

**LAPORAN
PENELITIAN**



**EVALUASI KONSTRUKSI *RIGID PAVEMENT* DI DAERAH
GENANGAN BANJIR (STUDI KASUS: JL. RAYA KALIGAWA)**

Tim Pelaksana:

Ketua	:	Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT	(0006016301)
Anggota	:	Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D	(0605016802)
Anggota	:	Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM., MT	(0614066301)

**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
DESEMBER 2020**

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN

1. Data Diri

Nama : Ir. H. Rachmat Mudyono, MT., Ph.D
Tempat / Tgl Lahir : Magelang / 05 Januari 1968
Alamat : Jl. Seruni XII / 17 Tlogosari Rt. 012 / 010 Tlogosari Kulon
Semarang
NIK : 210293018

2. Kegiatan

Nama Kegiatan : PENELITIAN “ **EVALUASI KONSTRUKSI RIGID
PAVEMENT DI DAERAH GENANGAN BANJIR (STUDI KASUS: JL. RAYA KALIGAWA)**

Semarang , 12 Desember 2020

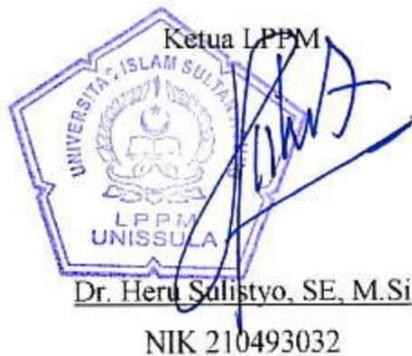
Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik



Ir. H. Rachmat Mudyono, MT., Ph.D



Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM., MT



Ketua LPPM
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
LPPM
UNISSULA
Dr. Heru Sulistyo, SE, M.Si
NIK 210493032

RINGKASAN

Pada saat ini Jalan Raya Kaligawe menggunakan perkerasan jalan kaku/ rigid pavement. Jalan Raya Kaligawe terletak di dekat pesisir pantai. Hal tersebut menimbulkan tantangan pada jalan. Banjir air laut/ rob yang menggenangi sepanjang Jalan Raya Kaligawe Semarang. Genangan banjir air laut dan air hujan selalu masuk ke dalam lapisan perkerasan jalan. Dengan adanya genangan air dibawah lapisan perkerasan jalan maka menyebabkan perkerasan jalan tidak bertahan lama/ terjadinya keausan jalan.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui apa saja penyebab terjadinya genangan air dapat masuk ke bawah lapisan perkerasan kaku. Sehingga bisa memberikan solusi bagaimana mengatasi genangan air yang masuk ke dalam perkerasan dan memberikan desain yang optimal untuk perkerasan kaku yang digunakan pada jalan yang tergenang banjir air laut.

Metode yang digunakan pada kajian ini adalah deskriptif kuantitatif, yaitu dengan memusatkan pada masalah yang ada pada saat sekarang dimana kondisi kerusakan di tempat penelitian dapat diperoleh data yang akurat dan cermat. Analisis yang digunakan adalah dengan mengumpulkan data berupa data primer dan data sekunder kemudian disusun

Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa gaya dalam pada struktur perkerasan merupakan besaran gaya aksial, gaya geser, dan momen yang dihasilkan dari beban kerja yang bekerja di atas struktur perkerasan. Gaya dalam yang terjadi pada struktur perkerasan memberikan gambaran tentang besaran nilai - nilai gaya dalam yang terjadi pada tiap lapis perkerasan yang dapat berpengaruh terhadap kekuatan dari struktur perkerasan itu sendiri, maka hasil evaluasi struktur perkerasan kaku dapat disimpulkan bahwa gaya aksial, gaya geser, dan momen maksimal terjadi pada lapis struktur perkerasan paling atas yaitu perkerasan beton semen.

Kata Kunci : Perkerasan Kaku, Sambungan Perkerasan, Banjir Rob

PRAKATA

Assalamu'alaikum wr. wb

Puji syukur kita panjatkan kehadlirat Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan taufik rahmat dan hidayahnya sehingga peneliti bisa melaksanakan penelitian dengan judul *“Evaluasi Konstruksi Rigid Pavement di Daerah Genangan Banjir (Studi Kasus: Jl. Raya Kaligawe)”* ini sampai tahapan 100% di tahun pertama ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk : (1) Mengetahui penyebab terjadinya genangan air hujan maupun air rob dibawah lapisan perkerasan rigid di jalan Raya Kaligawe, (2) Mengetahui cara mengatasi masuknya air hujan maupun air rob di dibawah lapisan perkerasan rigid Jalan Raya Kaligawe serta (3) Mengetahui desain konstruksi yang optimal pada sambungan perkerasan rigid di kawasan yang sering terjadi banjir rob.

Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada LPPM UNISSULA yang telah membiayai penelitian ini. Karena penelitian ini belum selesai, kami berharap penelitian ini dapat dibiayai oleh LPPM UNISSULA untuk tahun berikutnya agar hasil dari penelitian ini bisa langsung dimanfaatkan oleh pemangku kepentingan. Terima kasih kami sampaikan kepada Unissula yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini khususnya Laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Unissula. Terima kasih juga kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu penelitian ini sehingga berjalan lancar, semoga penelitian ini bermanfaat untuk kita semua, amin.

Wassalamu'alaikum wr wb.

Semarang, 11 Desember 2020

Peneliti

DAFTAR ISI

COVER.....	1
HALAMAN JUDUL	2
RINGKASAN.....	3
PRAKATA.....	4
DAFTAR ISI.....	5
BAB 1 PENDAHULUAN	11
1.1 Latar Belakang	11
1.2 Pemasalahan.....	11
1.3 Batasan Penelitian	12
1.4 Target Luaran Penelitian	12
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1. Banjir dan Genangan	13
2.1.1. Banjir.....	13
2.1.2. Genangan.....	14
2.2. Desain Konstruksi Perkerasan Kaku	15
2.2.1. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan	15
2.2.2. Perkerasan Beton Semen Bersambung Dengan Tulangan	15
2.2.3. Perkerasan Beton Semen Menerus Dengan Tulangan	15
2.2.4. Perkerasan Beton Semen Prategang.....	15
2.3. Sambungan	16
2.3.1. Sambungan Susut (<i>Constraction Joint</i>)	16
2.3.2. Sambungan Muai (<i>Expansion Joint</i>).....	16
2.3.3. Sambungan Konstruksi (<i>Construction Joint</i>).....	17
2.3.4. <i>Dowel Bars</i>	17
2.3.5. <i>Tie Bars</i>	18
2.4. Jenis Kerusakan pada Perkerasan Kaku	18
2.4.1. Deformasi.....	18
2.4.2. Retak (<i>Crack</i>)	20
2.4.3. Kerusakan pengisi sambungan (<i>Joint Seal Damage</i>).....	23
2.4.4. Gompal (<i>spalling</i>)	24
2.4.5. Penurunan bagian tepi perkerasan (<i>edge drop - off</i>)	24

2.4.6. Tambalan dan Galian Utilitas (<i>Patching and Utility Cuts</i>).....	24
2.4.7. Kerusakan tekstur permukaan (<i>surface texture deficiencies</i>).....	25
2.4.8. Lubang (<i>pothole</i>).....	26
2.5. <i>Road Map</i> Penelitian	27
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	28
3.1 Tujuan Penelitian.....	28
3.2 Manfaat Penelitian	28
BAB 4 METODE PENELITIAN	29
4.1. Lokasi Penelitian	29
4.2. Diagram Alir Penelitian	30
4.3. Metode Penelitian	31
4.4. Metode Pengumpulan Data.....	31
4.4.1. Data Primer	31
4.4.2. Data Sekunder	31
4.5. Metode Analisis Data.....	31
4.6. Desain Konstruksi Perkerasan Kaku.....	32
BAB 5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	35
5.1. Analisis Penyebab Kerusakan <i>Rigid Pavement</i>	35
5.1.1. Penyebab Air Hujan dan Air Rob Masuk	35
5.1.2. Cara Mengatasi.....	35
5.2. Hasil Output Analisis PLAXIS 3D FOUNDATIONS	36
5.2.1. Analisis Struktur Perkerasan Jalan Pembebanan Beban Gandar Renc	36
5.2.2. Parameter Analisis Struktur <i>Subgrade I</i> Jalan	37
5.2.3. Data Umum Analisis Struktur dengan Program PLAXIS 3D FOUNDATION.....	39
5.2.4. Analisis Struktur Perkerasan dengan Program PLAXIS 3D.....	40
5.3. Evaluasi Hasil Analisis Struktur Perkerasan Jalan.....	50
5.3.1. Evaluasi Perpindahan (Lendutan) Perkerasan Kaku dengan PLAXIS 3D FOUNDATION.....	50
5.3.2. Evaluasi Tegangan Perkerasan Kaku dengan PLAXIS 3D FOUNDATION.....	50
5.3.3. Evaluasi Gaya Dalam Perkerasan Kaku dengan PLAXIS 3D FOUNDATION.....	51
5.4. Luaran Yang Dicapai.....	53

BAB 6 RENCANA TAHAP BERIKUTNYA.....	54
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	55
7.1 Kesimpulan.....	55
7.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tingkat Pelayanan Jalan	17
Tabel 2.1	Kerusakan Amblas Menurut Metode PCI	18
Tabel 2.2	Tingkat kerusakan patahan (<i>faulting</i>) menurut Metode PCI.....	19
Tabel 2.3	Tingkat kerusakan retak blok menurut Metode PCI	20
Tabel 2.4	Tingkat kerusakan retak sudut menurut Metode PCI.....	20
Tabel 2.5	Tingkat kerusakan retak diagonal menurut Metode PCI.....	21
Tabel 2.6	Tingkat kerusakan retak memanjang menurut Metode PCI.....	21
Tabel 2.7	Tingkat kerusakan retak memanjang menurut Metode PCI.....	22
Tabel 2.8	Tingkat kerusakan retak melintang menurut Metode PCI	23
Tabel 2.9	Tingkat kerusakan pengisi sambungan menurut Metode PCI.....	23
Tabel 2.10	Tingkat kerusakan gompal sambungan menurut Metode PCI	24
Tabel 2.11	Tingkat kerusakan penurunan pada bagian tepi perkerasan Metode PCI ...	24
Tabel 2.12	Tingkat kerusakan tambalan menurut Metode PCI.....	25
Tabel 2.13	Tingkat kerusakan pelepasan butir menurut Metode PCI	25
Tabel 2.14	Tingkat kerusakan lubang menurut Metode PCI.....	26
Tabel 4.1	Data Struktur Perkerasan Jalan	32
Tabel 5.1	Jangkauan Nilai Banding <i>Poisson's Ratio</i>	38
Tabel 5.2	Data Umum Analisis Struktur Program <i>PLAXIS 3D FOUNDATION</i>	40
Tabel 5.3	Persyaratan Agregat untuk Campuran Laston.....	44
Tabel 5.4	Sifat - Sifat Material untuk Lapisan Perkerasan Beton Semen dan Lapisan Beton Kuru (<i>Floor</i>).....	46
Tabel 5.5	Sifat - sifat Material untuk Lapisan Beton Semen, Beton Kuru, <i>Base Course</i> dan Lapisan <i>Subgrade (Soil & Interfaces)</i>	46
Tabel 5.6	Nilai Perpindahan pada Lapisan Perkerasan Kaku <i>dengan PLAXIS 3D FOUNDATION</i>	48
Tabel 5.7	Nilai Tegangan Efektif dan Tegangan Geser pada Lapisan Perkerasan Kaku dengan <i>PLAXIS 3D FOUNDATION</i>	48
Tabel 5.8	Nilai Tegangan Total pada Lapisan Perkerasan Kaku dengan <i>PLAXIS 3D FOUNDATION</i>	48
Tabel 5.9	Evaluasi Lendutan Struktur Perkerasan Kaku dengan <i>PLAXIS 3D FOUNDATION</i>	50
Tabel 5.10	Evaluasi Tegangan Struktur Perkerasan Kaku dengan <i>PLAXIS 3D FOUNDATION</i>	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Road Map</i> Penelitian	27
Gambar 4.1	Lokasi Penelitian	29
Gambar 4.2	Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 4.3	Tampak Atas Geometri Sederhana Struktur Perkerasan	33
Gambar 4.4	Tampak Samping Struktur Perkerasan	34
Gambar 5.1	Ilustrasi masuknya air ke bawah lapis perkerasan.....	36
Gambar 5.2	<i>Design Axle Load Standard Axle Load</i> sebesar 80 KN atau 8,16 ton	36
Gambar 5.3	Ekivalensi Luas Bidang Kontak Lingkaran.....	37
Gambar 5.4	Bidang Kontak Beban Roda	37
Gambar 5.5	Hubungan Antara K dan CBR.....	38
Gambar 5.6	Diagram Gaya Dalam pada Lapisan Perkerasan Kaku dengan Program <i>PLAXIS 3D FOUNDATION</i>	49
Gambar 5.7	Perbandingan Gaya Dalam Perkerasan Kaku dengan Program <i>PLAXIS 3D FOUNDATION</i>	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Manuskrip Jurnal Nasional Terakreditasi

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu prasarana penting dalam transportasi. Kenyamanan dan keamanan pengendara pada jalan sangat diperlukan. Perihal hal tersebut maka diperlukan adanya penanganan dan perawatan dalam jalan. Tetapi dalam perkembangan infrastruktur transportasi pada jalan terdapat tantangan yang timbul. Salah satu tantangan transportasi terjadi pada Jalan Raya Kaligawe Semarang.

Pada saat ini Jalan Raya Kaligawe menggunakan perkerasan jalan kaku/ rigid pavement. Jalan Raya Kaligawe terletak di dekat pesisir pantai. Hal tersebut menimbulkan tantangan pada jalan. Banjir pasang surut air laut/ rob selalu terjadi setiap tahun sehingga menimbulkan dampak. Salah satunya banjir air laut/ rob yang menggenangi sepanjang Jalan Raya Kaligawe Semarang. Banjir air laut ini menimbulkan berbagai permasalahan terutama pada perkerasan jalan yang digunakan.

