tingkat kerusakan berdasarkan indentifikasi patah slip (*slippage cracking*) dapat dilihat pada tabel 2.21 dibawah ini :

Tabel 2.21. Identifikasi Kerusakan Patah Slip

Level	Identifikasi Kerusakan Patah Slip
Rendah	Retak rata-rata lebar < 3/8 in. (10 mm)
Sedang	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Retak rata-rata 3/8 – 1,5 in (10 – 38 mm)

	2. Area di sekitar retakan pecah, ke dalam pecahan-pecahan terikat
Tinggi	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : <ol style="list-style-type: none"> 1. Retak rata-rata > ½ in. (>38 mm) 2. Area di sekitar retakan, pecah ke dalam pecahan-pecahan mudah terbongkar

18) Mengembang/Jembul (*Swell*)

Mengembang/jembul mempunyai ciri tersedok keluar sepanjang lapisan perkerasan yang berangsur-angsur mengombak kiyang panjangnya sekitar 10 kaki (10m). Mengembang/jembul dapat disertai dengan retak lapisan perkerasan yang biasanya disebabkan oleh perubahan cuaca atau tanah yang menjembul keatas.



Gambar 2.25. Kerusakan Mengembang/Jembul

Faktor kerusakan mengembang/jembul (*swell*) antara lain :

- a. Mengembangnya material lapisan di bawah perkerasan atau tanah dasar.

- b. Tanah dan perkerasan mengembang, bila kadar air naik. Umumnya, hal ini terjadi bila tanah pondasi berupa lempung yang mudah mengembang oleh kenaikan kadar air.

Tingkat kerusakan didasarkan pada indentifikasi mengembang/jembul (*swell*) bisa dilihat pada Tabel 2.22 :

Tabel 2.22. Identifikasi Kerusakan Mengembang Jembul

Level	Identifikasi Kerusakan Mengembang Jembul
Rendah	Kerusakan ini sulit dilihat, tapi dapat dideteksi dengan berjendaraan cepat.
Sedang	Perkerasan mengembang dengan adanya gelombang yang kecil.
Tinggi	Perkerasan mengembang dengan adanya gelombang besar.

19) Pelepasan Butir (*Wearhering/Ravelling*)

Kerusakan ini disebabkan oleh lapisan perkerasan yang kehabisan aspal atau tar pengikat dan copotnya partikel-partikel agregat. Kerusakan ini menunjukkan salah satu pada aspal pengikat tidak kuat untuk menahan gaya dorong roda kendaraan atau presentasi kualitas campuran jelek. Hal ini dapat disebabkan oleh tipe lalu lintas tertentu, melemahnya aspal pengikat lapisan perkerasan dan tercabutnya agregat yang sudah lemah karena terkena tumpahan minyak bahan bakar.



Gambar 2.26. Kerusakan Pelepasan Butir

Faktor pelepasan butir (*weathering/raveling*) antara lain :

- a. Pelapukan material pengikat atau agregat.
- b. Kurangnya pemadatan.
- c. Penggunaan material yang kotor.
- d. Penggunaan aspal yang kurang sesuai
- e. Kurangnya suhu pemadatan.

Tingkat kerusakan didasarkan pada indentifikasi pelepasan butir (*weathering/raveling*) dapat dilihat pada Table 2.23 :

Tabel 2.23. Identifikasi Kerusakan Pelepasan Butir

Level	Identifikasi Kerusakan Pelepasan Butir
Rendah	Pelepasan butiran yang ditandai lapisan kelihatan agregat.
Sedang	Pelepasan agregat dengan butiran-butiran yang lepas.
Tinggi	Pelepasan butiran yang agregatnya mulai lepas dengan membentuk lubang-lubang kecil.

2.6. Metode Perbaikan Jalan

Indonesia adalah wilayah dengan curah hujan yang relatif tinggi, sehingga perkerasan jalan dapat lebih cepat rusak. Dengan adanya perawatan atau perbaikan yang dilakukan secara rutin akan meminimalisir penyebab kerusakan jalan yang cukup parah. Ada beberapa cara perbaikan dan langkah mengatasinya adalah sebagai berikut :

1. Metode Perbaikan P1 (Penebaran Pasir)

a. Jenis kerusakan

- 1) Terjadinya kegemukan aspal terutama pada tikungan dan tanjakan.

b. Langkah penanganan

- 1) Mobilisasi peralatan, pekerja dan material ke tempat kerja.
- 2) Beri penanda pada jalan yang akan diperbaiki.

- 3) Bersihkan area tersebut dengan *air compressor*.
- 4) Taburkan pasir kasar atau agregat halus dengan ketebalan > 10 mm pada permukaan yang rusak.
- 5) Lakukan pemadatan dengan alat pemadat ringan (berat 1–2 ton) hingga didapatkan permukaan yang rata dengan kepadatan optimum mencapai 95%.
- 6) Sanitasi daerah pekerjaan dari sisa bahan dan peralatan pengaman di tempat kerja.
- 7) Demobilitas.

2. Metode Perbaikan P2 (Laburan Aspal Setempat)

a. Jenis kerusakan

- 1) Tepi bahu jalan beraspal rusak.
- 2) Retak kulit buaya yang < 2 mm.
- 3) Retak melintang, retak diagonal dan retak memanjang dengan lebar retak < 2 mm.
- 4) Terkelupas

b. Langkah penanganan

- 1) Mobilisasi peralatan, pekerja dan material ke lokasi konstruksi.
- 2) Berikan tanda di jalan yang akan diperbaiki.
- 3) Bersihkan area menggunakan *air compressor*.
- 4) Menaburkan pasir kasar atau agregat halus setebal 5 mm pada permukaan yang rusak hingga rata.
- 5) Lakukan pemadatan dengan mesin pneumatik hingga didapatkan permukaan yang rata dan mempunyai kepadatan optimum 95 %.
- 6) Bersihkan tempat pekerjaan dari sisa bahan dan alat pengaman.

3. Metode Perbaikan P3 (Melapisi Retak)

a. Jenis kerusakan

- 1) Tempat keretakan satu arah dengan lebar retakan < 3 mm.

b. Langkah penanganan

- 1) Mobilisasi peralatan, pekerja dan material ke tempat kerja.
- 2) Berikan tanda di jalan yang akan ditangani.
- 3) Bersihkan area menggunakan *air compressor*.
- 4) Membuat campuran aspal emulsi dan pasir kasa dengan menggunakan Concrete Mixer memiliki komponen-komponen berikut :
 - a) Pasir 20 Liter.
 - b) Aspal emulsi 6 Liter.
- 5) Semprotkan tack coat dengan aspal emulsi tipe RC (0,2 ltr/m) pada area yang akan diperbaiki.
- 6) Tebarkan dan ratakan campuran aspal pada permukaan yang rusak hingga rata.
- 7) Lakukan kepadatan ringan (1–2 ton) hingga didapat permukaan datar dan kepadatan optimumnya 95 %.
- 8) Bersihkan area pekerjaan dari sisa bahan dan alat pengaman.

4. Metode Perbaikan P4 (Pengisian Retak)

a. Jenis kerusakan

- 1) Tempat retak satu arah dengan lebar retak < 3 mm.

b. Langkah penanganan

- 1) Mobilisasi peralatan, pekerja dan material ke area pekerjaan.
- 2) Berikan tanda pada jalan yang akan ditangani.
- 3) Bersihkan area menggunakan *air compressor*.
- 4) Mengisi retakan dengan dengan aspal tack back (2 lt/m²) menggunakan aspal spayer.
- 5) Menebarkan pasir kasar atau agregat halus dengan tebal > 10 mm di atas permukaan yang rusak.

- 6) Lakukan pemadatan menggunakan *baby roller* minimal 3 lintasan.
- 7) Mengangkat kembali rambu pengaman dan bersihkan lokasi dari sisa bahan.
- 8) Demobilitas.

5. Metode Perbaikan P5 (Penambalan Lubang)

a. Jenis kerusakan

- 1) Lubang memiliki kedalaman > 50 mm.
- 2) Retak kulit buaya dengan ukuran > 3 mm.
- 3) Bergelombang yang kedalamannya > 30 mm.
- 4) Alur dengan kedalaman > 30 mm.
- 5) Amblas dengan kedalaman > 50 mm.
- 6) Kerusakan tepi perkerasan jalan

b. Langkah penanganan

- 1) Mobilisasi peralatan, pekerja dan material ke area pekerjaan.
- 2) Berikan tanda pada jalan yang akan ditangani.
- 3) Menggali material sampai mencapai material di bawahnya (biasanya kedalaman pekerjaan jalan 150 – 200 mm, harus diperbaiki).
- 4) Membersihkan daerah yang diperbaiki dengan air compressor.
- 5) Memeriksa kadar air optimum material pekerjaan jalan yang ada. Menambahkan air jika kering hingga keadaan optimum. Menggali material jika basah dan biarkan sampai kering.
- 6) Padatkan dasar galian menggunakan pemadat tangan.
- 7) Mengisi lubang galian dengan bahan pondasi agregat yaitu kelas A atau kelas B (tebal maksimal 15 cm), kemudian padatkan agregat dalam keadaan kadar optimal air hingga kepadatannya maksimum.
- 8) Semprotkan lapis serap ikat (pengikat) prime coat jenis RS dengan takaran 0,5 lt/m². Untuk Cut Back jenis MC-30 atau 0,8 ltr/ m² untuk aspal emulsi.

- 9) Aduk agregat sebagai campuran dingin dalam *concrete mixer* dengan perbandingan agregat kasar dan halus 1,5 : 1. Kapasitas maksimal *aspalt mixer* kira-kira 0,1 m³ . Untuk campuran dingin, menambahkan semua agregat 0,1 m³ sebelum aspal. Menambahkan aspal dan mengaduk selama 4 menit. Siapkan campuran aspal dingin secukupnya untuk keseluruhan dari pekerjaan ini.
- 10) Tebarkan dan padatkan campuran aspal dingin dengan tebal maksimum 40 mm hingga didapatkan permukaan yang rata menggunakan alat perata.
- 11) Padatkan menggunakan *baby roller* minimal 5 lintasan, tambahkan material jika perlu.
- 12) Bersihkan lapangan dan memeriksa peralatan dengan permukaan yang ada.

6. Metode Perbaikan P6 (Perataan)

a. Jenis kerusakan

- 1) Lubang yang memiliki kedalaman < 50 mm.
- 2) Bergelombang dengan kedalaman < 30 mm.
- 3) Area penurunan dengan kedalaman < 50 mm.
- 4) Kedalaman alur < 30 mm.
- 5) Kedalaman jembul < 50 mm.
- 6) Kerusakan tepi perkerasanjalan

b. Langkah penanganan

- 1) Mobilisasi peralatan, pekerja dan material ke area pekerjaan.
- 2) Berikan tanda pada jalan yang akan ditangani.
- 3) Bersihkan area yang ditangani dengan *air compressor*.
- 4) Semprotkan tack coat dari jenis RS pada area kerusakan 0,5 ltr/m² untuk aspal emulsi atau 0,2 ltr/m² untuk *cut back* dengan *aspalt kettle/* kaleng berlubang.

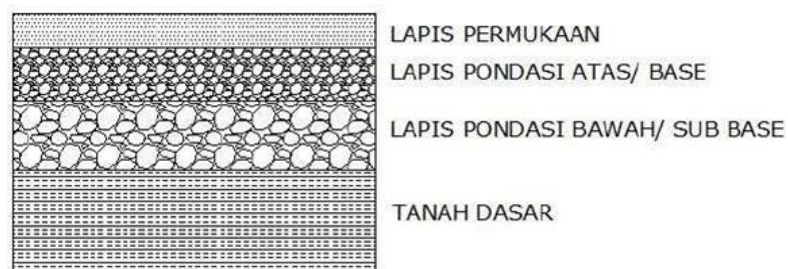
- 5) Aduk agregat untuk campuran dingin dengan perbandingan 1,5 agregat kasar : 1,0 agregat halus. Kapasitas maksimal mixer sekitar 0,1 m³. Untuk campuran dingin ditambahkan agregat 0,1 m³ sebelum aspal.
- 6) Tambahkan material aspal dan aduk selama 4 menit. Siapkan campuran aspal dingin kelas A, kelas C, kelas E, atau campuran aspal beton seperlunya hingga pekerjaan selesai.
- 7) Hamparkan campuran aspal dingin pada permukaan yang telah diberi tanda, hingga tebal yang dimiliki diatas permukaan minimal 10 mm.
- 8) Padatkan menggunakan *baby roller* (minimal 5 lintasan) hingga diperoleh kepadatan optimal

2.7. Kriteria Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur terdiri atas lapisan-lapisan yang terletak diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi sebagai penerima beban lalu-lintas dan menyebarkan kelapisan dibawahnya (Pedoman Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1987).

Berdasarkan standar Bina Marga (1987) konstruksi perkerasan terdiri dari:

1. Lapisan Permukaan (*Surface course*)
2. Lapisan pondasi atas (*Base course*)
3. Lapisan pondasi bawah (*Subbase course*)
4. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)



Gambar 2.27. Lapisan Perkerasan Lentur (MKJI)

2.7.1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang letaknya di paling atas perkerasan lentur (Pedoman Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1987) yang mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Tingkat stabilitas tinggi, dapat menahan beban roda selama digunakan.
2. Merupakan lapisan rapat air dalam melindungi badan jalan dari kerusakan pengaruh cuaca
3. Sebagai lapisan Aus (*wearing course*)

Menurut Sukirman S. (1999), ada 2 lapisan permukaan yaitu:

1. Lapisan *nonstruktural*/lapisan yang tidak mempunyai nilai konstruksi tetap berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air, antara lain :

- a) Burtu (Laburan Aspal Satu Lapis), terdiri atas lapisan aspal ditaburi agregat yang diaplikasikan dua kali secara berturut-turut dengan tebal padat maksimal 3,5 cm.
- b) Burda (Laburan Aspal Dua Lapis), terdiri atas lapisan aspal ditaburi agregat yang diaplikasikan dua kali secara berturut-turut dengan tebal padat maksimal 3,5 cm.
- c) Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir), terdiri atas lapisan aspal dan pasir alam bergradasi dicampur, disebar dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan ketebalan padat 1-2 cm.
- d) Buras (Laburan Aspal), terdiri atas lapisan aspal yang diberi atasnya pasir dengan ukuran butir maksimal 3/8 inchi.
- e) Latasbun (Lapis Tipis Asbuton Murni), terdiri atas campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur dalam keadaan dingin dengan ketebalan padat maksimal 1 cm.
- f) Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton), terdiri atas campuran agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (filter) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur, disebar dan dipadatkan dalam keadaan panas dengan tebal maksimal 2,5-3 cm.

2. Lapisan struktural/lapisan yang mempunyai nilai konstruksi, yang berfungsi sebagai lapisan aus, lapisan kedap air dan lapisan penahan serta menyebarkan beban roda, yang terdiri dari:

- a) Lapen (Penetrasi Macadam), terdiri atas agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh asal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis yang tebal antar lapisnya berkisaran antara 4-10 cm.
- b) Lasbutag (Lapisan Asbuton Agregat), terdiri atas campuran antar agregat, asbuton dan bahan pelunak yang dicampur, disebar dan dipadatkan secara dingin dengan tebal tiap lapisan sekitar 3-5 cm.
- c) Laston (Lapisan Aspal Beton), terdiri atas campuran apal keras dan agregat yang memiliki gradasi menerus, dicampur, disebar, dan dipadatkan disuhu tertentu.

2.7.2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas terletak diantara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah dengan $CBR \geq 50\%$ dan plastisitas indeks (PI) $< 4\%$ (Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1987) yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

1. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban kelapisan pondasi bawah.
2. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
3. Bantalan untuk lapisan permukaan.

Jenis lapisan pondasi atas yang umum digunakan di Indonesia antara lain:

1. Agregat bergradasi baik dapat dibagi atas:
 - a. Batu pecah kelas A
 - b. Batu pecah kelas B
 - c. Batu pecah kelas C
2. Pondasi Macadam
3. Pondasi telford
4. Lapen

5. Aspal beton pondasi (*asphalt treated base*)
6. Stabilisasi yang terdiri dari:
 - a. Stabilisasi agregat dengan semen (*cement treated base*)
 - b. Stabilisasi agregat dengan kapur (*lime treade base*)
 - c. Stabilisasi agregat dengan dengan aspal (*asphalt treated base*)

2.7.3. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah terletak antara lapisan pondasi atas dan tanah dasar dengan nilai CBR dan plastisitas indeks (PI) (Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1987) yang mempunyai fungsi, antara lain:

1. Sebagai konstruksi perkerasan yang menyebarkan beban roda ketanah dasar.
2. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi
3. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan di atasnya dapat dikurangi ketebalannya.
4. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Jenis lapisan pondasi bawah yang umum digunakan di Indonesia anantara lain:

1. Agregat bergradasi baik, dibedakan atas:
 - a. Sirtu / pitrun kelas A
 - b. Sirtu / pitrun kelas B
 - c. Sirtu / pitrun kelas C
2. Stabilisasi
 - a. Stabilisasi agregat dengan semen (*cement treated subbase*)
 - b. Stabilisasi agregat dengan kapur (*lime treated subbase*)
 - c. Stabilisasi tanah dengan semen (*soil cement stabilization*)
 - d. Stabilisasi tanah dengan kapur (*soil lime stabilization*)

2.7.4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah setebal 5-10 cm yang di atasnya akan diletakkan lapisan pondasi bawah yang berfungsi sebagai penyalur semua gaya yang ditimbulkan oleh semua beban di atasnya. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli

yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain lalu dipadatkan dan tanah distabilisasikan dengan kapur atau bahan lainnya.

Permasalahan umum yang sering terjadi menyangkut tanah dasar (Pedoman Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1987) adalah:

1. Perubahan fisik secara umum dari jenis tanah dasar tertentu akibat beban lalu-lintas.
2. Sifat mengembang dan menyusut dari beberapa tanah karna perubahan air.
3. Daya dukung tanah dasar yang tidak rata pada area dengan jenis tanah yang sangat berbeda sifat dan letaknya.
4. Daya dukung yang tidak rata karena pelaksanaan yang buruk.
5. Lendutan balik pada saat dan sesudah pembebanan lalu-lintas dari jenis tanah tertentu.
6. Perbedaan penurunan (*differential settlement*) akibat adanya lapisan- lapisan lunak di bawah tanah dasar akan menyebabkan perubahan bentuk tetap.

Jenis-jenis tanah dasar dilihat dari muka tanah aslinya dibedakan atas :

1. Lapisan tanah dasar, tanah galian.
2. Lapisan tanah dasar,tanah timbunan.
3. Lapisan tanah dasar, tanah asli.

2.8. Syarat-syarat Konstruksi Perkerasan Lentur

Jalan harus memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan, oleh karena itu konstruksi perkerasan jalan harus memenuhi syarat-syarat tertentu yang dapat dikelompokkan menjadi dua (Sukirman. S, 2010) yaitu:

1. Mengenai keamanan dan kenyamanan berlalu lintas, harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - a. Permukaannya rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
 - b. Permukaan cukup kaku, jadi tidak mudah berubah bentuk karena beban yang bekerja di atasnya.

- c. Permukaan cukup kasar, menimbulkan gesekan gesekan yang baik antara ban dengan permukaan jalan, jadi tidak mudah selip.
 - d. Permukaan tidak mudah mengkilat, tidak silau jika terkena sinar matahari.
2. Dilihat dari kemampuan memikul dan menyebarkan beban, harus memenuhi syarat-syarat berikut ini :
- a. Cukup tebal untuk mampu menyebarkan beban/muatan lalu- lintas ke tanah dasar.
 - b. Tanah air, jadi air tidak mudah menembus lapisan bawahnya.
 - c. Permukaan mudah mengalirkan air, jadi air hujan yang jatuh di atasnya dapat dengan cepat dialirkan.
 - d. Kekakuan untuk menopang beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Umum

Dalam penelitian menganalisis perkerasan lentur ini dilakukan langkah awal mengumpulkan data-data dari alat *Light Weight Deflectometre* Pusjatan yang telah diprogram untuk memudahkan perhitungan dan mendapatkan alternatif dalam perbaikan perkerasan jalan sesuai nilai structural number (SN) yang diperoleh.