Genangan banjir air laut dan air hujan selalu masuk ke dalam lapisan perkerasan jalan. Dengan adanya genangan air dibawah lapisan perkerasan jalan maka menyebabkan perkerasan jalan tidak bertahan lama/ terjadinya keausan jalan. Beban kendaraan yang terlalu berat juga mempengaruhi kerusakan jalan apabila dibawah lapisan terlalu banyak genangan air.

Oleh karena itu penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui apa saja penyebab terjadinya genangan air dapat masuk ke bawah lapisan perkerasan kaku. Sehingga bisa memberikan solusi bagaimana mengatasi genangan air yang masuk ke dalam perkerasan dan memberikan desain yang optimal untuk perkerasan kaku yang digunakan pada jalan yang tergenang banjir air laut.

1.2. Permasalahan

Karena banjir air pasang surut air laut/ rob yang sering terjadi sehingga menyebabkan genangan di Jalan Raya Kaligawe. Tidak hanya itu genangan air memasuki ke bawah lapisan perkerasan yang bisa merusak perkerasan. Maka timbulah permasalahan yang membutuhkan solusi. Dalam menciptakan solusi dibutuhkan rumusan masalah, diantara lainnya apa saja yang menyebabkan terjadinya air dapat masuk ke bawah lapisan perkerasan, apa penyebabnya maka akan diberi solusi cara mengatasi agar genangan air tidak masuk ke

bawah lapisan perkerasan dan bagaimana mendesain konstruksi sambungan perkerasan rigid di kawasan yang sering terjadi banjir dan air pasang rob.

1.3. Batasan Penelitian

- 1) Lokasi penelitian hanya pada Jalan Raya Kaligawe Semarang.
- 2) Berfokus kepada desain konstruksi yang optimal pada sambungan perkerasan rigid di kawasan yang sering terjadi banjir rob.

1.4. Target Luaran Penelitian

Adapun target luaran penelitian diantara lainnya.

- 1) Mengetahui penyebab bagaimana air hujan dan air rob bisa masuk ke bawah lapisan perkerasan sehingga bisa memberikan solusi dengan mengatasi agar air hujan dan rob tidak masuk ke lapisan perkerasan.
- 2) Mengetahui desain konstruksi yang optimal pada sambungan perkerasan rigid di kawasan yang sering terjadi banjir rob. Sehingga desain ini nantinya bisa digunakan tidak hanya pada Jalan Raya Kaligawe saja tetapi bisa digunakan di Jalan yang tergenang banjir air hujan dan rob.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berikut akan disampaikan beberapa teori yang digunakan sebagai dasar acuan untuk penelitian ini, diantaranya meliputi teori tentang banjir dan genangan, desain konstruksi perkerasan kaku dan Jenis Kerusakan pada Perkerasan Kaku

2.1. Banjir dan Genangan

A. Banjir

Berdasarkan definisi dari *Multilingual Technical Dictionary on Irrigation and Drainage* yang dikeluarkan oleh *International Commission on Irrigation and Drainage (ICID)*, pengertian banjir dapat diberi batasan sebagai laju aliran di sungai yang relatif lebih tinggi dari biasanya; genangan yang terjadi di daratan; kenaikan, penambahan, dan melimpasnya air yang tidak biasanya terjadi di daratan. Secara umum, mengadopsi dari ensiklopedia bebas (wikipedia), banjir diartikan sebagai suatu peristiwa di mana air menggenangi daratan/lahan yang semestinya kering sehingga menimbulkan kerugian fisik dan berdampak pada bidang sosial dan ekonomi. Banjir dapat diklasifikasikan berdasarkan : sumber air, mekanisme, posisi dan berdasarkan aspek penyebabnya (Ferad Puturuhu 2015), sebagai berikut :

1) Klasifikasi banjir berdasarkan sumber air

Klasifikasi banjir berdasarkan sumber air yang menjadi penampung di bumi, pendapat dibedakan menjadi tiga, yaitu :

- ❖ Banjir sungai; terjadi karena air sungai meluap;
- ❖ Banjir danau; terjadi karena air danau meluap atau bendungannya jebol;
- ❖ Banjir laut pasang; terjadi antara lain akibat adanya badai dan gempa bumi.

2) Klasifikasi banjir berdasarkan mekanisme terjadinya

Banjir dapat dikategorikan berdasarkan mekanisme terjadinya dan berdasarkan posisi dari sumber banjir terhadap daerah yang digenangnya. Berdasarkan mekanisme terjadinya, banjir dapat dibedakan menjadi :

- ❖ Banjir biasa (regular); banjir regular terjadi akibat jumlah limpasan yang sangat banyak sehingga melampaui kapasitas dari pembuangan air yang ada (*existing*

drainage);

- ❖ Banjir tidak biasa (irregular); banjir irregular terjadi akibat tsunami, gelombang pasang, atau keruntuhan dam (*dam break*).

3) Klasifikasi banjir berdasarkan posisi sumber banjir

Berdasarkan posisi sumber banjir terhadap daerah yang digenangnya, banjir dapat dibedakan menjadi :

- ❖ Banjir lokal; banjir lokal didefinisikan sebagai banjir yang diakibatkan oleh hujan lokal;
- ❖ Banjir bandang (flash flood); banjir bandang dapat diartikan banjir yang diakibatkan oleh propagasi limpasan dari daerah hulu pada suatu daerah tangkapan.

4) Klasifikasi banjir berdasarkan aspek penyebabnya

Dilihat dari aspek penyebabnya, jenis banjir yang ada dapat diklasifikasikan menjadi 4 jenis yaitu :

- ❖ Banjir yang disebabkan oleh hujan yang lama, dengan intensitas rendah (hujan siklonik atau frontal) selama beberapa hari;
- ❖ Banjir karena salju yang mengalir, terjadi karena mengalirnya tumpukan salju dan kenaikan suhu udara yang cepat di atas lapisan salju;
- ❖ Banjir bandang (flash flood), disebabkan oleh tipe hujan konvensional dengan intensitas yang tinggi dan terjadi pada tempat-tempat dengan topografi yang curam di bagian hulu sungai;
- ❖ Banjir yang disebabkan oleh pasang surut atau air balik (*back water*) pada muara sungai atau pada pertemuan dua sungai.

B. Genangan

Genangan dapat disebabkan oleh 2 (dua) hal yaitu akibat intensitas curah hujan yang tinggi dan pengaruh kenaikan muka air laut, gelombang pasang surut. Dalam (Suhelmi and Prihatno 2014) di jelaskan bahwa jenis penggenangan yang diakibatkan oleh kenaikan muka air laut dibedakan dalam 3 (tiga) macam yaitu :

Pertama adalah penggenangan permanen yaitu penggenangan rob yang disebabkan kenaikan muka air laut terhadap garis pantai bergeser ke arah daratan. Besarnya pergeseran

garis pantai ke arah daratan tergantung pada topografi daerah setempat. Biasanya penggenangan ini akan dialami langsung oleh kawasan pesisir yang berbatasan dengan garis pantai di pinggiran-pinggiran sungai dekat muara sungai.

Kedua adalah penggenangan sesaat yaitu penggenangan yang dialami pada saat terjadi pasang tinggi tertinggi akan tetapi setelah surut kawasan tersebut terbebas lagi. Pada daerah ini berpotensi mengalami penggenangan permanen bila muka air laut terus mengalami kenaikan. Ketiga berupa penggenangan semu yaitu bilamana suatu kawasan tersebut tidak terjadi penggenangan air laut tetapi terkena pengaruh penggenangan, yaitu melalui perembesan air laut yang masuk melalui pori-pori tanah ke arah daratan. Hal ini terlihat dan kawasan di mana permukaan tanahnya selalu lembab atau basah disebabkan pengaruh air laut yang bergerak melalui bagian bawah permukaan.

2.2. Desain Konstruksi Perkerasan Kaku

Menurut Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah (Pd.T-14-2003), Perkerasan kaku dikelompokkan kedalam empat jenis, yaitu:

A. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan

Adalah jenis perkerasan beton yang dibuat tanpa tulangan dengan ukuran plat mendekati bujur sangkar, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh sambungan-sambungan melintang. Panjang pelat beton pada perkerasan kaku jenis ini relative pendek, biasanya sekitar 3-7m.

B. Perkerasan Beton Semen Bersambung Dengan Tulangan

Adalah jenis perkerasan beton yang dibuat tanpa tulangan dan dengan ukuran pelat berbentuk persegi empat, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang. Panjang pelat beton pada perkerasan ini relatif cukup panjang berkisar antara 10-30 m.

C. Perkerasan Beton Semen Menerus Dengan Tulangan

Adalah jenis perkerasan beton yang dibuat dengan tulangan, dan dengan panjang pelat yang menerus dan yang hanya dibatasi oleh adanya sambungansambungan muai melintang. Panjang pelat pada jenis ini relatif sangat panjang yaitu dapat lebih dari 100 m. Tulangan yang dipakai cukup banyak dikarenakan untuk mencegah terjadinya retakan yang besar.

D. Perkerasan Beton Semen Prategang

Panjang pelat beton pada perkerasan beton semen prategang berkisar antara 200-700

m. Pada perkerasan ini pelat beton yang dipakai dapat lebih besar dan tebal pelat lebih tipis.

2.3. Sambungan

Perencanaan sambungan pada perkerasan jalan beton, merupakan bagian yang harus dilakukan, baik jenis perkerasan jalan beton bersambung tanpa atau dengan tulangan, maupun pada jenis perkerasan jalan beton menerus dengan tulangan.

Fungsi sambungan pada perkerasan jalan beton pada dasarnya untuk mengontrol retakan akibat susut dan tempat untuk memuai. Penempatan sambungan akan menentukan letak dimana retak tersebut harus terjadi akibat menyusutnya beton dan juga pengendalian-pengendalian terhadap perubahan-perubahan temperatur pada perkerasan maupun untuk keperluan konstruksi (pelaksanaan).

Sambungan pada perkerasan jalan beton terdiri dari sambungan arah melintang dan sambungan arah memanjang. Pada sambungan arah melintang menggunakan besi polos (dowel) yang berfungsi sebagai pemindah beban (transfer loading device). Besi polos tersebut pada salah satu ujungnya harus dapat bergerak secara bebas, sedang pada sambungan arah memanjang menggunakan besi berprofil (deformed steel) yang disebut tie bar dan berfungsi sebagai pengikat pelat beton pada arah memanjang.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga jenis-jenis sambungan pada perkerasan jalan beton, yaitu:

A. Sambungan Susut (*Contraction Joint*)

Sambungan susut dibuat untuk mengalihkan tegangan tarik akibat suhu, kelembapan, gesekan sehingga akan mencegah retak. Jika sambungan susut tidak dipasang, maka akan terjadi retak yang acak pada permukaan beton. Retak akibat susut ini biasanya terjadi pada malam hari pertama, waktu pelat beton belum selesai dicor. Sambungan susut ini ditempatkan pada jarak yang tidak melebihi perbandingan 3:2 dari panjang dan lebar pelat beton. Perlemahan untuk membentuk sambungan susut dapat dibuat dengan cara penggergajian yang dilakukan pada permukaan pelat beton selebar 4-6 mm dengan kedalaman kurang dari seperempat dari tebal pelat betonnya. Kemudian perlemahan ini diisi dengan joint sealant sedalam 4 mm untuk mencegah masuknya air dari permukaan perkerasan.

B. Sambungan muai (*Expansion Joint*)

Berfungsi untuk menyiapkan ruang muai pada perkerasan akibat perubahan temperatur yang tinggi, sehingga dapat mencegah terjadinya tegangan tekan yang akan

menyebabkan perkerasan tertekuk. Pembuatan sambungan muai, biasanya dibuat dengan cara dibentuk (preformed), karena pada sambungan ini celah harus dibuat cukup lebar.

C. Sambungan Konstruksi (*Construction Joint*)

Sambungan ini dibuat sehubungan dengan berhentinya pekerjaan (*break down*) pada waktu selesai jam kerja, kerusakan alat atau keadaan darurat lainnya. Dalam pelaksanaan pembuatan sambungan terdapat komponen-komponen yang berperan penting,

D. *Dowel Bars*

Dowel adalah sepotong baja polos yang lurus yang digunakan sebagai perangkat transfer beban dalam menjalankan fungsi-fungsinya tersebut. *Dowel* harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- 1) Sederhana dalam perencanaan, pemasangannya praktis, serta terbungkus secara sempurna oleh beton.
- 2) Mampu mendistribusikan beban akibat pegangan roda tanpa menimbulkan tegangan yang lebih pada beton.
- 3) Tahan korosi.
- 4) Untuk perhitungan dowel ini menggunakan Analisis *Frieberg* yang diambil dalam buku *Principles of Pavement Design* yaitu:

- a. Banyak dowel yang digunakan (N) : L_y / s
- b. Jarak pemasangan dari tepi = $L_y - (n-1) S / 2$
- c. l (radius kekakuan relatif) = $\frac{4\sqrt{Eh^3}}{12(1-\mu^2)k}$

keterangan :

E = Modulus Elastisitas Plat

k = Modulus daya dukung tanah

h = Tebal plat

μ = poisons ratio (0,2)

- d. Kekakuan relatif dowel (β) $\sqrt[4]{\frac{K_b}{4EI}}$

- e. Lendutan pada joint (Y_0) = $Y_o = \frac{Pt}{4\beta^3 EI} (2 + \beta \cdot z)$

Z = lebar bukaan sambungan (0,2)

f. *Bearing stress* pada beton di permukaan *dowel* : $\sigma = K \cdot Y_0$

g. *Bearing stress* yang diizinkan : $f_b = \left(\frac{4-b}{3} \right) f_c$

Dalam perhitungan *dowel* ini nilai bearing stress pada beton harus lebih kecil dari *bearing stress* yang diizinkan.