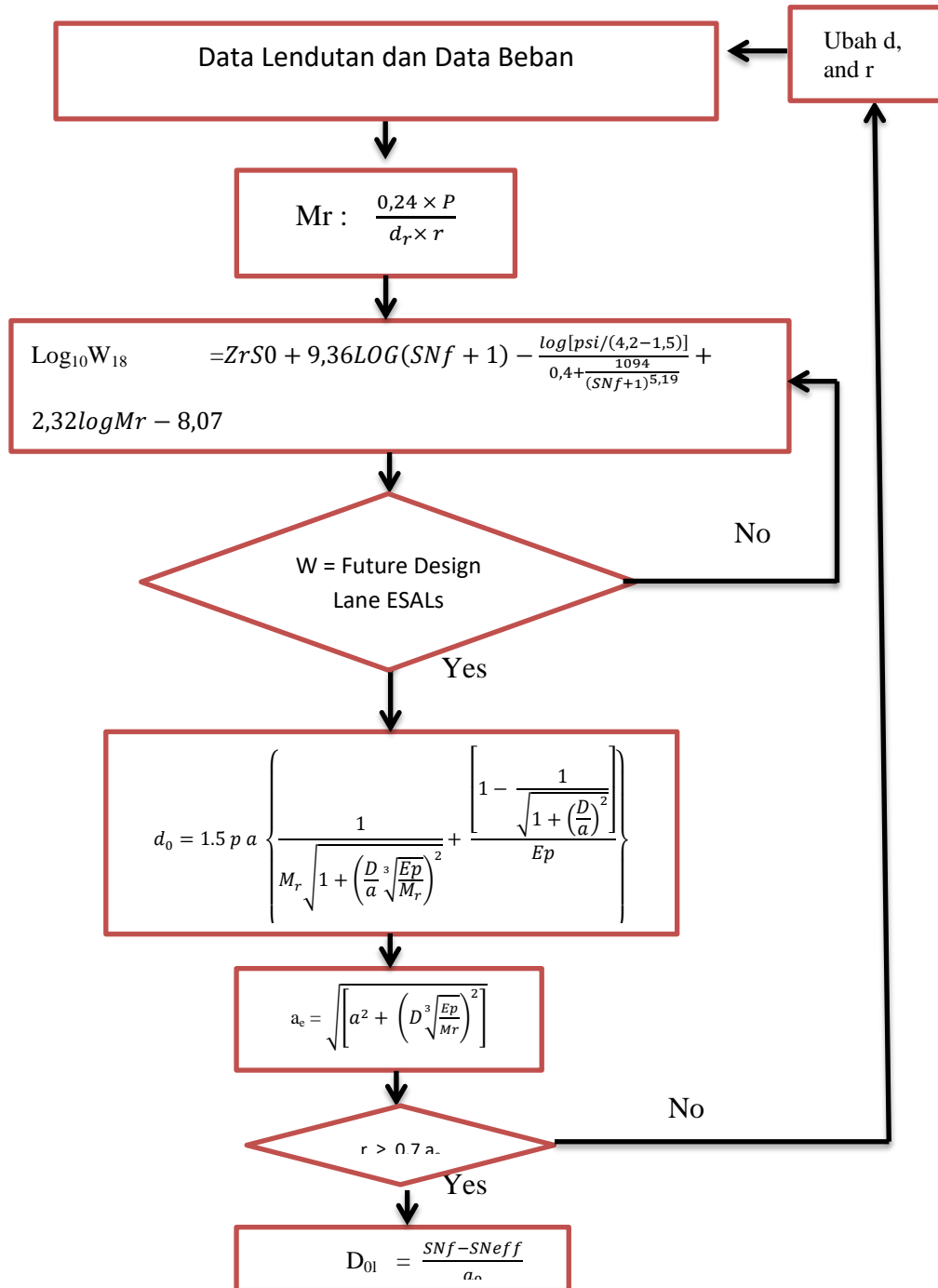
3.2. Program Kerja

Program kerja yang digunakan mengacu pada lingkup penelitian yang digambarkan pada Gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3. 1. Pelaksanaan Penelitian

3.3. Proses Pengolahan Data



Gambar 3.2. Flowchart Program Kerja

3.4. Tahap Pengumpulan Data

Perencanaan pengolahan data pada penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap. Penahapan bertujuan untuk membuat penelitian berjalan lebih sistematis dan dapat lebih mudah dilakukan evaluasi jika terjadi ketidaksesuaian data.

Dilakukan pengumpulan data sekunder pada instansi terkait, yaitu :

3.4.1. Data Lendutan dari Alat LWD

Dengan alat LWD, akan didapat data lendutan dalam micrometer. Data didapat dari program yang telah disediakan. Data lendutan didapat dengan jarak pertitik yang berbeda. Jarak antara lendutan nol dengan lendutan dua yaitu 200mm dan lendutan satu dengan lendutan dua yaitu 900mm.

a. Data Beban

Data beban juga didapatkan dari pemograman alat secara otomatis, biasanya beban yang didapat setiap titik ialah sama. Data beban biasanya didapat dalam satuan kilogram yang akan dinormalisasikan dalam satuan pounds saat dimasukkan dalam perhitungan.

b. Data Temperatur

Data temperatur dibutuhkan sebagai angka penyesuaian suhu untuk koreksi lendutan (d_0) hasil perhitungan back calculation. Data ini bersumber dari data temperatur saat pengujian LWD.

c. Data Lendutan Perkerasan

Data lendutan diperoleh dari alat *Light Weight Deflectometre* (LWD) yang dilakukan pada ruas jalan di Maluku. Pada saat pengukuran lendutan FWD, temperatur perkerasan dan tebal lapisan perkerasan dilakukan pencatatan. Adapun parameter yang digunakan ketika dilakukan pengukuran lendutan adalah sebagai berikut:

1. Diameter Pelat

Pelat yang digunakan oleh alat LWD adalah yang berdiameter 300 mm untuk perkerasan lentur.

2. Berat Beban Pelat

Berat beban yang dijatuhkan pelat ini digunakan untuk menunjukkan tekanan ban pada permukaan perkerasan untuk pengujian ini, berat beban yang digunakan adalah 4200 kg dalam satuan FWD.

3. Tinggi Jatuh

Beban Berat beban dan tinggi jatuh beban digunakan untuk merefleksikan beban impuls yang diterapkan pada perkerasan untuk menimbulkan besar lendutan yang diinginkan jika lendutan yang ditimbulkan besar, antara 1 mm s/d 1,5 mm, maka berat beban dan tinggi jatuh harus direduksi. Pada pengujian FWD, tinggi jatuh adalah sebesar 315 mm.

4. Jarak Antar Deflektor Alat LWD memiliki 3 buah deflektor yang dapat diatur jaraknya sesuai dengan tebal total perkerasan, pada pengujian LWD digunakan jarak deflector adalah: 0; 200; X; 900 (mm).

3.4.2. Tahap Analisa Data

Sebelum dilakukan analisa data, seluruh data yang ada dikelompokkan per segmen, sehingga memudahkan analisa. Dalam analisa data akan dilakukan urutan kerja sebagai berikut:

1) Analisa Remaining Services Life (RSL) berdasarkan kondisi struktural

Dalam memperhitungkan nilai RSL, dibagi menjadi 2 tahap, yaitu menentukan nilai SN_{eff} dan perhitungan umur sisa

A. Penentuan Nilai SN_{eff}

Kondisi struktural yang ditinjau adalah SN_{eff} , dalam mendapatkan nilai tersebut dilakukan urutan kerja sebagai berikut:

- a) Penentuan tebal lapis perkerasan yang ditinjau
- b) Penentuan lendutan wakil pada segmen yang ditinjau

- c) Penentuan modulus resilen (M_r) tanah dasar berdasarkan perhitungan back calculation
- d) Penentuan suhu perkerasan
- e) Penentuan koreksi lendutan wakil berdasarkan suhu perkerasan
- f) Penentuan Modulus efektif perkerasan (E_p)
- g) Dilakukan pengecekan dengan persyaratan batas jarak lendutan
- h) Didapatkan nilai SN_{eff} berdasarkan lendutan

B. Penentuan umur sisa perkerasan Lentur (RSL)

Dalam mendapatkan RSL dilakukan urutan kerja sebagai berikut:

- a) Nilai SN_{eff} berdasarkan lendutan digunakan untuk menentukan volume lalu lintas sampai keadaan failure ($PSI = 2.5$)
 - b) Prediksi umur sisa perkerasan berdasarkan perbandingan prediksi volume lalu lintas hasil survey lapangan dengan prediksi volume lalu lintas sampai keadaan *failure*
- 2) Analisa Remaining Services Life (RSL) berdasarkan kondisi fungsional
Setelah didapat data SN_f , maka dapat diperhitungkan umur sisa perkerasan, dengan langkah-langkah sebagai berikut :
- a) Penentuan nilai $r \geq 0.7 a_c$
 - b) Penentuan nilai D_{ol} dari struktur perkerasan dengan memakai data SN_{eff} , SN_f dan a_{ol} .

3.4.3. Tahap Penarikan Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa dan mendapatkan perbandingan umur sisa perkerasan, baik berdasarkan kondisi jalan, baik struktural maupun fungsional. Maka selanjutnya dapat diambil kesimpulan dan saran mengenai tebal lapis perkerasan yang defektif menggunakan alat LWD.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

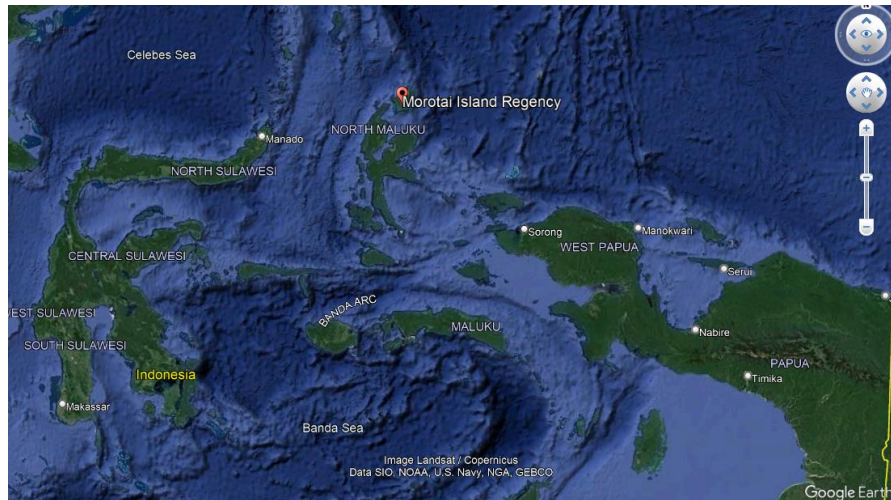
Dalam pelaksanaan penelitian ini lokasi yang akan diambil merupakan ruas jalan Maluku Utara dimana tepatnya pada Pulau Morotai, data ini diberikan dalam bentuk software yang dapat dilihat pada **lampiran 1**. Pengoperasian LWD dilaksanakan pada tanggal 19 Juli 2023 oleh tim survey Bina Marga 2023. Dimana penulis hanya mendapatkan data sekunder dari pihak tersebut.

Berdasarkan data-data yang diperoleh (data sekunder), maka dilakukan perhitungan dan analisa untuk menghasilkan tujuan penelitian. Dimana dalam penelitian ini akan dilakukan tahapan sebagai berikut :

- a. Meminta data sekunder yang dibutuhkan untuk perhitungan
- b. Menghitung nilai modulus kelenturan tanah dasar (M_r)
- c. Mencari nilai modulus efektifitas (E_p) dengan rumus lendutan nol (d_o)
- d. Menghitung nilai nomor struktural efektif (SN_{eff})
- e. Penentuan SN_f dengan $\log_{10} W_{18}$
- f. Menghitung tebal lapis perkerasan
- g. Mendapatkan alat yang digunakan efektif dalam pelaksanaan dengan metode yang digunakan

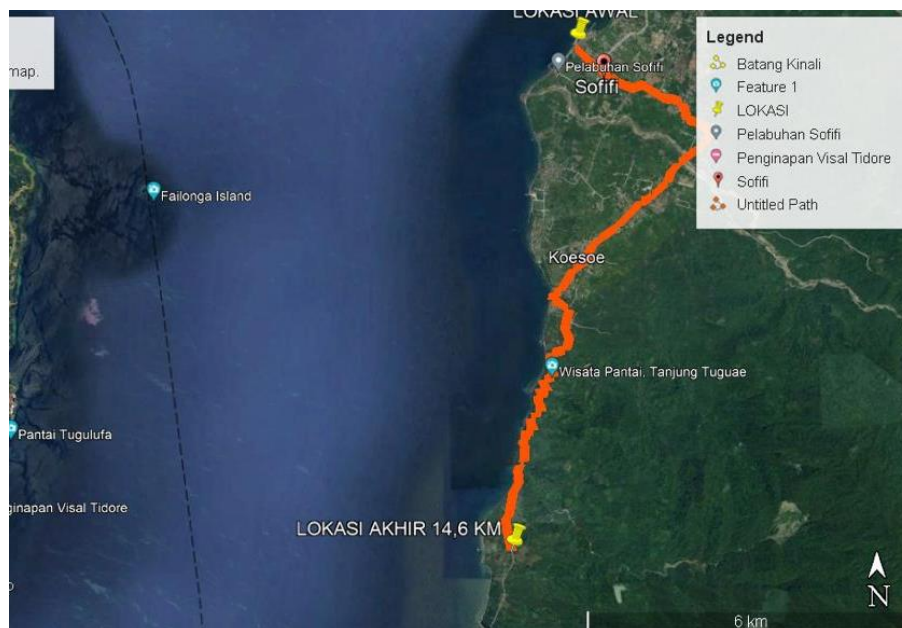
4.1. Lokasi Penelitian

Lokasi spesifik dilakukan di Kabupaten Pulau Morotai merupakan sebuah pulau sekaligus kabupaten definitif baru yang terletak di Propinsi Maluku Utara Indonesia, yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Pulau Morotai Provinsi Maluku Utara

Ruas jalan yang digunakan pada Tugas Akhir ini termasuk kepada jalan nasional (arteri) yang memiliki lalu-lintas sedang. Pengambilan data sepanjang 14,6 km di Kota Sofifi dengan trase jalan ditunjukkan pada Gambar 4.2 :



Gambar 4.2. Peta 14,6 km Data Penelitian

Data yang digunakan sebanyak 50 titik yang didapatkan dari pemrograman alat LWD PUSJATAN.

4.2. Data-data Pemrograman

Berdasarkan data yang diperoleh dari Bina Marga 2023, didapatkan data pemrograman LWD yang telah direkapitulasi dalam mencari perhitungan tebal lapis tambah. Data sekunder yang didapat dari pemrograman alat FWD menghasilkan 50 titik dengan data beban perkerasan (P), lendutan nol, lendutan satu(d_0), lendutan dua(d_1), lendutan tiga(d_3) dan jarak lendutan ke beban plat (r) dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4.1. Data Program LWD

Data ke	P (Kg)	P (FWD)	d0	d1	d2	r (mm)
1	3034	4200	1199.6	429.3	89.2	900
2	3034	4200	1110.5	437.9	84	900
3	3034	4200	1149.7	429.3	82.2	900
4	3034	4200	965.3	462.8	86.5	900
5	3034	4200	1059.1	4470.2	92.5	900
6	3034	4200	1009	478	89.4	900
7	3034	4200	1174.3	416.1	86.2	900
8	3034	4200	1053.5	398.9	71.2	900
9	3034	4200	1207.6	414.4	76	900
10	3034	4200	1727.8	70	102.1	900
11	3034	4200	1494.4	503.3	83.4	900
12	3034	4200	1401.9	529.1	83.5	900
13	3034	4200	968.1	459.2	199.5	900
14	3034	4200	943	410.1	150.1	900
15	3034	4200	1047.1	400.4	138.5	900
16	3034	4200	1191.1	456.3	67	900
17	3034	4200	1059	429	60.5	900
18	3034	4200	1108.7	419.6	59	900
19	3034	4200	493.5	342.4	81.3	900

20	3034	4200	539.4	332.6	61.7	900
21	3034	4200	527.7	332	61.9	900
22	3034	4200	631.1	536.7	171.7	900
23	3034	4200	697.2	453.2	62.1	900
24	3034	4200	618.8	377.3	29.7	900
25	3034	4200	1540.8	371.5	70	900
26	3034	4200	1316.8	381.3	74.7	900
27	3034	4200	1233.7	378.2	90.2	900
28	3034	4200	1039	437.2	65.7	900
29	3034	4200	961.1	425.2	64.7	900
30	3034	4200	973.7	420.9	70.5	900
31	3034	4200	1256.2	534.2	71.4	900
32	3034	4200	1191	512	71.7	900
33	3034	4200	1127.6	510.1	73.2	900
34	3034	4200	1296.9	366.4	70.2	900
35	3034	4200	855.1	347.2	69.2	900
36	3034	4200	574.3	344	69.9	900
37	3034	4200	1070.4	518.1	71.5	900
38	3034	4200	1006.6	519.3	75.1	900
39	3034	4200	1032.9	528.4	73	900
40	3034	4200	1330.8	412.4	58.5	900
41	3034	4200	1051.2	391.9	54.7	900
42	3034	4200	1057.1	390.5	43.6	900
43	3034	4200	432.7	266.3	42.4	900
44	3034	4200	422.6	253.8	43.5	900
45	3034	4200	430.1	256.6	42.4	900
46	3034	4200	1445.5	468.7	81.5	900
47	3034	4200	1111.3	468.7	63.5	900
48	3034	4200	1118.7	529.5	65.4	900
49	3034	4200	1126.8	439.2	55	900
50	3034	4200	999.5	410.2	53.5	900

Sumber : Pusjatan Bina Marga 2023

4.3. Hasil Perhitungan Nilai Modulus Tanah Dasar (Mr)

Data-data yang didapat nantinya akan dinormalisasikan ke dalam nilai satuan FWD. Dimana satuan dari beban perkerasan akan diubah dalam satuan pound (lbs). Serta perhitungan nilai setiap lendutan dikonversin ke satuan inchi.

Dalam perumusan nilai dr (mikron) juga akan diubah dalam satuan inchi dan dibagi dengan nilai 1000.

Analisa data :

Data ke satu,

$$\begin{aligned} \text{a) Nilai lendutan ke r, dr (fwd)} &= \frac{P (FWD) \times d^2}{P} \\ &= \frac{4200 \times 89.2}{3034} \\ &= 123,5 \text{ mikron} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dikonversi inchi} &= \frac{123.5}{1000 \times 25.4} \\ &= 0,0048614 \text{ inch} \end{aligned}$$

Tabel 4. 2. Rekapituasi Hasil Perhitungan Excel Untuk do

Data ke	P (FWD)	d _o (inch)	dr (inch)	R (inch)
1	4200	0.065379	0.004861439	35.43307
2	4200	0.060523	0.004578037	35.43307
3	4200	0.062659	0.004479936	35.43307
4	4200	0.052609	0.004714288	35.43307
5	4200	0.057721	0.005041291	35.43307
6	4200	0.054991	0.004872339	35.43307

7	4200	0.064	0.004697938	35.43307
8	4200	0.057416	0.003880431	35.43307
9	4200	0.065815	0.004142033	35.43307
10	4200	0.094166	0.005564495	35.43307
11	4200	0.081445	0.004545337	35.43307
12	4200	0.076404	0.004550787	35.43307
13	4200	0.052762	0.010872838	35.43307
14	4200	0.051394	0.008180516	35.43307
15	4200	0.057067	0.007548311	35.43307
16	4200	0.064915	0.003651529	35.43307
17	4200	0.057716	0.003297277	35.43307
18	4200	0.060425	0.003215526	35.43307
19	4200	0.026896	0.004430886	35.43307
20	4200	0.029398	0.003362677	35.43307
21	4200	0.02876	0.003373577	35.43307
22	4200	0.034395	0.009357725	35.43307
23	4200	0.037998	0.003384477	35.43307
24	4200	0.033725	0.001618663	35.43307
25	4200	0.083974	0.003815031	35.43307
26	4200	0.071766	0.004071183	35.43307
27	4200	0.067237	0.00491594	35.43307
28	4200	0.056626	0.003580679	35.43307
29	4200	0.05238	0.003526178	35.43307
30	4200	0.053067	0.003842281	35.43307
31	4200	0.068463	0.003891331	35.43307
32	4200	0.06491	0.003907681	35.43307
33	4200	0.061455	0.003989432	35.43307
34	4200	0.070682	0.003825931	35.43307
35	4200	0.046603	0.00377143	35.43307
36	4200	0.0313	0.003809581	35.43307
37	4200	0.058337	0.003896781	35.43307