E. *Tie Bars*

Adalah batang baja yang diprofilkan dan direncanakan untuk pengikat pelat bersama-sama, serta mengatasi gesekan anantara pelat perkerasan dengan sub grade atau *sub base*. Bina Marga menyarankan *tie bars* dibuat dari baja tulangan minimum U 24, dengan diameter 16 mm, panjang 800 mm dan jarak 750 mm.

2.4. Jenis Kerusakan pada Perkerasan Kaku

Tipe kerusakan yang umum terjadi pada perkerasan kaku dapat dikelompokkan dalam beberapa tipe kerusakan yang sejenis berdasarkan model kerusakan. Identifikasi masing-masing tipe kerusakan adalah sebagai berikut :

A. Deformasi

Deformasi adalah penurunan permukaan perkerasan sebagai akibat terjadinya retak atau pergerakan antara slab. Tipe kerusakan deformasi dikelompokkan sebagai berikut:

Amblas (*depression*)

Amblas adalah penurunan permanen permukaan *slab* dan umumnya terletak disepanjang retakan atau sambungan. Kedalaman amblas yang dipandang kritis adalah lebih dari 25 mm. Menurut Metode *Pavement Condition Index* (PCI), tingkat kerusakan amblas adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kerusakan Amblas Menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Kedalaman Maksimum Amblas
1	L	½ - 1 in (13 – 25 mm)
2	M	1 – 2 in (25 – 51 mm)
3	H	>2 in (>51 mm)

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

Patahan (*faulting*)

Patahan adalah perbedaan elevasi antara slab, akibat penurunan pada sambungan atau

retakan. Patahan biasanya terjadi akibat tidak adanya transfer beban di antara dua pelat, yang diikuti dengan pemadatan atau penyusutan volume lapisan tanah di bawah pelat tersebut. Patahan di sambungan mengakibatkan kurang nyamannya pengendara, dan termasuk kerusakan fungsional. Menurut *Metode Pavement Condition Index* (PCI), tingkat kerusakan patahan (*faulting*) adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Tingkat kerusakan patahan (*faulting*) menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Beda Elevasi
1	L	1/8 – 3/8 in (3 – 10 mm)
2	M	>1/8 – 3/8 in (>3 – 10 mm)
3	H	Sangat rusak / kenyamanan kendaraan sangat terganggu

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

Pemompaan (*pumping*)

Pemompaan adalah fenomena dimana air atau lumpur keluar (terpompa) melalui sambungan atau retakan yang ditimbulkan oleh defleksi slab akibat lalu-lintas. Pemompaan dapat mengurangi daya dukung lapis pondasi karena timbulnya rongga di bawah slab dan umumnya tidak dapat diamati secara visual, kecuali setelah turun hujan. Beberapa material pondasi (*base*) sangat dipengaruhi oleh aksi pemompaan, seperti halnya pada tanah-dasar (*subgrade*) yang elastis.

Tahap awal dari pemompaan lapis pondasi dari material granuler sama dengan pemompaan pada tanah berbutir halus. Suatu rongga terbentuk oleh beban yang berulang-ulang pada material pondasi. Rongga-rongga ini, awalnya adalah akibat dari pemadatan lapis pondasi atau tanah-dasar yang tidak baik, atau dapat pula, rongga berasal dari butiran halus yang terkumpul di dalam lapis pondasi akibat deformasi permanen yang berlebihan pada bagian lapis pondasi sebelah atas. Kemudian, air masuk ke dalam rongga, jika material granuler gradasinya padat, maka material akan tetap di bawah pelat sampai terangkut oleh pengaruh defleksi pelat akibat beban berulang dari lalu lintas. Dalam hal ini, tidak ada definisi tingkat kerusakan. Cukup diidentifikasi saja bahwa telah terjadi pemompaan.

Rocking

Rocking adalah fenomena dimana terjadi pergerakan *vertical* pada sambungan atau retakan yang disebabkan oleh lalu lintas. Biasanya, *rocking* terjadi oleh akibat turunnya tanah-dasar atau pemompaan (*pumping*) lapisan pendukung di bawah pelat, sehingga

dukungan hilang yang dapat menimbulkan patah permanen. Keberadaan *rocking* tidak dapat diamati secara visual, akan tetapi dapat dirasakan bila kendaraan melintas di atas slab yang mengalami rocking. Sama halnya dengan pumping, pada rocking juga tidak ada definisi tingkat kerusakan yang terjadi.

B. Retak (*crack*)

Bila perkerasan beton timbul retak, maka segera dibersihkan dan ditutup. Jika terdapat problem structural, maka harus ditambal pada seluruh kedalamannya. Jika terdapat rongga di bawah pelat, maka rongga harus ditutup dengan aspal atau bahan lain. Seluruh sambungan dan retakan harus ditutup dengan bahan perekat supaya masuknya air dan bahan asing yang lain dapat dicegah. Jika sambungan atau retakan tidak ditutup, maka kemungkinan besar akan terjadi kerusakan perkerasan secara menyeluruh. Tipe retak yang umum terjadi pada perkerasan kaku dikelompokkan sebagai berikut:

Retak Blok (*block crack*)

Retak blok adalah retak saling berhubungan yang membentuk rangkaian blok berbentuk segiempat dan umumnya ukuran blok > 1m. Menurut Metode *Pavement Condition Index* (PCI), tingkat kerusakan untuk retak blok adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Tingkat kerusakan retak blok menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
1	L	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan rendah
2	M	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan sedang
3	H	Blok didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan tinggi.

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

Retak Sudut (*corner crack*)

Retak sudut adalah retak yang memotong secara diagonal dari tepi atau sambungan memanjang ke sambungan melintang. Menurut Metode *Pavement Condition Index* (PCI), tingkat kerusakan untuk retak sudut adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 Tingkat kerusakan retak sudut menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
1	L	Pecah didefinisikan oleh retak kecil dan area antara
2	M	Pecahan dan sambungan tidak retak atau mungkin

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
		sedikit retak. penurunan retak > 1/8 inc (3 mm) Pecah didefinisikan oleh retak sedang dan/atau area antara pecahan dan sambungan mengalami retak ukuran sedang
3	H	Pecah didefinisikan oleh retak besar sangat parah dan/atau area antara pecahan dan sambungan mengalami retak sangat parah.

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

Retak Diagonal (*diagonal crack*)

Retak diagonal adalah retak yang tidak berhubungan dan garis retaknya memotong slab. Penyebab kegagalan struktur semacam ini adalah akibat dari memadatnya tanah dasar pasir halus, sehingga mengurangi kekuatannya dalam mendukung pelat. Kondisi ini mengakibatkan pecahnya pelat beton oleh akibat tegangan yang berlebihan dalam pelat. Menurut *Metode Pavement Condition Index* (PCI), tingkat kerusakan untuk retak diagonal adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5 Tingkat kerusakan retak diagonal menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
1	L	Retak diagonal didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan rendah
2	M	Retak diagonal didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan sedang
3	H	Retak diagonal didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan sedang

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

Retak Memanjang (*longitudinal crack*)

Retak memanjang adalah retak yang tidak berhubungan dan merambat ke arah memanjang slab, dimulai sebagai retak tunggal atau serangkaian retak yang mendekati sejajar. Menurut *Metode Pavement Condition Index* (PCI), tingkat kerusakan untuk retak memanjang adalah sebagai berikut:

Tabel 2.6 Tingkat kerusakan retak memanjang menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
1	L	u dari kondisi berikut yang terjadi : Retak tak terisi, lebar <3/8 in (10 mm)

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
		Retak terisi, sembarang lebar
2	M	<p>dua dari kondisi berikut yang terjadi :</p> <p>Retak tak terisi, lebar <math><3/8 - 3\text{ in (10 - 76 mm)}</math></p> <p>Retak tak terisi, sembarang lebar 3 in (76 mm) dikelilingi retak acak ringan.</p> <p>3. Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan.</p>
3	H	<p>dua dari kondisi berikut yang terjadi :</p> <p>Sembarang retak terisi atau retak tak terisi dikelilingi dengan retak acak</p> <p>Retak tak terisi lebih dari 3 in (76 mm)</p> <p>3. Retak sembarang lebar dengan beberapa inci disekitar retakan, pecah (retak perat menjadi pecahan).</p>

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

Retak tidak beraturan (*meandering crack*)

Retak tidak beraturan adalah retak yang tidak berhubungan, polanya tidak beraturan, dan umumnya merupakan retak tunggal. Menurut *Metode Pavement Condition Index (PCI)*, tingkat kerusakan untuk retak tak beraturan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.7 Tingkat kerusakan retak memanjang menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
1	L	Retak tidak beraturan didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan rendah.
2	M	Retak tidak beraturan didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan sedang.
3	H	Retak tidak beraturan didefinisikan oleh retak dengan tingkat kerusakan sedang.

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

Retak Melintang (*transverse crack*)

Retak melintang adalah retak yang tidak berhubungan dan retaknya merambat kearah melintang slab. Perkerasan beton semen Portland yang tidak dilengkapi dengan tulangan baja untuk perubahan temperatur, akan lebih beresiko mempunyai retak melintang yang lebar. Sama halnya seperti pada retak memanjang, Menurut *Metode Pavement Condition Index (PCI)*, tingkat kerusakan untuk retak melintang adalah sebagai berikut:

Tabel 2.8 Tingkat kerusakan retak melintang menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
1	L	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Retak tak terisi, lebar <math><3/8</math> in (10 mm) 2. Retak terisi, sembarang lebar.
2	M	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Retak tak terisi, lebar <math><3/8 - 3</math> in (10 - 76 mm) 2. Retak tak terisi, sembarang lebar 3 in (76 mm) dikelilingi retak acak ringan. 3. Retak terisi, sembarang lebar yang dikelilingi retak acak ringan.
3	H	Satu dari kondisi berikut yang terjadi : 1. Sembarang retak terisi atau retak tak terisi dikelilingi dengan retak acak 2. Retak tak terisi lebih dari 3 in (76 mm) 3. Retak sembarang lebar dengan beberapa inci disekitar retakan, pecah (retak perat menjadi pecahan).

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

C. Kerusakan pengisi sambungan (*Joint Seal Damage*)

Kerusakan pengisi sambungan dapat menyebabkan masuknya bahan lain yang keras ke dalam sambungan, bahan tersebut dapat menghalangi pemuaian horizontal slab yang mengakibatkan tegangan sehingga dapat menimbulkan gompal dan retak, serta masuknya air permukaan dapat mengakibatkan pumping dan rocking. Hilangnya penutup sambungan menimbulkan tanggul-tanggul kecil pada sambungan. Kerusakan bahan pengisi sambungan juga dapat menyebabkan masuknya material keras ke dalamnya, sehingga dapat menghalangi pemuaian arah horizontal. Menurut Metode Pavement Condition Index (PCI), tingkat kerusakan untuk kerusakan pengisi sambungan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.9 Tingkat kerusakan pengisi sambungan menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
1	L	Penutup sambungan umumnya masih bagus diseluruh bagian, hanya ada sedikit kerusakan.
2	M	Penutup sambungan umumnya agak kurang bagus diseluruh bagian, hanya ada satu atau lebih

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
		kerusakan ukuran sedang.
3	H	Penutup sambungan umumnya kurang bagus diseluruh bagian, hanya ada satu atau lebih kerusakan parah.

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

D. Gompal (*spalling*)

Gompal adalah pecah yang umumnya terjadi pada bagian tepi permukaan slab, sambungan, sudut atau retakan. Kedalaman gompal bervariasi hingga lebih dari 50 mm. Menurut Metode *Pavement Condition Index* (PCI), tingkat kerusakan gompal adalah sebagai berikut:

Tabel 2.10 Tingkat kerusakan gompal sambungan menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
1	L	½ - 1 in (13 – 25 mm)
2	M	1 – 2 in (25 – 51 mm)
3	H	>2 in (>51 mm)

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

E. Penurunan bagian tepi perkerasan (*edge drop-off*)

Penurunan bagian tepi perkerasan adalah penurunan yang terjadi pada bahu yang berdekatan dengan tepi *slab*. Menurut Metode *Pavement Condition Index* (PCI), tingkat kerusakan penurunan pada bagian tepi perkerasan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.11 Tingkat kerusakan penurunan pada bagian tepi perkerasan menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
1	L	Penutup sambungan umumnya masih bagus diseluruh bagian, hanya ada sedikit kerusakan.
2	M	Penutup sambungan umumnya agak kurang bagus diseluruh bagian, hanya ada satu atau lebih kerusakan ukuran sedang.
3	H	Penutup sambungan umumnya kurang bagus diseluruh bagian, hanya ada satu atau lebih kerusakan parah.

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

F. Tambalan dan Galian Utilitas (*Patching and Utility Cuts*)

Tambalan adalah area perkerasan yang telah dibongkar dan diganti dengan material

pengisi. Penambalan sering dilakukan dalam area perkerasan guna perbaikan perkerasan, dimana dibawah perkerasan ada parit atau lubang yang harus diperbaiki. Menurut Metode *Pavement Condition Index* (PCI), tingkat kerusakan untuk retak tambalan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.12 Tingkat kerusakan tambalan menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
1	L	Tambalan dalam kondisi baik dan memuaskan. Kenyamanan berkendara dinilai terganggu sedikit.
2	M	Tambalan sedikit rusak, diikuti terjadinya gompal. Kenyamanan kendaraan agak terganggu.
3	H	Tambalan sangat rusak. Kenyamanan kendaraan sangat terganggu.

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

G. Kerusakan tekstur permukaan (*surface texture deficiencies*)

Keausan akibat lepasnya mortar dan agregat (*scaling*)

Scaling adalah kerusakan atau keausan dari slab yang mengakibatkan aus atau lepasnya mortar beton yang diikuti dengan lepasnya agregat pada bagian yang mengalami kerusakan. Dalam kerusakan yang sudah parah, pengelupasan permukaan beton bisa berlanjut sampai kedalaman yang dalam *Scaling* mudah sekali dikenali, dan merupakan kerusakan yang umum terjadi pada beton. Ditinjau dari kekuatan struktur, kerusakan semacam ini tidak berakibat serius. Menurut Metode *Pavement Condition Index* (PCI), tingkat kerusakan pelepasan butir adalah sebagai berikut:

Tabel 2.13 Tingkat kerusakan pelepasan butir menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Identifikasi Kerusakan
1	L	Agregat atau bahan pengikat mulai lepas. Di beberapa tempat, permukaan mulai berlubang.
2	M	Agregat atau bahan pengikat telah lepas, tekstur permukaan agak kasar dan berlubang.
3	H	Agregat atau bahan pengikat telah banyak lepas, tekstur permukaan sangat kasar dan mengakibatkan banyak lubang. Diameter lubang <4 in (10 mm) dan kedalaman ½ in (13 mm).

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

Keausan agregat (*polished aggregate*)

Kekesatan yang rendah adalah kerusakan yang diakibatkan rendahnya tekstur mikro atau makro. Umumnya, rendahnya tekstur mikro disebabkan oleh ausnya (*polishing*) agregat kasar pada permukaan beton atau akibat penggunaan agregat bulat dan licin. Penurunan tekstur makro terjadi karena pengausan mortar beton pada perkerasan. Kekesatan yang rendah, meskipun kadang-kadang dapat dikenali, akan tetapi tidak dapat diukur secara visual. Untuk tingkat kerusakan seperti ini, tidak ada definisi derajat kerusakan, tetapi tetap dinilai sebagai kerusakan.

H. Lubang (*pothole*)

Lubang adalah pelepasan mortar dan agregat pada bagian permukaan perkerasan yang membentuk cekungan dengan kedalaman lebih dari 15 mm dan tidak memperlihatkan pecahan-pecahan yang bersudut seperti pada gompal. Kedalamnya dapat berkembang dengan cepat dengan adanya air. Menurut Metode *Pavement Condition Index (PCI)*, tingkat kerusakan lubang adalah sebagai berikut:

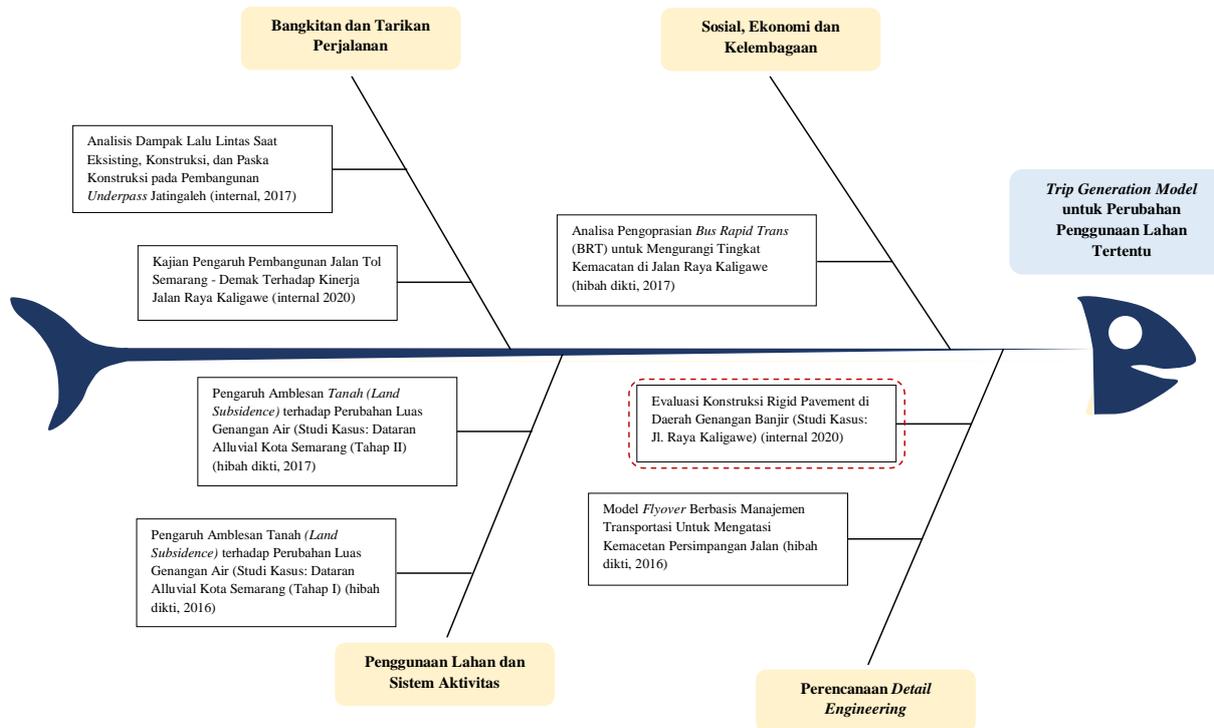
Tabel 2.14 Tingkat kerusakan lubang menurut Metode PCI

No	Tingkat Kerusakan	Kedalaman Lubang
1	L	½ - 1 in (13 – 25 mm)
2	M	1 – 2 in (25 – 51 mm)
3	H	>2 in (>51 mm)

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI> 24 Agustus 2017

2.1. Road Map Penelitian

Berikut ini adalah beberapa kegiatan penelitian yang telah dan akan dilakukan oleh pengusul dalam topik *Trip Generation Model* untuk perubahan penggunaan lahan tertentu yang diuraikan dalam sub judul, sebagaimana dapat dijelaskan oleh bagan tersebut di bawah ini :



Sumber : tim peneliti, 2020

Gambar 2.1 Road Map Penelitian

BAB 3

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah diajukan di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Mengetahui penyebab terjadinya genangan air hujan maupun air rob dibawah lapisan perkerasan rigid di jalan Raya Kaligawe
- 2) Mengetahui cara mengatasi masuknya air hujan maupun air rob di dibawah lapisan perkerasan rigid Jalan Raya Kaligawe
- 3) Mengetahui desain konstruksi yang optimal pada sambungan perkerasan rigid di kawasan yang sering terjadi banjir rob

3.2. Manfaat Penelitian

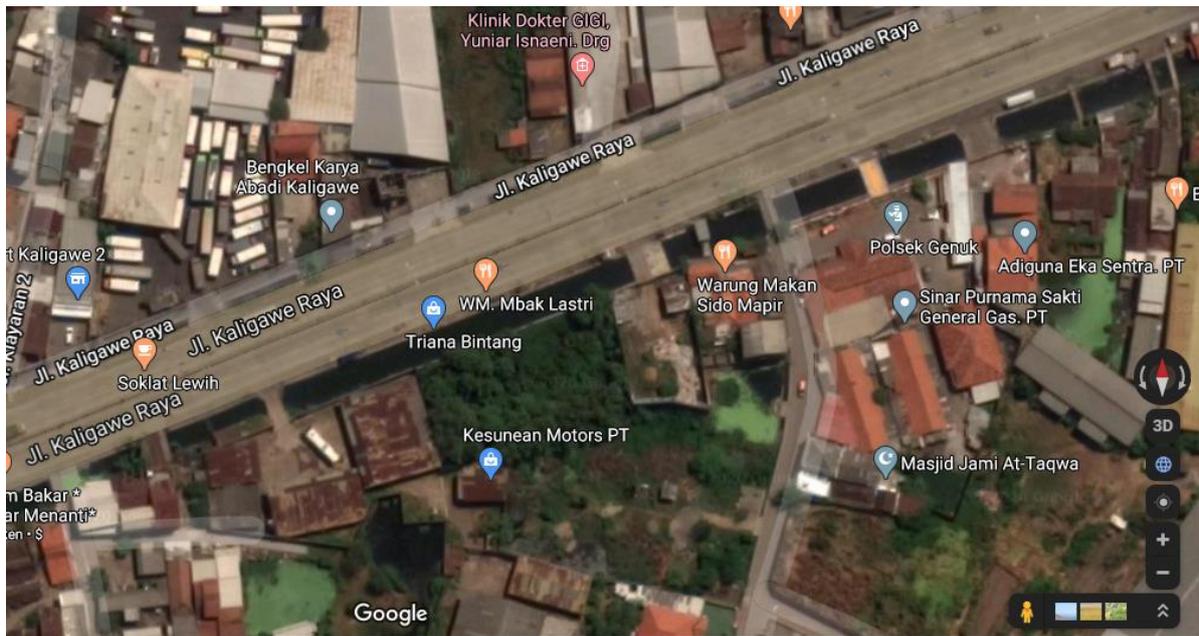
Manfaat penelitian yang diharapkan adalah meningkatkan pemahaman dan pengetahuan terkait penyebab terjadinya kerusakan pada *rigid pavement* di wilayah yang tergenang air rob, serta melengkapi beberapa penelitian sebelumnya, selain itu penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi:

- 1) Pemerintah, sebagai masukan tentang mekanisme dan arahan kebijakan terkait strategi perbaikan *rigid pavement* dalam upaya pemenuhan kebutuhan transportasi prasarana jalan yang baik khususnya di ruas arteri primer Jalan Kaligawe Kota Semarang.
- 2) Masyarakat dan pihak swasta yang mempunyai kaitan erat dalam pemenuhan kebutuhan prasarana jalan khususnya *rigid pavement* sehingga lebih berperan dalam menunjang program pembangunan pada ruas jalan arteri primer Kali Gawe Semarang.

BAB 4 METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan secara detail tentang metode penelitian yang digunakan. Adapun pengertian metode penelitian yaitu proses atau langkah yang digunakan pada penelitian. Pada bab metode penelitian ini juga akan digambarkan bagan alir/ *flow chart*. Lokasi pada penelitian ini adalah di Jalan Kaligawe Raya.

4.1. Lokasi Penelitian



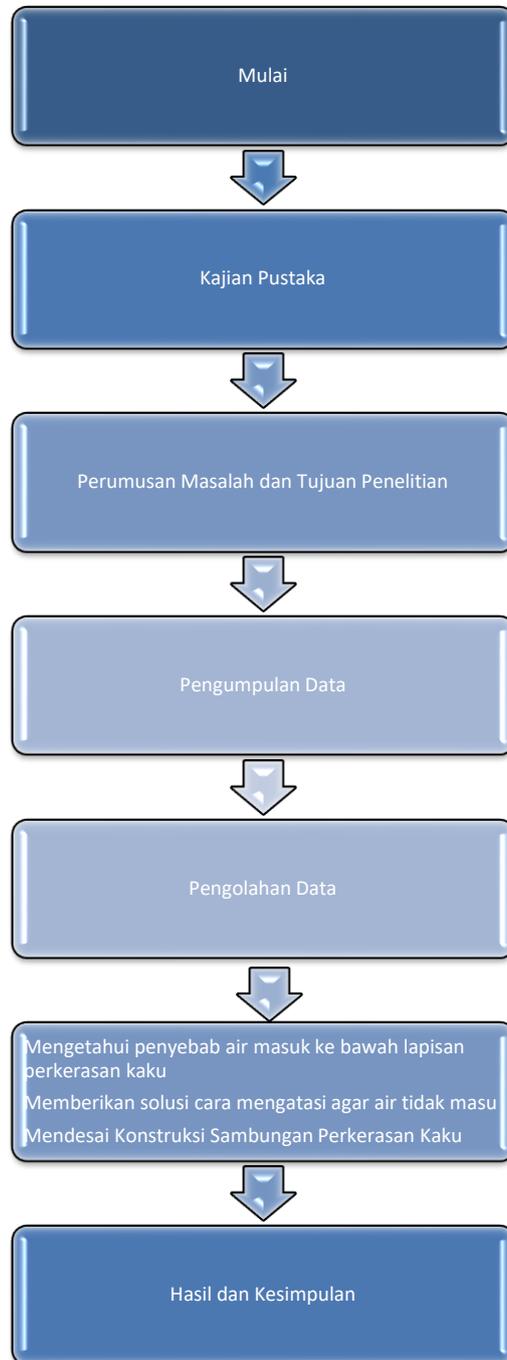
Sumber : tim peneliti, 2020

Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian yaitu sepanjang Jalan Raya Kaligawe Semarang. Penelitian dilakukan pada musim hujan terutama jika hujan mengakibatkan banjir dan adanya banjir rob. Sehingga di dapatkan data yang akurat dan maksimal.

4.2. Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian ini disajikan pada Gambar 4.2



Sumber : tim peneliti, 2020

Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian

4.3. Metode Penelitian

Pada kajian ini peneliti menggunakan jenis penelitian Deskriptif, yaitu dengan memusatkan pada masalah yang ada pada saat sekarang dimana kondisi kerusakan di tempat penelitian dapat diperoleh data yang akurat dan cermat. Analisis yang digunakan adalah dengan mengumpulkan data berupa data primer dan data sekunder kemudian disusun. Berkaitan dengan penelitian, kemudian data-data tersebut akan dilanjutkan dengan proses analisis. Deskripsi berarti data yang dikumpulkan disusun kemudian dianalisis.

4.4. Metode Pengumpulan Data

A. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dengan cara pengamatan dan pengukuran secara langsung di lokasi penelitian. Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Data jenis kerusakan jalan

Gambar jenis - jenis kerusakan jalan yang ada ruas jalan Kaligawe yang berupa gambar retak pojok, retak melintang, keausan agregat, berlubang, tambalan, dan retak rambut.

- 2) Data ukuran

Panjang dan lebar tingkat kerusakan jalan, data ukuran berapa panjang dan lebar untuk retak pojok, retak melintang, keausan agregat, berlubang, tambalan dan retak rambut.

B. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dengan cara mengumpulkan dokumen terkait baik dari instansi maupun hasil penelitian sejenis. Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Dokumen perencanaan
- 2) Penelitian terdahulu sejenis

4.5. Metode Analisa Data

Data Inventori Jalan adalah data yang dibutuhkan antara lain data perencanaan jalan dari BPJN. Metode analisis kondisi jalan menggunakan metode *Pavement Condition Index (PCI)*

- 1) Menghitung kadar kerusakan (*density*).

$$\text{Density} = \text{Ad/As} \times 100 \% \text{ Atau } \text{Density} = \text{Ld/As} \times 100 \%$$

- 2) Menentukan nilai *Deduct Value* tiap jenis kerusakan.

Diperoleh dari kurva hubungan antara density dan deduct value.