38	4200	0.05486	0.004092983	35.43307
39	4200	0.056294	0.003978532	35.43307
40	4200	0.072529	0.003188276	35.43307
41	4200	0.057291	0.002981174	35.43307
42	4200	0.057612	0.002376219	35.43307
43	4200	0.023582	0.002310819	35.43307
44	4200	0.023032	0.002370769	35.43307
45	4200	0.023441	0.002310819	35.43307
46	4200	0.07878	0.004441786	35.43307
47	4200	0.060566	0.003460778	35.43307
48	4200	0.06097	0.003564329	35.43307
49	4200	0.061411	0.002997524	35.43307
50	4200	0.054473	0.002915773	35.43307

b) Masukkan nilai diatas kedalam persamaan 2.1

$$Mr = \frac{0,24 \times P(lbs)}{d_r \times r}$$

1 kg = 2,2 lbs

$$Mr = \frac{0,24 \times 4200 (2.2)}{0,004861439 \times 35,43307}$$

$$Mr = \frac{2.217,6}{d_r \times r}$$

$$Mr = 12.873,9869 \text{ psi}$$

$$Mr \text{ Desain} = \frac{12.873,9}{3}$$

$$Mr \text{ Desain} = 4.291,3 \text{ psi}$$

4.4. Menentukan Nilai Ep dari lendutan 0 (d₀)

Tabel 4. 3. Data Alat LWD

D (cm)	D (inch)	a (cm)	a (inch)	p (psi)
45	17.71654	15	5.905512	84.37761

Sumber : Pusjatan Bina Marga 2023

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana rumus tegangan (p)} &= \frac{P \text{ (lbs)}}{a} \\
 &= \frac{9240}{3,14 \times 5,9055^2} \\
 &= 84,37761 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Nilai diatas akan dimasukkan dalam persamaan 2.2 :

$$d_o = 1.5 p a \left\{ \frac{1}{M_r d \sqrt{1 + \left(\frac{D^3 \sqrt{Ep}}{a \sqrt{M_r d}} \right)^2}} + \frac{\left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}} \right]}{Ep} \right\}$$

$$0,065379 = 1.5 \times 84.37761 \times 5.9055 \left\{ \frac{1}{4.291,3 \sqrt{1 + \left(\frac{17,71654^3}{5,905512 \sqrt{4.291,3}} \right)^2}} + \left[\frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{17,71654}{5,905512} \right)^2}}}{Ep} \right] \right\}$$

$$Ep = 14.303,369 \text{ psi}$$

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Excel Nilai Ep dan d_o (mikron)

Data ke-	d _o (mikron)	A1	A2	A3	A	Ep
1	0.065378726	747.4394904	3.97724E-05	4.7805E-05	0.06545878	14303.369
2	0.060522737	747.43949	3.6857E-05	4.42798E-05	0.06064479	15442.097
3	0.062659154	747.43949	3.81077E-05	4.58599E-05	0.06276068	14910.0295
4	0.052609273	747.43949	3.21899E-05	3.85161E-05	0.05284845	17752.8778
5	0.057721415	747.43949	3.52428E-05	4.21901E-05	0.05787644	16206.9195
6	0.054990943	747.43949	3.36101E-05	4.02241E-05	0.05518655	16999.0856
7	0.063999865	747.43949	3.89325E-05	4.68138E-05	0.06409018	14606.2121
8	0.057416212	747.43949	3.49224E-05	4.21084E-05	0.05757593	16238.362
9	0.06581473	747.43949	3.99081E-05	4.8249E-05	0.06589206	14171.7449
10	0.094165858	747.43949	5.70909E-05	6.92185E-05	0.09440865	9878.4582
11	0.081445455	747.43949	4.94562E-05	6.01423E-05	0.08191829	11369.236

12	0.076404165	747.43949	4.65755E-05	5.64627E-05	0.07701487	12110.1503
13	0.052761875	747.43949	3.24272E-05	3.8479E-05	0.05299813	17769.9995
14	0.051393914	747.43949	3.1585E-05	3.7529E-05	0.05165854	18219.8443
15	0.057067409	747.43949	3.49649E-05	4.16047E-05	0.05723116	16434.9818
16	0.064915472	747.43949	3.92558E-05	4.7707E-05	0.06499945	14332.7327
17	0.057715964	747.43949	3.49652E-05	4.24623E-05	0.05787239	16103.0264
18	0.060424636	747.43949	3.65065E-05	4.4502E-05	0.06054894	15364.9933
19	0.026895966	747.43949	1.66372E-05	1.97647E-05	0.02720819	34595.7082
20	0.029397537	747.43949	1.80812E-05	2.15501E-05	0.02962201	31729.4201
21	0.028759881	747.43949	1.7707E-05	2.10978E-05	0.02900421	32409.7078
22	0.034395227	747.43949	2.11243E-05	2.50459E-05	0.03450946	27300.7418
23	0.037997706	747.43949	2.36176E-05	2.82721E-05	0.03878442	24185.3686
24	0.033724871	747.43949	7.53685E-05	0.000375747	0.33718139	1819.76845
25	0.083974276	747.43949	5.05778E-05	6.23322E-05	0.08439339	10969.8096
26	0.071766178	747.43949	4.12576E-05	4.99926E-05	0.06820402	13677.4697
27	0.067237191	747.43949	4.14175E-05	4.98277E-05	0.06820027	13722.7433
28	0.056625956	747.43949	3.44019E-05	4.1587E-05	0.0567971	16441.9623
29	0.052380372	747.43949	3.19159E-05	3.84914E-05	0.05262518	17764.3067
30	0.053067077	747.43949	3.23675E-05	3.89397E-05	0.05329782	17559.7541
31	0.068463451	747.43949	4.18965E-05	5.09203E-05	0.06937497	13428.2767
32	0.064910022	747.43949	3.93228E-05	4.76325E-05	0.06499383	14355.1533
33	0.061454695	747.43949	3.73137E-05	4.50577E-05	0.06156764	15175.4739
34	0.070681619	747.43949	4.31189E-05	5.25398E-05	0.07149915	13014.3593
35	0.046603325	747.43949	2.85886E-05	3.42897E-05	0.04699775	19941.01
36	0.031299602	747.43949	1.92193E-05	2.28891E-05	0.03147346	29873.3016
37	0.058337269	747.43949	3.54657E-05	4.27813E-05	0.05848491	15982.9741

38	0.054860141	747.43949	3.34537E-05	4.02089E-05	0.05505833	17005.4757
39	0.056293503	747.43949	3.42796E-05	4.12705E-05	0.05646913	16568.0654
40	0.072529184	747.43949	4.38423E-05	5.42019E-05	0.07328214	12615.2786
41	0.057290861	747.43949	3.46143E-05	4.2253E-05	0.0574537	16182.7956
42	0.057612414	747.43949	3.44669E-05	4.2828E-05	0.05777329	15965.5335
43	0.02358234	747.43949	1.46673E-05	1.75252E-05	0.0240619	39016.5689
44	0.023031885	747.43949	1.4359E-05	1.71431E-05	0.02354594	39886.0354
45	0.023440639	747.43949	1.4587E-05	1.74275E-05	0.02392889	39235.1879
46	0.078780384	747.43949	4.79016E-05	5.82239E-05	0.07932233	11743.8503
47	0.060566337	747.43949	3.66677E-05	4.45279E-05	0.06068877	15356.0371
48	0.060969641	747.43949	3.69314E-05	4.4798E-05	0.06108779	15263.4528
49	0.061411094	747.43949	3.69852E-05	4.53301E-05	0.06152576	15084.2751
50	0.054473188	747.43949	3.29722E-05	4.01841E-05	0.05467985	17016.0046

4.5. Mencari Nilai *Struktural Number effective* (SN_{eff})

Nomor Struktural efektif dapat dihitung dari persamaan 2.3 berikut :

$$SN_{eff} = 0.0045 D \sqrt[3]{Ep}$$

$$SN_{eff} = 0.0045 \cdot 17,717 \sqrt[3]{14.303,3682}$$

$$SN_{eff} = 1,929089 \text{ psi}$$

Tabel 4. 5. Hasil Perhitungan Excel SNeff

Data ke	1	2	3	4	5
Nilai SNeff	1.929089	1.97893	1.955959	2.072993	2.011044
Data ke	6	7	8	9	10
Nilai SNeff	2.043257	1.942595	2.012342	1.923159	1.705386
Data ke	11	12	13	14	15
Nilai SNeff	1.787104	1.825072	2.073658	2.090994	2.020424
Data ke	16	17	18	19	20
Nilai SNeff	1.930407	2.006742	1.975634	2.588724	2.515233
Data ke	21	22	23	24	25
Nilai SNeff	2.533064	2.39242	2.297811	0.970905	1.765947
Data ke	26	27	28	29	30
Nilai SNeff	1.900558	1.902651	2.020709	2.073437	2.065456
Data ke	31	32	33	34	35
Nilai SNeff	1.888957	1.931412	1.931412	1.967486	1.869365
Data ke	36	37	38	39	40
Nilai SNeff	2.465248	2.001747	2.043513	2.025857	1.850078
Data ke	41	42	43	44	45
Nilai SNeff	2.010047	2.00102	2.694494	2.714343	2.699512
Data ke	46	47	48	49	50
Nilai SNeff	1.806501	1.975251	1.971277	1.963541	2.043934

4.6. Menentukan *Structural Number Future* dengan $\text{Log}_{10}W_{18}$

Kekuatan perkerasan yang ada (SN_{eff}), dapat digunakan untuk menghitung tebal lapis tambah, yaitu dengan mengurangnya dengan kekuatan perkerasan yang diperlukan untuk melayani lalu-lintas yang akan datang (SN_f); dan selanjutnya, tebal lapis tambah (D_{ol}) dihitung dengan cara membagi kekuatan lapis tambah oleh kekuatannya.

Tabel 4. 6. Tabel Standar Deviasi Normal

Reliabilitas, R (%)	Standar normal deviate, Z_R
50	0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

Data sekunder lainnya yang digunakan dalam menganalisis tebal lapis tambah (overlay) dapat diligat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.7. Rekapitulasi Data-data Pelengkap

Z_r	S_o	P_o	P_t	W	dPSi
-1,645	0,45	4	1,5	1,000,000	2,5

Sumber : Pustajan Bina Marga 2023

a) Mencari kekuatan perkerasan mendatang (SN_f) dengan persamaan 2.4 berikut :

$$\text{Log}_{10}W_{18} = Z_r S_o + 9,36 \text{LOG}(SN_f + 1) - \frac{\log[\Delta psi / (4 - 1,5)]}{0,4 + \frac{1094}{(SN_f + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log Mr - 8,07$$

$$\text{Log}_{10}W_{18} = -1,645 \cdot 0,45 + 9,36 \text{LOG}(SN_f + 1) - \frac{\log[2,5/(4-1,5)]}{0,4 + \frac{1094}{(SN_f+1)^{5,19}}} +$$

$$2,32 \log(4.291,29) - 8,07$$

$$SN_f = 4,1162 \text{ psi}$$

Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Excel *Structural Number Future*

Data ke-	1	2	3	4	5
Nilai SNf	4.1162	4.0387	4.011	4.0764	4.1637
Data ke-	6	7	8	9	10
Nilai SNf	4.1191	4.0719	3.8312	3.9121	4.2948
Data ke-	11	12	13	14	15
Nilai SNf	4.0295	4.0311	5.2709	4.8373	4.7199
Data ke-	16	17	18	19	20
Nilai SNf	3.757	3.6339	3.6044	3.997	3.6582
Data ke-	21	22	23	24	25
Nilai SNf	3.6621	5.0386	3.6659	2.868	3.8103
Data ke-	26	27	28	29	30
Nilai SNf	3.8905	4.1307	3.7333	3.7149	3.8191
Data ke-	31	32	33	34	35
Nilai SNf	3.8346	3.8398	3.8654	3.8138	3.7963
Data ke-	36	37	38	39	40
Nilai SNf	3.8086	3.8364	3.8972	3.862	3.5945

Data ke-	41	42	43	44	45
Nilai SNf	3.5168	3.2638	3.2337	3.2613	3.2337
Data ke-	46	47	48	49	50
Nilai SNf	4.0001	3.6924	3.7278	3.5231	3.4922

$$b) \text{ Nilai } a_e = \sqrt{\left[a^2 + \left(D^3 \sqrt{\frac{Ep}{Mr}} \right)^2 \right]}$$

$$a_e = \sqrt{\left[0,4^2 + \left(17,716554^3 \sqrt{\frac{14.303,3682}{4291,2944}} \right)^2 \right]}$$

$$a_e = 25,6339698$$

Cek persamaan r

$$r \geq 0,7 \times a_e$$

$$35,46 \geq 0,7 \times 25,6339698$$

$$35,46 \geq 17,94378 \quad \dots\dots\dots (\text{oke})$$

Tabel 4. 9. Data jarak kontrol (a_e)

Data ke-	A_e	$A_e * 0.7$	r	$r \geq 0,7 \times a_e$
1	25.6339698	17.94378	35.46	Oke
2	25.7754951	18.04285	35.46	Oke
3	25.2933	17.70531	35.46	Oke
4	27.2652903	19.0857	35.46	Oke
5	27.0478951	18.93353	35.46	Oke
6	27.170942	19.01966	35.46	Oke
7	25.5210662	17.86475	35.46	Oke
8	24.8069508	17.36487	35.46	Oke
9	24.2283932	16.95988	35.46	Oke
10	23.7044252	16.5931	35.46	Oke
11	23.222115	16.25548	35.46	Oke
12	23.7248049	16.60736	35.46	Oke
13	36.023358	25.21635	35.46	Oke
14	33.041404	23.12898	35.46	Oke

15	31.0828201	21.75797	35.46	Oke
16	23.3203404	16.32424	35.46	Oke
17	23.4324958	16.40275	35.46	Oke
18	22.8773606	16.01415	35.46	Oke
19	33.3515723	23.3461	35.46	Oke
20	29.5612052	20.69284	35.46	Oke
21	29.8028257	20.86198	35.46	Oke
22	39.5346003	27.67422	35.46	Oke
23	27.0645317	18.94517	35.46	Oke
24	8.95318701	6.267231	35.46	Oke
25	21.6475435	15.15328	35.46	Oke
26	23.8066076	16.66463	35.46	Oke
27	25.3767553	17.76373	35.46	Oke
28	24.2522164	16.97655	35.46	Oke
29	24.758134	17.33069	35.46	Oke
30	25.3779238	17.76455	35.46	Oke
31	23.3080931	16.31567	35.46	Oke
32	23.865087	16.70556	35.46	Oke
33	24.4788536	17.1352	35.46	Oke
34	22.9366307	16.05564	35.46	Oke
35	26.3118778	18.41831	35.46	Oke
36	30.2029126	21.14204	35.46	Oke
37	24.7109431	17.29766	35.46	Oke
38	25.6423329	17.94963	35.46	Oke
39	25.1819491	17.62736	35.46	Oke
40	21.363294	14.95431	35.46	Oke
41	22.6966933	15.88769	35.46	Oke
42	20.951676	14.66617	35.46	Oke
43	27.9494828	19.56464	35.46	Oke
44	28.3964393	19.87751	35.46	Oke
45	28.0015253	19.60107	35.46	Oke
46	23.2946904	16.30628	35.46	Oke
47	23.4395019	16.40765	35.46	Oke
48	23.6230821	16.53616	35.46	Oke
49	22.2121384	15.5485	35.46	Oke
50	22.9094213	16.03659	35.46	Oke

c) Mencari tebal lapis tambah (overlay)

$$d_{ol} = \frac{SNf - SNeff}{a_0}$$

$$d_{ol} = \frac{4,1162 - 1,929089}{0,4}$$

$$d_{ol} = 5,467861 \text{ inch} \gg 13,88837 \text{ cm} \sim 14 \text{ cm}$$

Tabel 4. 10. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tebal Lapis Tambah (Overlay)

Data ke-	d_o (inch)	d_o (cm)
1	5.467861	13.88837
2	5.149458	13.07962
3	5.137695	13.04975
4	5.008572	12.72177
5	5.381577	13.66921
6	5.189722	13.18189
7	5.323362	13.52134
8	4.547106	11.54965
9	4.972265	12.62955
10	6.473461	16.44259
11	5.606085	14.23946
12	5.514996	14.00809
13	7.993053	20.30236
14	6.865757	17.43902
15	6.748661	17.1416
16	4.566448	11.59878
17	4.067831	10.33229
18	4.071983	10.34284
19	3.520757	8.942722
20	2.857445	7.25791
21	2.822468	7.16907
22	6.615432	16.8032
23	3.420177	8.68725
24	4.742653	12.04634
25	5.110952	12.98182
26	4.974974	12.63643

27	5.570241	14.14841
28	4.281513	10.87504
29	4.103573	10.42308
30	4.383986	11.13532
31	4.864196	12.35506
32	4.770964	12.11825
33	4.744705	12.05155
34	4.861143	12.3473
35	4.103682	10.42335
36	3.358323	8.530142
37	4.586526	11.64978
38	4.634214	11.7709
39	4.590311	11.65939
40	4.361023	11.077
41	3.766811	9.5677
42	3.157004	8.01879
43	1.347999	3.423917
44	1.36748	3.473399
45	1.335453	3.392051
46	5.484122	13.92967
47	4.292985	10.90418
48	4.391313	11.15394
49	3.898776	9.902892
50	3.620662	9.196481

Rata-rata tebal lapis perkerasan tambah 50 titik

$$= \text{Jumlah overlay} / 50$$

$$= 579,1905 / 50$$

$$= 11,58381 \text{ cm} \sim 12 \text{ cm}$$

Dihasilkan rata-rata tebal lapis perkerasan tambah (overlay) dari 50 titik yaitu 12 cm.

BAB V

KESIMPULAN

Dapat ditarik kesimpulan dalam penelitian ini dimana :

1. Peralatan Light Weight Deflectometer (LWD) PUSJATAN digunakan untuk menguji sistem perkerasan, dan tanah dasar yang disiapkan untuk konstruksi jalan. Tujuan utama dari pengujian LWD ini adalah untuk melihat ke efektifan alat yang digunakan.
2. Selain sebagai quality control LWD Pusjatan juga bisa digunakan langsung untuk mengukur dan mengetahui kekuatan struktural tanah dasar dalam parameter modulus elastisitas yang kemudian bisa dikonversi menjadi nilai CBR menggunakan rumus-rumus dasar yang dimuat di AASHTO 1993
3. Data yang didapat penulis dari alat *light weight deflectometre* pusjatan yaitu data sekunder yang berisikan data beban(kg), lendutan(mikron), standar normal devisasi.
4. Hasil perhitungan yang didapatkan pada satu titik :
 - a) Modulus *resilient* tanah dasar sebesar = **12.873,9 psi**
 - b) Didapatkan nilai Modulus Efektif semua lapisan tanah dasar (E_p) dari rumus d_0 sebesar **14.303,37 psi**
 - c) Dilanjutkan mencari nomor struktural efektif dari perumusan $\text{Log}_{10}W_{18}$ menggunakan excel, didapatkan angka **1,93 inchi**.
 - d) Penanganan yang didapat yaitu lapis tambah (overlay) dengan rata-rata tebal **12 cm**.
5. Tebal tambah yang didapat tidak termasuk kepada lapis pondasi/subgrade.
6. Peralatan LWD Pusjatan buatan Bina Marga Indonesia ringan yang efisien dalam mobilisasi dan harga lebih murah serta data yang didapat dapat diakui.

SARAN

1. Kedepannya peralatan Light Weight Deflectometre PUSJATAN ini sangat disarankan untuk digunakan dalam proyek jalan di Indonesia yang merupakan negara kepulauan ini, terlebih lagi dalam penggunaan alat yang sangat praktis dan efisien dari segi mobilisasi dibandingkan peralatan Benkelmen Beam dan FWD.
2. Peralatan LWD PUSJATAN merupakan alat LWD yang dihasilkan dari penelitian dan pengembangan di Puslitbang Jalan dan Jembatan pada tahun anggaran 2012 -

2014, dan LWD Pusjatan selain bisa digunakan untuk lapisan granular juga bisa digunakan untuk mengukur kekuatan struktural jalan beraspal. Penggunaan untuk jalan beraspal dimungkinkan karena stress level yang ditimbulkan oleh LWD Pusjatan jauh lebih besar dibandingkan LWD standar lainnya. Maka untuk LWD PUSJATAN sangat baik digunakan pada Dinas Ke PU an untuk mendapatkan data pemeliharaan jalan.

Daftar Pustaka

- AASHTO, (1993). "Guide for Design of Pavement Structures 1993. American Association of State Highways and Transportation Officials". Washington, D.C, USA.
- Ansyori Alamsyah, A. 2003. *Rekayasa Jalan Raya*
- Burhani, Ahmadudin. 2016. *Correlation Study on the Falling Weight Deflectometer and Light Weight Deflectometer for the Local Pavement Systems*. Ohio University. Athens.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1987, *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan antar Kota*, No. 038/T/BM/1997, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta..
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan (MKJI)*. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1983. *Kerusakan Pada Perkerasan Lentur*, No 03 Mn b 1983. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Firdziwan, Rizky Taufik, Thahir Sastrodininingra dan Mudhiyono. 2022. *PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR PADA PENINGKATAN RUAS JALAN LENGKONG – TANGGEUNG (SEGMENT 1) KABUPATEN SUKABUMI BERDASARKAN METODE MDPJ 2017 DAN Pt T-01-2002-B*. Seminar Proposal dan Desiminasi Tugas Akhir.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2015. *Pemeliharaan Jalan raya : Perkerasan, Drainase, Longsoran*. Gadjah Mada University Press.
- Hassan, K. E., Setyawan, A., & Zoorob, S. E. 2017. Effect of cementitious grouts on the properties of semi-flexible bituminous pavements. In *Performance of Bituminous and Hydraulic Materials in Pavements* (pp. 113-120). Routledge.