- 3) Menentukan nilai *Total Deduct Value* (TDV).

Nilai total dari *individual deduct value* untuk tiap jenis kerusakan

- 4) Menentukan nilai *Corrected Deduct Value* (CDV).

Diperoleh dari kurva hubungan antara nilai TDV dan nilai CDV

- 5) Menghitung nilai *Pavement Condition Index* (PCI).

- 6) Data questioner

Untuk mengetahui faktor penyebab kerusakan jalan dari warga sekitar.

4.6. Desain Konstruksi Perkerasan Kaku

Metode penelitian ini menggunakan program PLAXIS 3D FOUNDATION yang menghasilkan *output* berupa perpindahan/lendutan, tegangan, dan gaya - gaya dalam. Selanjutnya, hasil *output* tersebut dibandingkan serta dianalisis lebih lanjut untuk mengevaluasi stabilitas struktur perkerasan jalan.

A. Data Struktur Perkerasan Jalan

Tabel 4.1 Data Struktur Perkerasan Jalan

Data Struktur Perkerasan Kaku	
Mutu Beton	K-400
Dimensi	6 x 3 m
Lap perkerasan beton	30 cm
Lap beton kurus	10 cm
Lap pondasi (<i>base course</i>)	5 cm
Tanah dasar (<i>subgrade</i>)	15 cm
CBR	6%

Sumber: data primer, 2020

Data struktur perkerasan kaku dengan dimensi (6 m x 3 m), yang terdiri dari lapisan perkerasan beton K400 dengan tebal 30 cm, lapisan beton kurus 10 cm, lapisan pondasi (*base course*) tebal 5 cm, dan tanah dasar (*subgrade*) berupa lempung tebal 15 cm. Dengan nilai CBR sebesar 6%.

B. Data Sifat - sifat Material Lapisan Perkerasan Jalan

Data sifat - sifat material lapisan perkerasan jalan termasuk tanah dasar (bersifat lempung) merupakan data sekunder dari hasil studi pustaka dan referensi - referensi yang berkaitan dengan topik penelitian.

C. Tahap Analisis Struktur Perkerasan

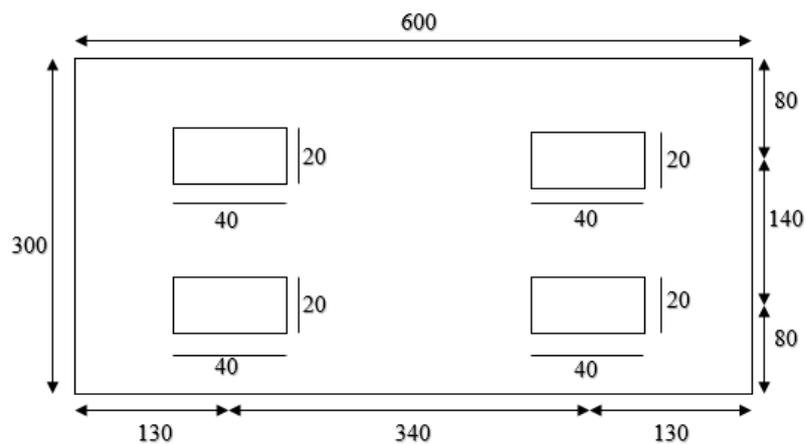
Pada tahap ini akan dilakukan analisis desain struktur perkerasan kaku untuk mengetahui besaran lendutan/perpindahan, tegangan, gaya - gaya dalam, dan stabilitas struktur perkerasan berdasarkan tingkat keamanan terhadap deformasi dan tegangan yang terjadi.

D. Analisis Struktur Perkerasan dengan PLAXIS 3D FOUNDATION

Tahapan analisis dengan PLAXIS 3D FOUNDATION dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

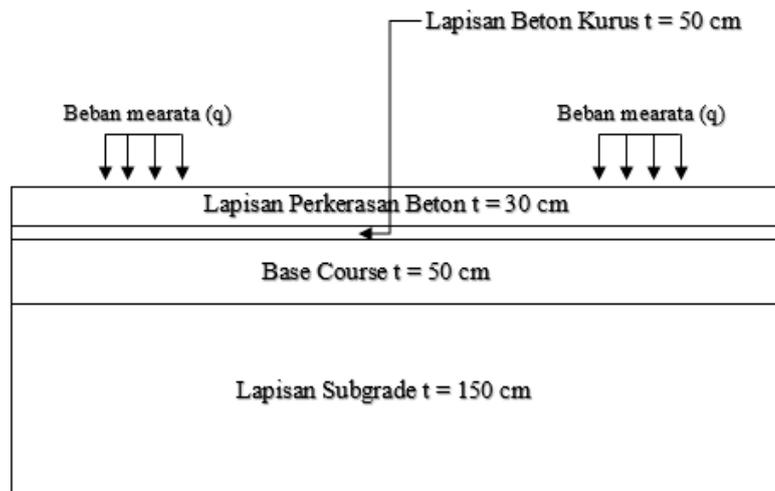
1) Geometri

Model geometri berupa struktur perkerasan kaku dengan dimensi 6 m x 3 m, seperti terlihat pada gambar berikut:



Sumber: hasil data primer, 2020

Gambar 4.3 Tampak Atas Geometri Sederhana Struktur Perkerasan



Sumber: hasil data primer, 2020

Gambar 4.4 Tampak Samping Struktur Perkerasan

2) Membuat Masukan

Untuk menjalankan PLAXIS perlu input data dan mengatur beberapa parameter yang dibutuhkan. Input data ini berupa bidang kerja, kontur geometri, pembebanan, lubang bor, dan input kumpulan data material. Setelah input data dan mengatur parameter, selanjutnya dilakukan penyusunan jaringan elemen 2D dan 3D.

3) Melakukan Perhitungan

Setelah jaring elemen disusun, model elemen hingga telah lengkap, selanjutnya dilakukan perhitungan semua elemen dan data yang telah di input pada PLAXIS.

4) Menampilkan hasil keluaran

Setelah perhitungan selesai dilakukan, hasilnya dapat dievaluasi dalam program Output. Dalam jendela Output dapat dilihat perpindahan dan tegangan-tegangan yang terjadi di seluruh geometri atau pada potongan - potongan tertentu serta gaya - gaya dalam pada elemen - elemen struktural, jika memang diperlukan. Hasil komputasi juga dapat dilihat dalam bentuk kurva dan tabel.

E. Tahap Perbandingan Hasil Analisis

Pada tahap ini akan dilakukan perbandingan hasil analisis output besaran perpindahan/lendutan, tegangan, dan gaya - gaya dalam pada struktur perkerasan kaku untuk mengetahui perbedaan output besaran tersebut dan stabilitas struktur perkerasan terhadap deformasi dan tegangan yang terjadi. Hasil perbandingan ini akan dipakai sebagai dasar evaluasi terhadap hasil output struktur perkerasan yang telah dianalisis dengan PLAXIS 3D FOUNDATION.

BAB 5

HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

Bab ini menjelaskan tentang hasil dan luaran yang dicapai setelah proses penelitian.

5.1. Analisis Penyebab Kerusakan *Rigid Pavement*

Analisis hasil ini diperoleh berdasarkan pengamatan - pengamatan dari keadaan sekitar penelitian.

A. Penyebab Air Hujan dan Air Rob Masuk

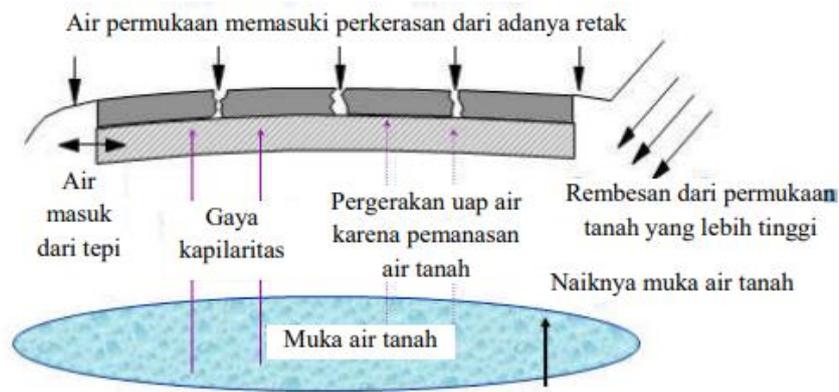
Dari pengamatan dan tinjauan yang dilakukan, penyebab yang mengakibatkan air hujan dan air rob bisa masuk ke bawah lapisan permukaan yaitu karena:

- a) Tersumbatnya saluran drainase dan ketidakmampuannya menampung debit air lagi.
- b) Ruas existing jalan yang relatif rendah dan permukaan daerah pemukiman yang lebih tinggi.

B. Cara Mengatasi

Dari dua penyebab diatas memberikan kontribusi pada sulitnya untuk mengalirkan air permukaan dan air tanah dangkal. Adanya air permukaan dan air tanah dangkal menyebabkan potensi air memasuki perkerasan jalan, yang seharusnya bersifat kedap. Seperti telah disampaikan bahwa air (dengan segala bentuknya) mempunyai pengaruh yang merusak terhadap perkerasan jalan. Oleh karena itu, cara mengatasi untuk penyebab di atas yaitu dengan konsep sistem perkerasan jalan. Konsep ini bagaimana mengusahakan agar air dapat keluar dari perkerasan jalan dengan cepat melalui suatu sistem drainase jalan.

Ada juga dengan membuat sistem polder. Sistem polder adalah suatu cara penanganan banjir rob dengan kelengkapan sarana fisik satu kesatuan pengelolaan tata air tak terpisahkan, yang meliputi: sistem drainase kawasan, kolam retensi, tanggul keliling kawasan, pompa dan pintu air. Manajemen sistem tata air dilakukan dengan mengendalikan volume, debit, muka air, tata guna lahan dan lansekap.



Sumber: hasil analisis, 2020

Gambar 5.1 Ilustrasi masuknya air ke bawah lapis perkerasan

5.2. Hasil Output Analisis PLAXIS 3D FOUNDATIONS

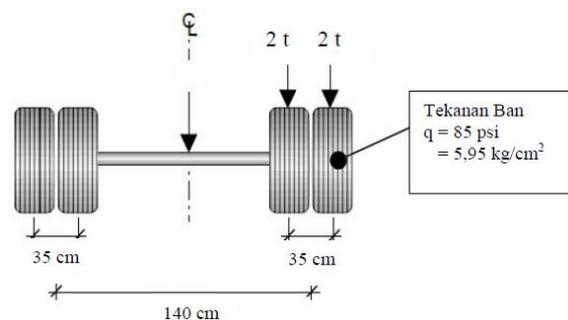
Pada langkah ini akan dilakukan evaluasi dari hasil perbandingan output perkerasan kaku untuk mengetahui kemampuan dan stabilitas kedua struktur perkerasan tersebut.

A. Analisis Struktur Perkerasan Jalan Pembebanan Beban Gandar Rencana

Beban gandar (*axle load*) yang digunakan untuk perancangan perkerasan jalan mengacu pada peraturan Bina Marga (1987) mengenai beban gandar tunggal standar (Standard Single Axle Load), yaitu sebesar 8,16 ton

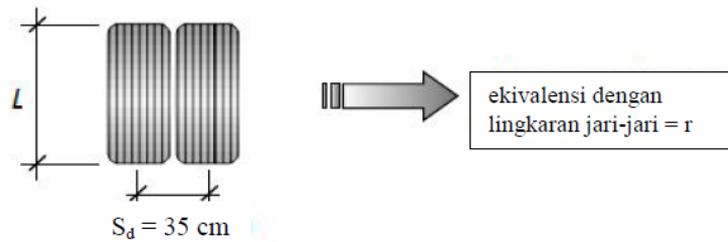
Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan menyatakan bahwa Muatan Sumbu Terberat (MST) yang diijinkan untuk jalan arteri kelas IIIA adalah sebesar 8 Ton.

Di dalam analisis struktur perkerasan ditentukan MST besarnya adalah 8 ton sebagai beban statis. Untuk analisis beban MST sama dengan 8 ton, desain beban gandar dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.3 di bawah ini.



Sumber: hasil analisis, 2020

Gambar 5.2 Design Axle Load Standard Axle Load sebesar 80 KN atau 8,16 ton



Sumber: hasil analisis, 2020

Gambar 5.3 Ekivalensi Luas Bidang Kontak Lingkaran

Tire contact area disederhanakan berbentuk lingkaran dengan jari-jari r adalah:

$$L = \sqrt{\frac{Pd}{0,5227 \cdot q}} = \sqrt{\frac{2000}{0,5227 \times 5,95}} = 25,36 \text{ cm}$$

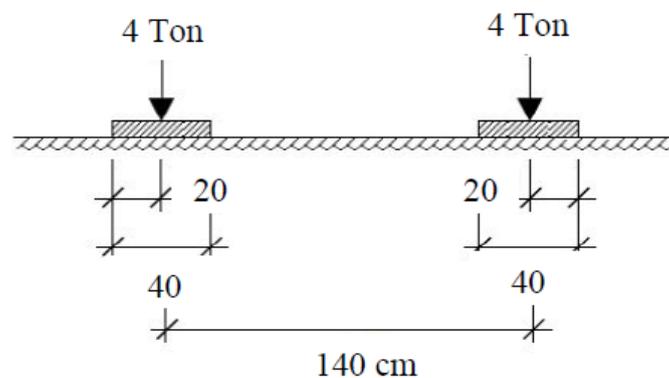
$$\pi \cdot r^2 = (2 \times 0,5227 \times L^2) + ((S_d - 0,6) \times L)$$

$$\pi \cdot r^2 = (20,4454 \times 25,36^2) + (34,4 \times 25,36)$$

$$\pi \cdot r^2 = 1158,83$$

$$r = \sqrt{\frac{1158,83}{\pi}} = 19,21 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Dengan demikian bidang kontak beban roda dapat dilihat pada Gambar 5.4, seperti terlihat di bawah ini :



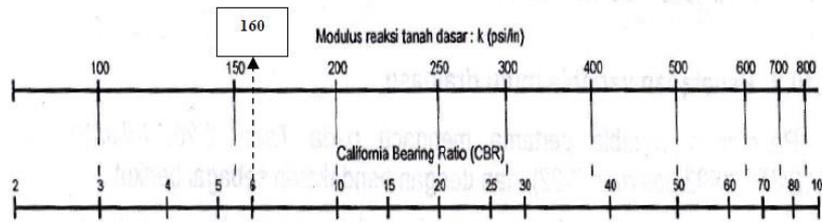
Sumber: hasil analisis, 2020

Gambar 5.4 Bidang Kontak Beban Roda

B. Parameter Analisis Struktur *Subgrade* Jalan

Modulus Reaksi Tanah Dasar (ks)

Koefisien Modulus of Subgrade Reaktion (ks) yang digunakan untuk analisis struktur perkerasan dapat dihitung berdasarkan nilai CBR tanah dasarnya. Menurut Oglesby, dkk., (1996), nilai ks dapat ditentukan berdasarkan data CBR tanah karena antara ks dan CBR terdapat korelasi nonlinier seperti yang disajikan pada Gambar 5.5.



Sumber: hasil analisis, 2020

Gambar 5.5 Hubungan Antara K dan CBR

Tanah dasar dalam analisis struktur perkerasan jalan ini berupa lempung dengan nilai CBR sebesar 6 %, sehingga jika nilai itu diplotkan ke Gambar 5.5 didapat nilai k_s sebesar 160 psi/in = $160 \times 6895/0,0254$ (N/m²)/m = 43.433.071 N/m³ = 43.433 kN/m³. Dari data tersebut maka besarnya nilai Modulus Reaksi Tanah Dasar (k_s) yang akan dipakai dalam analisis struktur perkerasan jalan adalah sebesar 43,433 KN/m³.

Modulus Elastisitas Tanah (Es)

Nilai modulus elastisitas tanah dapat diukur dari korelasi antara modulus resilien tanah dasar dengan CBR yaitu sebagai berikut :

$$MR \text{ tanah dasar (MPa)} = 10 \times CBR(\%) = 10 \times 6 = 60 \text{ MPa.}$$

Sehingga besarnya nilai modulus elastisitas tanahnya adalah sebesar 60 MPa atau setara dengan $60 \text{ Mpa} = 60 \text{ N/mm}^2 \times \frac{10^{-3}}{10^{-6}} = 60000 \text{ KN/m}^2$

Angka Poisson's Ratio (v)

Menurut Bowles (1998), besarnya nilai *Poisson's Ratio* (v) berdasarkan jenis tanahnya disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Jangkauan Nilai Banding *Poisson's Ratio*

Jenis Tanah	v
Lempung Jenuh	0,40-0,50
Lempung Tak Jenuh	0,10-0,30
Lempung Berpasir	0,20-0,30
Lanau	0,30-0,35
Pasir (padat) Pasir berkerikil	0,10-1,00
Biasa dipakai	0,30-0,40
Batuan	0,10-0,40
Tanah Lus	0,10-0,30
Es	0,36

Jenis Tanah	ν
Beton	0,15

Sumber: Bowles, 1998

Tanah dasar dalam analisis struktur perkerasan jalan ini berupa lempung, sehingga nilai ν berdasarkan pada tabel di atas terletak pada *range* nilai 0,10-0,50. Untuk analisis struktur perkerasan ditentukan besarnya nilai ν diambil rata-rata sebesar 0,30.

Daya Dukung Tanah Ultimit (q_u)

Daya dukung tanah ultimate dapat dihitung berdasarkan rumus pendekatan yang diberikan oleh J.E. Bowles. Dari data k_s diketahui bahwa nilai k_s adalah sebesar 43.433 kN/m³, sehingga nilai daya dukung tanahnya dapat dihitung sebagai berikut :

$$K_s = 40 \times q_u$$

$$q_u = \frac{K_s}{40}$$

$$q_u = \frac{43433}{40}$$

$$q_u = 1085,825 \text{ KN/m}^2$$

Dari perhitungan di atas diketahui bahwa besarnya Daya Dukung Tanah adalah sebesar 1.085,825 kN/m².

Lendutan Ijin (δ)

Lendutan maksimal yang diijinkan terjadi pada struktur perkerasan yang berada di atas subgrade dari data k_s diketahui bahwa nilai q_u adalah sebesar 1.085,825 kN/m² dan k_s adalah sebesar 43.433 kN/m³, sehingga nilai lendutan yang diijinkan adalah :

$$\delta = \frac{q_u}{K_s} = \frac{1085,825}{43433} = 0,025 \text{ m} = 2,5 \text{ cm}$$

Jadi, lendutan yang diijinkan terjadi pada struktur perkerasan yang terletak di atas tanah dasar adalah maksimal sebesar 2,5 cm.

C. Data Umum Analisis Struktur dengan Program PLAXIS 3D FOUNDATION

Analisis struktur dengan program PLAXIS 3D FOUNDATION dapat dipakai untuk menganalisis struktur perkerasan jalan. Program PLAXIS 3D FOUNDATION dapat menghitung besaran tegangan dan lendutan yang terjadi pada struktur perkerasan akibat beban yang bekerja di atas struktur perkerasan. Hasil keluaran analisis PLAXIS 3D FOUNDATION dapat dipakai sebagai dasar untuk menentukan kelayakan dari desain

perbaikan struktur perkerasan berdasarkan nilai-nilai tegangan dan lendutan yang dihasilkan dari suatu struktur perkerasan. Data umum mengenai analisis struktur dengan PLAXIS 3D FOUNDATION selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Data Umum Analisis Struktur Program PLAXIS 3D FOUNDATION

No	Keterangan	Program PLAXIS 3D FOUNDATION
1	Data Masukan	<ul style="list-style-type: none"> a. <i>General Setting</i> (Pengaturan Umum) b. <i>Geometry</i> (Geometri) c. <i>Loads</i> (Beban) d. <i>Material Properties</i> (Properti Material) e. <i>Mesh Generation</i> (Penyusunan Jaring Elemen)
2	Perhitungan	<ul style="list-style-type: none"> a. <i>Load Stepping Procedures</i> b. <i>Staged Construction</i> c. <i>Previewing a Construction Stage</i> d. <i>Selecting Points for Curves</i> e. <i>Excution of the Calculation Process</i>
3	Data Keluaran	<ul style="list-style-type: none"> a. <i>Deformations</i> (Deformasi) b. <i>Stresses</i> (Tegangan) c. <i>Structures & Interfaces</i> (Struktur&Antarmuka) d. <i>Tables</i> (Tabel) e. <i>A Cross Section</i> (Potongan) f. <i>Curves</i> (Kurva)
4	Pemodelan Struktur	Pemodelan 3 dimensi

Sumber: hasil analisis, 2020

D. Analisis Struktur Perkerasan dengan Program PLAXIS 3D

Data Sifat - Sifat Material Struktur Perkerasan

Untuk melakukan analisis struktur perkerasan kaku dengan PLAXIS 3D FOUNDATION diperlukan adanya data sifat-sifat dari material struktur perkerasan yang akan dianalisis. Data sifat-sifat material struktur perkerasan kaku berupa perkerasan beton yang akan dianalisis adalah sebagai berikut:

a) Sifat - sifat Material Lapisan Beton Semen

Mutu Beton $f'c = K400$

Mutu Beton $f_s = f_s 45$ (45 kg/cm²)

Mutu Baja = Baja tulangan ulir U32 $f_y = 3200$ kg/cm²

Baja tulangan polos U32 $f_{ys} = 0,5 \times 3200 = 1600$ kg/cm²

b) Berat Jenis Perkerasan Beton

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia (PPI 1981) besarnya nilai berat jenis beton bertulang adalah sebesar $2,4 \times 10^{-3}$ kg/cm³ atau sebesar 24 kN/m³.

c) Modulus Elastisitas Perkerasan Beton

Dengan mutu beton K400 atau nilai kuat tekan sebesar 400 kg/cm² sama dengan 40 MPa, maka nilai modulus elastisitas betonnya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'c}$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{40}$$

$$E_c = 29.725,410 \text{ Mpa} = 29.725.410 \text{ KN/m}^2$$

Jadi, nilai modulus elastisitas perkerasan beton bertulang yang dipakai dalam analisis ini adalah sebesar 29.725.410 KN/m².

d) Angka Poisson's Ratio Perkerasan Beton

Angka *poisson's ratio* beton bertulang yang dipakai dalam analisis ini diambil sebesar 0,2.

e) Modulus Geser (G) Perkerasan Beton

Besarnya nilai modulus geser (G) untuk perkerasan beton dapat dihitung dengan memakai rumus :

$$G = \frac{E_c}{2(1+\nu)}$$

Dimana :

G = Modulus geser perkerasan beton (MPa)

E_c = Modulus elastisitas perkerasan beton (MPa)

ν = Angka poisson ratio perkerasan beton

Dengan E_c sebesar 29.725,410 MPa dan angka poisson beton bertulang sebesar 0,2

maka besarnya nilai modulus geser perkerasan beton adalah sebagai berikut :

$$G = \frac{Ec}{2(1+\nu)}$$

$$G = \frac{29.725,410}{2(1+0,2)}$$

$$G = \frac{29.725,410}{2,4}$$

$$G = 12.385,587 \text{ Mpa} = 12.385,587 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, nilai modulus geser perkerasan beton yang dipakai untuk analisis adalah sebesar 12.385,587 kg/cm² sama dengan 12.385.587 kN/m².

Sifat - Sifat Material Beton Kurus yang akan dianalisis adalah sebagai berikut:

Mutu beton $f'c = K125$

a) Berat Jenis Beton Kurus

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia (PPI 1981) besarnya nilai berat jenis beton tidak bertulang adalah sebesar $2,2 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$ sama dengan 22 kN/m^3 .

b) Modulus Elastisitas Beton Kurus

Dengan mutu beton K125 atau nilai kuat tekan sebesar 125 kg/cm^2 atau sebesar 12,5 MPa, maka nilai modulus elastisitas betonnya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Ec = 4700 \times \sqrt{f'c}$$

$$Ec = 4700 \times \sqrt{12,5}$$

$$Ec = 16.617,009 \text{ Mpa} = 166.170,09 \text{ KN/m}^2$$

Jadi, nilai modulus elastisitas *Wet Lean Concrete (WLC)* yang dipakai dalam analisis ini adalah sebesar $166.170,09 \text{ kg/cm}^2$ sama dengan $16.617.009 \text{ kN/m}^2$.

c) Angka Poisson's Ratio Beton Kurus

Angka *poisson's ratio* beton bertulang yang dipakai dalam analisis ini diambil sebesar 0,2.

d) Modulus Geser (G) Beton Kurus

Besarnya nilai modulus geser (G) untuk perkerasan beton dapat dihitung dengan memakai rumus :

$$G = \frac{Ec}{2(1+\nu)}$$

Dimana :

G = Modulus geser perkerasan beton (MPa)

Ec = Modulus elastisitas perkerasan beton (MPa)

v = Angka poisson ratio perkerasan beton

Dengan Ec sebesar 16.617,009 MPa dan angka *poisson's* beton bertulang sebesar 0,2 maka besarnya nilai modulus geser Beton Kuru adalah sebagai berikut :

$$G = \frac{Ec}{2(1+v)}$$

$$G = \frac{16.617,009}{2(1+0,2)}$$

$$G = \frac{16.617,009}{2,4}$$

$$G = 6.923,754 \text{ Mpa} = 69.237,54 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, nilai modulus geser Beton Kuru yang dipakai untuk analisis adalah sebesar 69.237,54 kg/cm² atau sebesar 6.923.754 kN/m².

Sifat-sifat Material *Base Course* yang akan dianalisis adalah sebagai berikut :

a) Berat Jenis Lapisan *Base Course*

Lapisan *Base Course* berupa lapisan AC sehingga nilai berat jenis *Base Course* dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}}$$

$$G_{se} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{se1}} + \frac{P_2}{G_{se2}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sen}}}$$

Dimana :

P_{mm} = Persen berat terhadap total campuran = 100

P_s = Persen agregat terhadap total campuran

P_b = Kadar aspal total, persen terhadap total campuran

P₁, P₂, P_n = Persentase masing-masing fraksi agregat

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

Berdasarkan standar Bina Marga 1997, nilai - nilai berat jenis agregat dan aspal untuk campuran laston disajikan pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Persyaratan Agregat untuk Campuran Laston

No	Bahan Laston	Jenis Pengujian	Persyaratan	Standar Rujukan
1	Agregat Kasar	Berat Jenis bulk	2,5 gram/cm ³	SNI-1969-1990-F Pd.T-04-2005-B
		Berat Jenis Efektif	2,5 gram/cm ³	PB-0202-76-MPBJ
2	Agregat Halus	Berat Jenis bulk	2,5 gram/cm ³	SNI-1969-1990-F Pd.T-04-2005-B
		Berat Jenis Efektif	2,5 gram/cm ³	PB-0203-76-MPBJ
3	Bahan Filler	Berat Jenis bulk	2,5 gram/cm ³	PB-0208-76-MPBJ
		Berat Jenis Efektif	2,5 gram/cm ³	PB-0208-76-MPBJ
4	Aspal	Berat Jenis	1,0 gram/cm ³	SNI 03-1737-1989
		Kadar Aspal	4-7 %	SNI 03-1737-1989

Sumber : SNI 03-1737-1989, SNI-1969-1990-F, PB-0202-76-MPBJ, PB-0203-76-MPBJ, PB-0208-76-MPBJ, Pd.T-04-2005-B.