- Purnaningrum, Kamilatun Ni'mah dan Berlian Kushari. *PERBANDINGAN DESAIN TEBAL LAPIS TAMBAH DENGAN METODE BINA MARGA 2017 DAN AASHTO 1993 MENGGUNAKAN DATA LENDUTAN FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER*. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.
- Sukirman, S. (2010). "Perbandingan Analisa Perkerasan Metode Bina marga Revisi Juni 2017 dan AASHTO 1993 (Studi Kasus pada Pekerjaan Rencana Preservasi Ruas Jalan Jatibarang-Langut TA 2017)". Bandung. Jurnal Institut Teknologi Nasional.
- Syafier, Siegfried. 2018. "Penggunaan *Light Weight Deflectometer Pusjatan* Untuk Lapisan Perkerasan Lentur". Jurnal Jalan dan Jembatan 2018. Puslitbang Jalan dan Jembatan. Bandung.
- Zulfantri, Afridho. 2017. *Analisa Peningkatan Jalan Menggunakan Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Deli Tua-Tiga Juhah(segmen 1) Kabupaten Deli Serang*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.

LAMPIRAN 1. DATA-DATA PEMROGRAMAN ALAT LIGHT WEIGHT DEFLECTOMETRE PUSJATAN

File	Edit	Format	View	Help																	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1500	3034	1199.6	429.3	89.2	34.6	94	200	106	900	Aspal	19/07/2023	11:47:40				KERING	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1500	3034	1110.5	437.9	84	34.6	102	200	112	900	Aspal	19/07/2023	11:51:21				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1500	3034	1149.7	429.3	82.2	34.6	98	200	115	900	Aspal	19/07/2023	11:54:49				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1600	3034	965.3	462.8	86.5	34.6	117	200	109	900	Aspal	19/07/2023	12:30:20				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1600	3034	1059.1	470.2	92.5	34.6	107	200	102	900	Aspal	19/07/2023	12:31:39				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1600	3034	1089	478	89.4	34.6	112	200	105	900	Aspal	19/07/2023	12:32:47				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1700	3034	1174.3	416.1	86.2	34.6	96	200	109	900	Aspal	19/07/2023	12:38:38				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1700	3034	1053.5	390.9	71.2	34.6	107	200	132	900	Aspal	19/07/2023	12:40:04				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1700	3034	1207.6	414.4	76	34.6	94	200	124	900	Aspal	19/07/2023	12:41:03				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1800	3034	1727.8	740	102.1	34.6	65	200	92	900	Aspal	19/07/2023	12:44:18				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1800	3034	1494.4	503.3	83.4	34.6	76	200	113	900	Aspal	19/07/2023	12:45:37				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1800	3034	1401.9	529.1	83.5	34.6	81	200	113	900	Aspal	19/07/2023	12:46:30				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1900	3034	968.1	459.2	199.5	34.6	117	200	47	900	Aspal	19/07/2023	12:49:52				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1900	3034	943	410.1	150.1	34.6	120	200	63	900	Aspal	19/07/2023	12:50:43				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	1900	3034	1047.1	400.4	138.5	34.6	108	200	68	900	Aspal	19/07/2023	12:51:41				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2000	3034	1191.1	456.3	67	40.6	95	200	141	900	Aspal	19/07/2023	12:55:05				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2000	3034	1059	429	60.5	40.6	107	200	156	900	Aspal	19/07/2023	12:55:53				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2000	3034	1100.7	410.6	59	40.6	102	200	160	900	Aspal	19/07/2023	12:56:45				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2100	3034	493.5	342.4	81.3	40.6	225	200	116	900	Aspal	19/07/2023	13:04:49				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2100	3034	539.4	332.6	61.7	40.6	209	200	153	900	Aspal	19/07/2023	13:05:41				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2100	3034	527.7	332	61.9	40.6	214	200	152	900	Aspal	19/07/2023	13:06:32				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2200	3034	631.1	536.7	171.7	40.6	179	200	55	900	Aspal	19/07/2023	13:09:46				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2200	3034	697.2	453.2	62.1	40.6	162	200	152	900	Aspal	19/07/2023	13:10:57				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2200	3034	618.8	377.3	29.7	40.6	183	200	317	900	Aspal	19/07/2023	13:12:15				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2300	3034	1540.8	371.5	70	40.6	73	200	135	900	Aspal	19/07/2023	13:15:19				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2300	3034	1316.8	381.3	74.7	40.6	86	200	126	900	Aspal	19/07/2023	13:16:12				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2300	3034	1233.7	378.2	90.2	40.6	92	200	104	900	Aspal	19/07/2023	13:17:10				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2400	3034	1039	437.2	65.6	37.3	109	200	144	900	Aspal	19/07/2023	13:22:34				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2400	3034	961.1	425.2	65.7	37.3	118	200	143	900	Aspal	19/07/2023	13:23:34				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2400	3034	973.7	420.9	64.7	37.3	116	200	146	900	Aspal	19/07/2023	13:24:35				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2500	3034	1256.2	534.2	70.5	37.3	90	200	134	900	Aspal	19/07/2023	13:27:45				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2500	3034	1191	512	71.4	37.3	95	200	132	900	Aspal	19/07/2023	13:28:53				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2500	3034	1127.6	510.1	71.7	37.3	100	200	131	900	Aspal	19/07/2023	13:30:02				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2600	3034	1296.9	366.4	73.2	37.5	87	200	129	900	Aspal	19/07/2023	13:34:49				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2600	3034	855.1	347.2	70.2	37.5	132	200	134	900	Aspal	19/07/2023	13:35:45				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2600	3034	574.3	344	69.2	37.5	197	200	136	900	Aspal	19/07/2023	13:36:48				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2700	3034	1070.4	518.1	69.9	37.5	106	200	135	900	Aspal	19/07/2023	13:40:25				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2700	3034	1006.6	519.3	71.5	37.5	112	200	132	900	Aspal	19/07/2023	13:41:22				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2700	3034	1032.9	528.4	75.1	37.5	109	200	125	900	Aspal	19/07/2023	13:42:18				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2800	3034	1330.8	412.4	73	40.5	85	200	129	900	Aspal	19/07/2023	13:46:11				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2800	3034	1051.2	391.9	58.5	40.5	107	200	161	900	Aspal	19/07/2023	13:47:22				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2800	3034	1057.1	390.5	54.7	40.5	107	200	172	900	Aspal	19/07/2023	13:48:33				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2900	3034	432.7	266.3	43.6	40.5	261	200	216	900	Aspal	19/07/2023	14:33:02				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2900	3034	422.5	253.8	43.5	40.5	267	200	216	900	Aspal	19/07/2023	14:33:52				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	2900	3034	430.1	256.6	42.4	40.5	263	200	222	900	Aspal	19/07/2023	14:34:44				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3000	3034	1445.5	468.6	81.5	40.5	78	200	115	900	Aspal	19/07/2023	14:37:41				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3000	3034	1111.3	468.7	63.5	40.5	102	200	148	900	Aspal	19/07/2023	14:38:32				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3000	3034	1118.7	529.5	65.4	40.5	101	200	144	900	Aspal	19/07/2023	14:39:22				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3100	3034	1126.8	439.2	55	40.5	100	200	171	900	Aspal	19/07/2023	14:42:40				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3100	3034	999.5	410.2	53.5	40.5	113	200	176	900	Aspal	19/07/2023	14:43:32				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3100	3034	1075.4	415.1	52.4	40.5	105	200	180	900	Aspal	19/07/2023	14:44:33				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3200	3034	1511	719.3	116.8	40.5	70	200	81	900	Aspal	19/07/2023	14:47:55				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3200	3034	1516.1	700.9	108.6	40.5	75	200	87	900	Aspal	19/07/2023	14:48:53				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3200	3034	1396.4	656.8	107.2	40.5	81	200	88	900	Aspal	19/07/2023	14:49:57				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3300	3034	1470	511.8	92.3	40.5	77	200	102	900	Aspal	19/07/2023	14:52:33				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3300	3034	1288.3	475.5	79.6	40.5	94	200	118	900	Aspal	19/07/2023	14:53:30				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3300	3034	1146.4	460.3	83.5	40.5	99	200	113	900	Aspal	19/07/2023	14:54:23				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3400	3034	1646.1	468.1	95.7	40.5	69	200	98	900	Aspal	19/07/2023	14:57:20				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3400	3034	1523	476.5	88.1	40.5	74	200	107	900	Aspal	19/07/2023	14:58:12				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3400	3034	1310.3	463.1	86.2	40.5	86	200	109	900	Aspal	19/07/2023	14:59:09				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3500	3034	946.7	335	43.8	40.5	119	200	215	900	Aspal	19/07/2023	15:02:25				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3500	3034	847.3	288.6	44.5	40.5	133	200	212	900	Aspal	19/07/2023	15:03:17				K	
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P2JN MALUT	3500	3034	762.4	278.4	44.5	40.5	148	200	211	900	Aspal	19/07/2023	15:04:15				K	