Dengan asumsi bahwa proporsi fraksi agregat dalam campuran agregat aspal beton adalah agregat kasar (P_1) sebesar 0,41; agregat halus (P_2) sebesar 0,53 dan bahan *filler* (P_3) sebesar 0,06 maka nilai dari berat jenis efektif campuran agregat, berat jenis maksimum campuran laston dapat dihitung sebagai berikut:

$$G_{se} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{se1}} + \frac{P_2}{G_{se2}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sen}}}$$

$$G_{se} = \frac{0,41 + 0,53 + 0,06}{\frac{0,41}{2,5} + \frac{0,53}{2,5} + \frac{0,06}{2,5}}$$

$$G_{se} = \frac{1}{0,164 + 0,212 + 0,024}$$

$$G_{se} = \frac{1}{0,4}$$

$$G_{se} = 2,5 \text{ g/cm}^3$$

Dari data di atas diketahui bahwa berat jenis efektif campuran agregat adalah sebesar 2,5 g/cm³, dengan asumsi kadar aspal diambil rata-rata 5%, sehingga nilai berat jenis campuran laston minimal dapat dihitung sebagai berikut:

Pb = 5 % maka nilai dari Ps = 100%-5% = 95%

$$G_{mm} = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}}$$

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{95}{2,5} + \frac{5}{1}}$$

$$G_{mm} = \frac{100}{43}$$

$$G_{mm} = 2,325 \text{ g/cm}^3$$

Jadi berat jenis lapisan Base Course adalah sebesar 2,325 g/cm³ atau sebesar 23,25 KN/m³.

b) Modulus Elastisitas Lapisan Base Course

Besarnya nilai modulus elastisitas Lapisan Base Course dapat dicari dengan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$Mr = 10x CBR$$

Berdasarkan SNI 03-1732-1989, disyaratkan bahwa lapisan pondasi (*Base Course*) memiliki nilai CBR $\geq 50\%$, sehingga nilai modulus elastisitas lapisan *base course* adalah:

$$Mr = 10x CBR$$

$$Mr = 10x 50$$

$$Mr = 500 \text{ MPa}$$

Jadi, nilai modulus elastisitas Lapisan Base Course adalah sebesar 500 MPa atau sebesar 500.000 kN/m².

c) Angka Poisson's ratio Campuran Lapisan Base Course

Besarnya nilai angka *poisson's ratio* untuk Lapisan Base Course adalah sekitar 0,35.

d) Modulus Geser (G) Campuran Lapisan Base Course

Besarnya nilai modulus geser (G) untuk Lapisan Base Course dapat dihitung dengan memakai rumus:

$$G = \frac{Ec}{2(1+v)}$$

$$G = \frac{500}{2(1+0,35)}$$

$$G = \frac{500}{2,7}$$

$$G = 185,185 \text{ MPa} = 1851,85 \text{ kg / cm}^2$$

Jadi, nilai modulus geser Lapisan *Base Course* adalah sebesar 1851,85 kg/cm² sama dengan 185.185 kN/m². Hasil rekapitulasi perhitungan data sifat-sifat material struktur perkerasan kaku selengkapnya adalah sebagai berikut:

Tabel 5.4 Sifat - Sifat Material untuk Lapisan Perkerasan Beton Semen dan Lapisan Beton Kurus (*Floor*)

Parameter	Nama	Beton Semen	Beton Kurus	Satuan
Model Material	<i>Model</i>	Linear, isotropik	Linear, isotropik	-
Ketebalan	<i>d</i>	0,3	0,1	m
Berat Jenis	γ	24	22	kN/m ³
Modulus Young	E_i	29.725.410	16.617.009	kN/m ²
Modulus Geser	G_j	12.385.587	6.923.754	kN/m ²
Angka Poisson	ν_j	0,2	0,2	-

Sumber: hasil analisis, 2020

Tabel 5.5 Sifat - sifat Material untuk Lapisan Beton Semen, Beton Kurus, *Base Course* dan Lapisan *Subgrade (Soil & Interfaces)*

Parameter	Nama	Beton Semen	Beton Kurus	<i>Base Course</i>	<i>Subgrade (Lempung)</i>	Satuan
Model material	Model	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	-
Jenis perilaku material	<i>Jenis</i>	Tak Terdrainase	Tak Terdrainase	Tak Terdrainase	Tak Terdrainase	-
Berat isi di atas garis freatik	γ_{unsat}	24	22	23,25	16	kN/m ³
Berat isi di bawah garis freatik	γ_{sat}	24	22	23,25	18	kN/m ³
Permeabilitas	k_x, k_y, k_z	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	m/hari
Modulus Young (konstan)	E_{ref}	29.725.410	16.617.009	500.000	60.000	kN/m ²

Parameter	Nama	Beton Semen	Beton Kurus	Base Course	Subgrade (Lempung)	Satuan
Angka Poisson	ν	0,2	0,2	0,35	0,30	-
Kohesi (konstan)	c_{ref}	150	150	25	2	kN/m ²
Sudut geser	ϕ	35	35	40	24	°
Sudut dilatasi	ψ	0	0	10	0	°

Sumber: hasil analisis, 2020

Pemodelan Struktur

Data dimensi struktur perkerasan kaku yang ditinjau adalah:

Panjang perkerasan kaku = 6 m

Lebar perkerasan kaku = 3 m

Tebal perkerasan kaku

Lapisan Beton Semen = 30 cm

Lapisan Beton Kurus = 10 cm

Base Course = 50 cm

Subgrade (Lempung) = 150 cm

Daya Dukung Tanah Ultimit (q_u) = 1.085,825 kN/m²

Lendutan ijin (δ) = 2,5 cm

Hasil Analisis Struktur Perkerasan Kaku dengan Program PLAXIS 3D FOUNDATION

a) Displacement (Perpindahan)

Besaran nilai - nilai perpindahan, baik perpindahan horizontal (x), perpindahan horizontal (z) maupun perpindahan vertikal (y) yang terjadi pada lapisan perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 5.6 dibawah ini:

Tabel 5.6 Nilai Perpindahan pada Lapisan Perkerasan Kaku dengan PLAXIS 3D FOUNDATION

Perpindahan Horizontal [Ux] (m)	Perpindahan Horizontal [Uz] (m)	Perpindahan Vertikal (lendutan) [Uy] (m)
$239,72 \times 10^{-9}$	$34,16 \times 10^{-9}$	$-12,04 \times 10^{-6}$

Sumber: hasil analisis, 2020

b) Stress (Tegangan)

Besarnya nilai - nilai tegangan, baik tegangan efektif maupun tegangan total yang terjadi pada setiap lapisan perkerasan kaku dapat dilihat Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 dibawah ini:

Tabel 5.7 Nilai Tegangan Efektif dan Tegangan Geser pada Lapisan Perkerasan Kaku dengan PLAXIS 3D FOUNDATION

<i>Effective Stresses</i>					
<i>Horizontal Effective Stresses (Sig'-xx)</i> <i>KN/m²</i>	<i>Vertical Effective Stresses (Sig'-yy)</i> <i>KN/m²</i>	<i>Horizontal Effective Stresses (Sig'-zz)</i> <i>KN/m²</i>	<i>Shear Stress (Sig'-xy)</i> <i>KN/m²</i>	<i>Shear Stress (Sig'-yz)</i> <i>KN/m²</i>	<i>Shear Stress (Sig'-xz)</i> <i>KN/m²</i>
-19,55	-45,63	-19,55	-2,87	-2,37	$-818,31 \times 10^{-3}$

Sumber: hasil analisis, 2020

Tabel 5.8 Nilai Tegangan Total pada Lapisan Perkerasan Kaku dengan PLAXIS 3D FOUNDATION

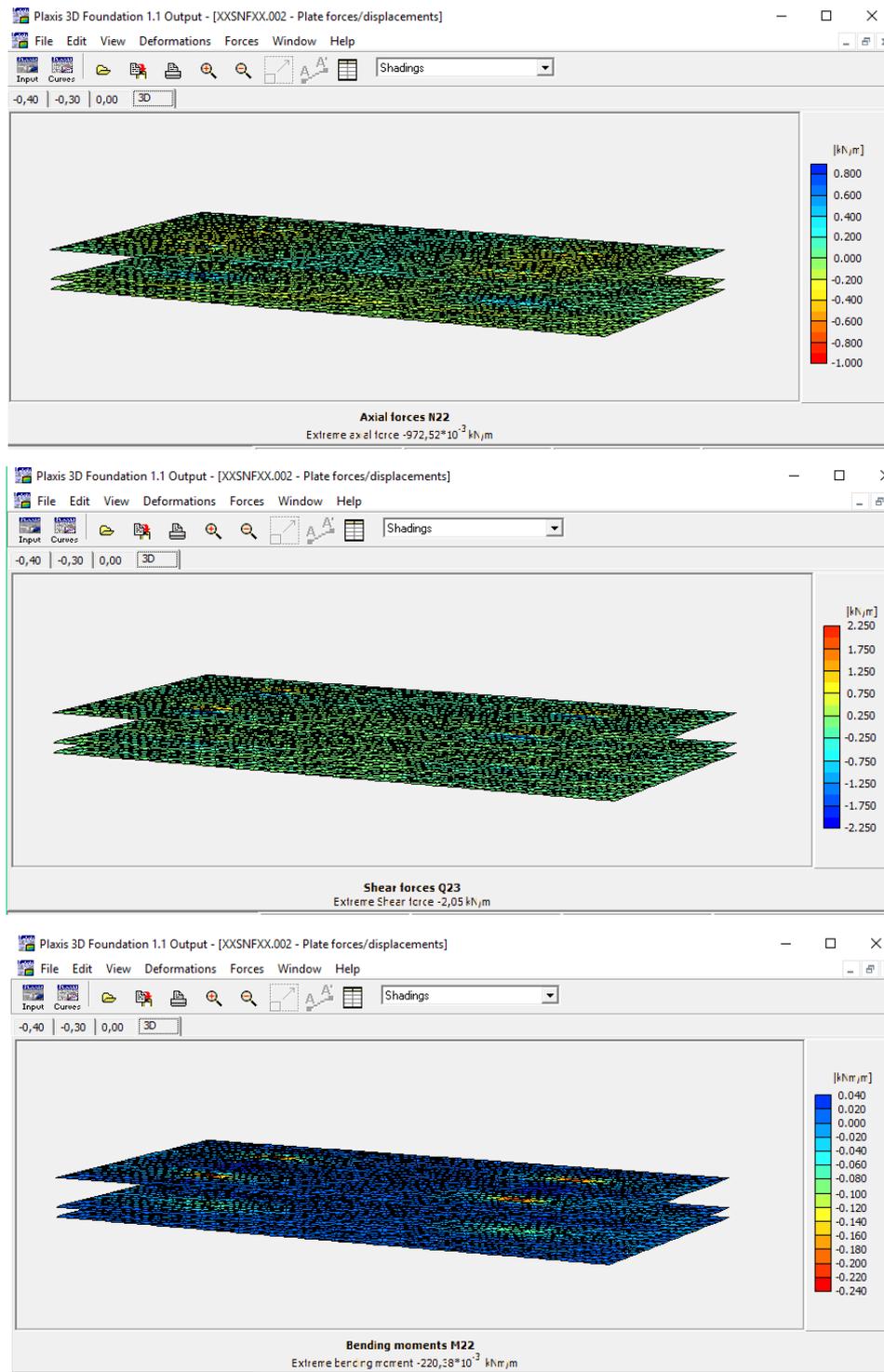
<i>Total Stresses</i>		
<i>Horizontal Total Stresses (Sig'-xx)</i> <i>KN/m²</i>	<i>Vertical Total Stresses (Sig'-yy)</i> <i>KN/m²</i>	<i>Horizontal Total Stresses (Sig'-zz)</i> <i>KN/m²</i>
-36,28	-62,35	-36,28

Sumber: hasil analisis, 2020

c) Forces (Gaya)

Berdasarkan nilai - nilai gaya dalam, baik gaya aksil N2, gaya geser Q23 maupun momen lentur M22 yang terjadi pada lapisan perkerasan kaku ditampilkan pada Gambar 5.8

di bawah ini:



Sumber: hasil analisis, 2020

Gambar 5.6 Diagram Gaya Dalam pada Lapisan Perkerasan Kaku dengan Program PLAXIS 3D FOUNDATION

Berdasarkan Gambar 5.6 diketahui bahwa gaya - gaya dalam yang terjadi pada lapisan perkerasan kaku mulai dari lapisan yang paling atas yaitu lapisan beton semen

sampai lapisan perkerasan kaku yang paling bawah yaitu beton kuus, nilai-nilai gaya dalam mengalami kenaikan besaran gaya. besarnya gaya aksial N22 yang terjadi pada lapisan perkerasan tersebut sebesar $972,52 \times 10^{-3}$ KN/m, sedangkan gaya geser Q23 sebesar -2,05 KN/m dan besarnya momen lentur M22 adalah $-220,38 \times 10^{-3}$ KN/m.

5.3. Evaluasi Hasil Analisis Struktur Perkerasan Jalan

Evaluasi *Output* analisis struktur perkerasan kaku dilakukan dengan cara membandingkan hasil output analisis yang terdiri dari besaran perpindahan (lendutan), tegangan dan gaya-gaya dalam yang terjadi yang analisisnya dihitung dengan program PLAXIS 3D FOUNDATION. Berdasarkan hasil analisis yang ditampilkan pada sub bab 5.1.3.9, maka hasil evaluasi analisis struktur perkerasan kaku disajikan sebagai berikut:

A. Evaluasi Perpindahan (Lendutan) Perkerasan Kaku dengan PLAXIS 3D FOUNDATION

Lendutan ijin merupakan batas kritis lendutan yang terjadi pada struktur perkerasan, sehingga apabila lendutan ijin sudah dilampaui maka struktur perkerasan tersebut dianggap gagal secara struktural dan tidak layak desain.

Dari perhitungan sebelumnya diketahui bahwa lendutan yang diijinkan terjadi pada struktur perkerasan adalah 2,5 cm. Evaluasi besaran lendutan yang terjadi pada struktur perkerasan kaku disajikan pada Tabel 5.9, sebagai berikut:

Tabel 5.9 Evaluasi Lendutan Struktur Perkerasan Kaku dengan PLAXIS 3D FOUNDATION

Perpindahan Vertikal (lendutan) [Uy] (m)	Lendutan Ijin (m)	Hasil Analisis
$-12,04 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-2}$	Aman

Sumber: hasil analisis, 2020

Berdasarkan hasil evaluasi pada Tabel 5.9 di atas, dapat disimpulkan bahwa lendutan yang terjadi pada struktur perkerasan tersebut belum melampaui batas yang diijinkan sehingga masih aman. dengan demikian jenis struktur perkerasan tersebut layak desain untuk diterapkan.