Ln 19, Col 254 70% Windows (CRLF) UTF-8

*HasilLWD - Notepad																
File	Edit	Format	View	Help												
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	3500	3034	847.3	288.6	44.5	40.5	133	200	212	900	Aspal	19/07/2023 15:03:17	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	3500	3034	762.4	278.4	44.5	40.5	148	200	211	900	Aspal	19/07/2023 15:04:15	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	3500	3034	877.7	279.4	41.7	40.5	129	200	226	900	Aspal	19/07/2023 15:05:02	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	3600	3034	1489.5	459.1	75.8	40.7	80	200	124	900	Aspal	19/07/2023 15:08:42	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	3600	3034	1172	427.4	60.1	40.7	96	200	157	900	Aspal	19/07/2023 15:09:51	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	3600	3034	1081.3	427.3	57	40.7	104	200	165	900	Aspal	19/07/2023 15:10:55	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	3700	3034	974.5	356.9	59.3	40.7	116	200	159	900	Aspal	19/07/2023 15:14:00	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	3700	3034	805.4	330.3	55.9	40.7	140	200	168	900	Aspal	19/07/2023 15:14:57	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	3700	3034	765.1	322.9	58	40.7	148	200	162	900	Aspal	19/07/2023 15:15:48	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7100	3034	1227.2	448.7	76.4	40.3	92	200	123	900	Aspal	19/07/2023 15:34:09	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7100	3034	988.2	445.8	60.3	40.3	114	200	156	900	Aspal	19/07/2023 15:35:07	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7100	3034	1189	428.3	75.6	40.3	102	200	124	900	Aspal	19/07/2023 15:36:00	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7200	3034	509.5	294.3	43.3	40.3	222	200	217	900	Aspal	19/07/2023 15:40:36	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7200	3034	500	282.5	40.9	40.3	226	200	230	900	Aspal	19/07/2023 15:41:25	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7200	3034	503.1	279.7	42.5	40.3	225	200	222	900	Aspal	19/07/2023 15:43:22	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7300	3034	1102.5	386.3	63.3	40.3	102	200	149	900	Aspal	19/07/2023 15:46:58	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7300	3034	1013.5	376.5	60.6	40.3	111	200	155	900	Aspal	19/07/2023 15:48:06	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7300	3034	929.5	367.2	57.7	40.3	122	200	163	900	Aspal	19/07/2023 15:49:19	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7400	3034	899.3	385	116	40.3	126	200	81	900	Aspal	19/07/2023 15:53:10	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7400	3034	748.2	433.6	135.5	40.3	151	200	69	900	Aspal	19/07/2023 15:54:03	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7400	3034	899.8	326	56	40.3	126	200	168	900	Aspal	19/07/2023 15:56:23	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7500	3034	525.8	282.9	29.4	40.4	215	200	320	900	Aspal	19/07/2023 16:00:59	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7500	3034	488.2	195.2	28.9	40.4	235	200	326	900	Aspal	19/07/2023 16:02:00	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7500	3034	471.8	197	29.1	40.4	240	200	324	900	Aspal	19/07/2023 16:03:00	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7600	3034	356.2	166	37	40.4	317	200	255	900	Aspal	19/07/2023 16:06:02	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7600	3034	344.6	156.5	35.1	40.4	328	200	269	900	Aspal	19/07/2023 16:06:58	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7600	3034	339.9	158.3	36.8	40.4	332	200	256	900	Aspal	19/07/2023 16:07:48	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7700	3034	711.5	350.9	173.1	40.4	159	200	54	900	Aspal	19/07/2023 16:11:38	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7700	3034	577.2	323.3	168.4	40.4	196	200	59	900	Aspal	19/07/2023 16:12:36	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7700	3034	474.7	324.8	162.7	40.4	238	200	58	900	Aspal	19/07/2023 16:13:25	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7800	3034	395.4	224.3	37.1	40.4	286	200	254	900	Aspal	19/07/2023 16:16:56	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7800	3034	399.9	196	33.8	40.4	283	200	278	900	Aspal	19/07/2023 16:18:06	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7800	3034	399.9	194.5	33.8	40.4	283	200	278	900	Aspal	19/07/2023 16:19:01	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7900	3034	545.1	263.9	45.2	40.4	207	200	208	900	Aspal	19/07/2023 16:23:08	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7900	3034	515	260.2	46.7	40.4	219	200	202	900	Aspal	19/07/2023 16:24:11	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	7900	3034	486.5	258.7	47.4	40.4	232	200	199	900	Aspal	19/07/2023 16:25:01	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8000	3034	1193.6	402.6	62.1	40.4	95	200	152	900	Aspal	19/07/2023 16:28:41	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8000	3034	1060.3	392.5	57.6	40.4	107	200	164	900	Aspal	19/07/2023 16:29:41	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8000	3034	1110.3	385	55.4	40.4	102	200	170	900	Aspal	19/07/2023 16:30:45	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8100	3034	820.6	324.6	54.4	40.4	138	200	173	900	Aspal	19/07/2023 16:35:47	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8100	3034	778	325.2	52.7	40.4	145	200	179	900	Aspal	19/07/2023 16:36:45	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8100	3034	688.4	326.3	51.2	40.4	164	200	184	900	Aspal	19/07/2023 16:37:44	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8200	3034	1554	937.8	68.8	33.6	73	200	137	900	Aspal	19/07/2023 16:42:49	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8200	3034	1325.1	783.4	54.5	33.6	85	200	173	900	Aspal	19/07/2023 16:43:48	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8200	3034	1498.9	596.2	64.2	33.6	75	200	147	900	Aspal	19/07/2023 16:44:45	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8300	3034	1562.9	562.1	79.8	33.6	72	200	118	900	Aspal	19/07/2023 16:47:53	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8300	3034	1573.9	514.2	67.3	33.6	72	200	140	900	Aspal	19/07/2023 16:48:52	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8300	3034	1557.1	509.8	67.9	33.6	73	200	139	900	Aspal	19/07/2023 16:49:49	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8400	3034	1823.4	855.3	155.8	33.6	62	200	60	900	Aspal	19/07/2023 16:53:55	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8400	3034	1843.8	782.3	152.7	33.6	61	200	62	900	Aspal	19/07/2023 16:54:50	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	8400	3034	1726.4	988.5	136.9	33.6	65	200	69	900	Aspal	19/07/2023 16:57:14	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	9600	3034	1287.3	540.2	93.2	33.6	88	200	101	900	Aspal	19/07/2023 17:11:04	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	9600	3034	1419.5	537.9	85.9	33.6	80	200	110	900	Aspal	19/07/2023 17:12:31	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	9600	3034	1527.3	536.6	93.5	33.6	74	200	101	900	Aspal	19/07/2023 17:13:41	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	9700	3034	1426.6	576.3	107.3	33.6	79	200	88	900	Aspal	19/07/2023 17:18:22	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	9700	3034	1600.5	457.9	106.1	33.6	71	200	89	900	Aspal	19/07/2023 17:21:30	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	9700	3034	1630.7	768.9	112.4	33.6	69	200	84	900	Aspal	19/07/2023 17:22:35	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	9800	3034	1910	864.9	111.9	33.6	59	200	84	900	Aspal	19/07/2023 17:27:45	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	9800	3034	1471.5	860.7	88.1	33.6	77	200	107	900	Aspal	19/07/2023 17:28:55	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	9800	3034	1422.5	919.1	84.5	33.6	79	200	111	900	Aspal	19/07/2023 17:29:54	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	9900	3034	1679.5	501	99.4	33.6	67	200	95	900	Aspal	19/07/2023 17:34:54	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	9900	3034	1487.7	468.5	91.5	33.6	76	200	103	900	Aspal	19/07/2023 17:36:18	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI	cerah	P23N MALUT	9900	3034	1761.9	456.5	94.9	33.6	64	200	99	900	Aspal	19/07/2023 17:37:50	K

SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	9800	3034	1471.5	860.7	88.1	33.6	77	200	107	900	Aspal	19/07/2023 17:28:55	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	9800	3034	1422.5	919.1	84.5	33.6	79	200	111	900	Aspal	19/07/2023 17:29:54	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	9900	3034	1679.5	501	99.4	33.6	67	200	95	900	Aspal	19/07/2023 17:34:54	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	9900	3034	1487.7	468.5	91.5	33.6	76	200	103	900	Aspal	19/07/2023 17:36:18	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	9900	3034	1761.9	456.5	94.9	33.6	64	200	99	900	Aspal	19/07/2023 17:37:50	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	10000	3034	1877.8	1166.2	109.8	32.8	60	200	86	900	Aspal	19/07/2023 17:42:52	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	10000	3034	1584.2	1164.8	110.3	32.8	71	200	85	900	Aspal	19/07/2023 17:44:01	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	10000	3034	1719.2	1112.6	111.9	32.8	66	200	84	900	Aspal	19/07/2023 17:45:26	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	10100	3034	962.2	399.3	62.6	32.8	117	200	150	900	Aspal	19/07/2023 17:49:09	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	10100	3034	930.3	392.6	59	32.8	121	200	160	900	Aspal	19/07/2023 17:50:12	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	10100	3034	876.6	401.8	62.2	32.8	129	200	151	900	Aspal	19/07/2023 17:51:06	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	10200	3034	1199	433.7	62.2	32.8	94	200	151	900	Aspal	19/07/2023 17:54:57	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	10200	3034	1052.5	408.4	52.9	32.8	107	200	178	900	Aspal	19/07/2023 17:55:58	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	10200	3034	1022.8	414.3	51.2	32.8	110	200	184	900	Aspal	19/07/2023 17:56:59	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	10300	3034	1446.2	644.6	99.3	32.8	78	200	95	900	Aspal	19/07/2023 18:02:31	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	10300	3034	1508.2	614	101.9	32.8	75	200	92	900	Aspal	19/07/2023 18:03:41	K
SOPI - WAYABULA 3	PULAU MOROTAI cerah	P2JN MALUT	10300	3034	1550.8	644.4	81.1	32.8	73	200	116	900	Aspal	19/07/2023 18:04:42	K

LAMPIRAN 2. WAWANCARA BERSAMA PENEMU ALAT LIGHT WEIGHT DEFLECTOMETRE PUSJATAN

Chat People Raise React View More
Camera Mic Share

Turn camera off (Ctrl+Shift+O)

1-pedoman-perencanaan-tebal-perkerasan-lentur.pdf - Nitro Pro 10

FILE HOME EDIT REVIEW FORMS PROTECT CLOUD HELP

Hand Zoom Fit Width Fit Page Select Type Text QuickSign Request Signature Share Collaborate PDF Combine Portfolio To Word To Excel To Powerpoint Other PDF/A

Nitro Pro has detected this as a scanned document, or image. Make Searchable / Editable

1-pedoman-perencanaan-tebal-perke...

PT-T-01-2002-B

$$x \frac{(1+g)^n - 1}{g}$$

...an gandar tunggal standar kumulatif. ...ndar standar kumulatif selama 1 tahun. ...ayanan (tahun). ...angan lalu lintas (%).

Drainase

diperkenalkan konsep koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas yang dimiliki perkerasan jalan. Tabel 4 memperhalakan definisi umum s drainase.

Kualitas drainase	Air hilang dalam 2 jam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 minggu
Sedang	1 bulat
Jelek	air tidak akan mengalir

... pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perencanaan dengan besifisien kekuatan relatif yang dimodifikasi. Faktor untuk memodifikasi an relatif ini adalah koefisien drainase (m) dan disertakan ke dalam s Tebal Perkerasan (ITP) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relatif (D).

...halkan nilai koefisien drainase (m) yang merupakan fungsi dari kualitas len waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar di jenuh.

Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang melebihi jenuh	Kadar air
< 1 %	1,40 - 1,30
1 - 5 %	1,35 - 1,25
5 - 25 %	1,30 - 1,20
> 25 %	1,25 - 1,15
	1,15 - 1,00
	1,05 - 1,00
	1,00 - 0,80
	0,80 - 0,60
	0,60 - 0,40

7 dari 37

11 OF 44

27°C 10:58 14/08/2023

1 of 24 - Clip

Item not Collecte

not supported by

Clipboard

Windows Taskbar

Video thumbnails

siegfried syafier

Afrizal Naumar (Guest)