B. Evaluasi Tegangan Perkerasan Kaku dengan PLAXIS 3D FOUNDATION

Daya dukung tanah ultimit pada struktur perkerasan menggambarkan tentang batas kritis tegangan yang ditopang oleh struktur perkerasan, sehingga apabila tegangan ultimit ini

sudah dilampaui, maka struktur perkerasan dianggap tidak kuat dalam mendukung struktur perkerasan kaku.

Dari perhitungan sebelumnya diketahui bahwa daya dukung ultimit struktur perkerasan adalah 1.085,825 kN/m². Evaluasi tegangan yang terjadi pada struktur perkerasan kaku disajikan pada Tabel 5.10, sebagai berikut:

Tabel 5.10 Evaluasi Tegangan Struktur Perkerasan Kaku dengan PLAXIS 3D FOUNDATION

Tegangan Perkerasan Kaku		Daya Dukung Ultimit	Hasil Analisis
Horizontal Effective Stresses (Sig'-xx) KN/m ²	-19,55	1.085,825 kN/m ²	Aman
Vertical Effective Stresses (Sig'-yy) KN/m ²	-45,63		Aman
Horizontal Effective Stresses (Sig'-zz) KN/m ²	-19,55		Aman
Shear Stress (Sig'-xy) KN/m ²	-2,87		Aman
Shear Stress (Sig'-yz) KN/m ²	-2,37		Aman
Shear Stress (Sig'-xz) KN/m ²	-818,31x10 ⁻³		Aman
Horizontal Total Stresses (Sig'-xx) KN/m ²	-36,28		Aman
Vertical Total Stresses (Sig'-yy) KN/m ²	-62,35		Aman
Horizontal Total Stresses (Sig'-zz) KN/m ²	-36,28		Aman

Sumber: hasil analisis, 2020

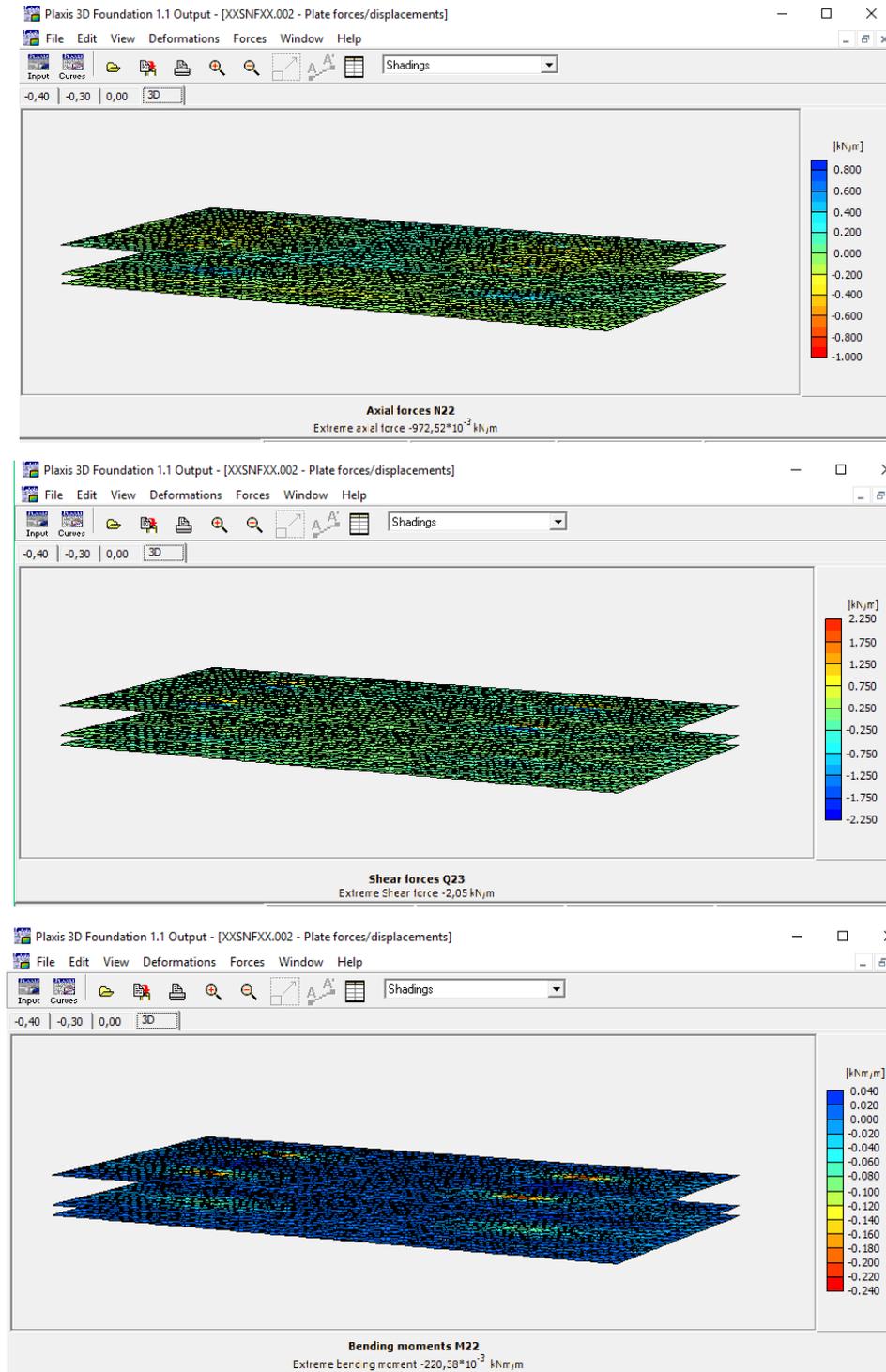
Berdasarkan hasil evaluasi pada Tabel 5.10 di atas, dapat disimpulkan bahwa struktur perkerasan tersebut masih aman, sehingga struktur perkerasan tersebut layak desain untuk diterapkan.

C. Evaluasi Gaya Dalam Perkerasan Kaku dengan PLAXIS 3D FOUNDATION

Gaya dalam pada struktur perkerasan merupakan besaran gaya aksial, gaya geser, dan momen yang dihasilkan dari beban kerja yang bekerja di atas struktur perkerasan. Gaya dalam yang terjadi pada struktur perkerasan memberikan gambaran tentang besaran nilai – nilai gaya dalam yang terjadi pada tiap lapis perkerasan yang dapat berpengaruh terhadap

kekuatan dari struktur perkerasan itu sendiri.

Gambaran besaran gaya dalam yang terjadi pada struktur perkerasan kaku yang dianalisis ditampilkan pada Gambar 5.7, sebagai berikut :



Sumber: hasil analisis, 2020

Gambar 5.7 Perbandingan Gaya Dalam Perkerasan Kaku dengan Program PLAXIS 3D FOUNDATION

Berdasarkan Gambar 5.7, maka hasil evaluasi struktur perkerasan kaku dapat disimpulkan bahwa gaya aksial, gaya geser, dan momen maksimal terjadi pada lapis struktur perkerasan paling atas yaitu perkerasan beton semen.

5.4. Luaran Yang Dicapai

Dari beberapa uraian yang disebutkan diatas, dalam penelitian ini diharapkan menghasilkan luaran yang ditargetkan. Beberapa luaran yang ditargetkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Publikasi Ilmiah

Publikasi ilmiah merupakan salah satu output dari penelitian, publikasi yang baik dimulai dari memilih jurnal berkualitas. Jurnal berkualitas dapat dicirikan dengan adanya terindeks nya jurnal tersebut seperti google scholar, DOAJ, Scopus, Thomson and Reuters, jurnal terakreditasi nasional atau internasional sesuai yang dipersyaratkan serta menghindari jurnal predator.

Publikasi ilmiah dari penelitian ini diharapkan dapat ditargetkan untuk publikasi pada jurnal nasional/prosiding atau pada jurnal internasional.

2. Publikasi Pada Media Online

Pada publikasi ini diharapkan dapat dimuat pada website Fakultas Teknik maupun Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3. Buku Ajar

Luaran ini diharapkan adanya draf modul untuk rujukan dalam kegiatan pembelajaran

BAB 6

RENCANA TAHAP BERIKUTNYA

Tahapan berikutnya dengan tujuan untuk melengkapi penelitian di tahun kedua akan dilakukan hal - hal sebagai berikut:

- 1) Menganalisis Model perkerasan kaku yang dapat diaplikasikan di kawasan genangan.
- 2) Membuat desain atau prototipe model perkerasan kaku sesuai dengan hasil penelitian yang akan dilakukan di tahun ke 2 berdasarkan analisis tahun pertama.
- 3) Menulis dan mengirim 1 paper pada Jurnal Nasional Terakreditasi dari hasil penelitian Tahun ke 2
- 4) Membuat program penelitian lanjutan untuk Tahun ke 2

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa dari data - data yang diperoleh setelah dilakukannya analisis mendapat keluaran dengan hasil aman. Jadi, desain dengan data - data tersebut sudah optimal dan bisa digunakan untuk jalan - jalan dengan kondisi serupa di berbagai daerah.

7.2. Saran

Dari analisis diatas, didapatkan beberapa saran, yaitu:

- 1) Perlu diadakan lebih lanjut tentang permodelan analisa perkerasan jalan dengan variasi dan penambahan atau penggunaan perkuatan tanah lainnya.
- 2) Pengambilan data tanah uji laboratorium sangat diperlukan untuk mengetahui nilai-nilai parameter secara lengkap, sehingga dalam input program Plaxis bisa lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, F., & Rumkita, I. (2013). *Analisis Dowel Sebagai Penyalur Beban* (Analysis of Dowel As Load Transfer, 30(3), 205–220.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2003. *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. Jakarta: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah Ferad Puturu. (2015). *Mitigasi Bencana Dan Penginderaan Jauh*. Cetakan I. (Yogyakarta: Graha Ilmu)
- Ghurran, S. A., & Azwansyah, H. (2003). *Jalan Paralel Sungai Raya Dalam*, 1–13.
- Hasibuan, D. S., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., & Area, U. M. (2018). *Perkerasan Rigid Dengan Metode Bina Marga dan Metode Pci (Pavement Condition Index)*.
<https://core.ac.uk/download/pdf/11725501.pdf>
<http://elearning.litbang.pu.go.id/teknologi/sistem-polder-pengendali-banjir-perkotaan>
<http://eprints.undip.ac.id/50500/2/Fullpaper.pdf>
<http://www.scribd.com/doc/70312979/metode-PCI>. 24 Agustus 2017
- Ii, B. A. B. (2000). Bab II Tinjauan Pustaka 2.1, (1996), 5–8.
- Kota, D. I., Dan, P., & Terhadap, I. (2014). *Faktor-faktor yang mempengaruhi banjir/genangan di kota pantai dan implikasinya terhadap kawasan tepian air*, 141–157.
- Suhelmi, Ifan R, and Hari Prihatno. (2014). “*Model Spasial Dinamik Genangan Akibat Kenaikan Muka Air Laut Di Pesisir Semarang*” 21 (1): 15–20.
- Suryawan Ari. 2009, *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*, Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang.Telp.(024) 6583584 Psw. 581 Fax.(024) 6582455

Email : ft@unissula.ac.id web : ft.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SURAT TUGAS

Nomor : .013/ 02 / FT / 2021

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang dengan ini menugaskan kepada :

Nama	: Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT
NIDN	: 0006016301
Pangkat/Golongan	: Asisten Ahli / III b
Fakultas/Jurusan	: Teknik/Teknik Sipil
Perguruan Tinggi	: Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Untuk melaksanakan Penelitian dengan judul ***“Evaluasi Konstruksi Rigid Pavement di Daerah Genangan Banjir (Studi Kasus: JL. Raya Kaligawe)”***.

Demikian surat tugas ini dibuat untuk dapat dilaksanakan dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu’alaikum Wr. Wb.

Semarang, 25 Mei 2020

Dekan Fakultas Teknik Unissula



Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D

NIK.2102293018



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang.Telp.(024) 6583584 Psw. 581 Fax.(024) 6582455

Email : ft@unissula.ac.id web : ft.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SURAT TUGAS

Nomor : 011/ 02/FT/2021

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang dengan ini menugaskan kepada :

Nama : **Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM., MT**
NIDN : 0614066301
Pangkat/Golongan : Lektor Kepala / IV b
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Untuk melaksanakan Penelitian dengan judul ***“Evaluasi Konstruksi Rigid Pavement di Daerah Genangan Banjir (Studi Kasus: JL. Raya Kaligawe)”***.

Demikian surat tugas ini dibuat untuk dapat dilaksanakan dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu’alaikum Wr. Wb.

Semarang, 25 Mei 2020

Dekan Fakultas Teknik Unissula



Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT., Ph.D

NIK.2102293018



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang.Telp.(024) 6583584 Psw. 581 Fax.(024) 6582455
Email : ft@unissula.ac.id web : ft.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SURAT TUGAS

Nomor : 015/02/FT/ 2021

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang dengan ini menugaskan kepada :

Nama	: Ir. H. Rachmat Mudyono, MT, Ph.D
NIDN	: 0605016802
Pangkat/Golongan	: Lektor Kepala / IV a
Fakultas/Jurusan	: Teknik/Teknik Sipil
Perguruan Tinggi	: Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Untuk melaksanakan Penelitian dengan judul ***“Evaluasi Konstruksi Rigid Pavement di Daerah Genangan Banjir (Studi Kasus: JL. Raya Kaligawe)”***.

Demikian surat tugas ini dibuat untuk dapat dilaksanakan dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu’alaikum Wr. Wb.

Semarang, 25 Mei 2020

An.Dekan Fakultas Teknik Unissula

Wakil Dekan I



Abdul Rochim, ST, MT, Ph.D

NIK.210200031