

**PENGGUNAAN KAPUR MARUNI (CaCO_3) SEBAGAI
BAHAN PENGISI (FILLER) PADA CAMPURAN
ASPAL PANAS HRS-WC**

**THE USE OF MARUNI LIME (CaCO_3) AS FILLER IN THE
HOT MIX ASPHALT OF HRS-WC**

TESIS

DOMINGGUS SIKKU

P2304216002



**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2019



TESIS

PENGGUNAAN KAPUR MARUNI (CaCO_3) SEBAGAI BAHAN PENGISI (FILLER) PADA CAMPURAN ASPAL PANAS HRS-WC

Disusun dan diajukan oleh
DOMINGGUS SIKKU
Nomor Pokok P2304216002

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

Pada tanggal 21 Februari 2019

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat

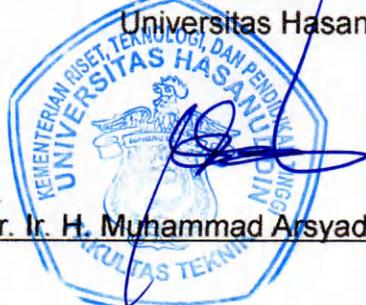

Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng
Ketua


Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra, MT
Sekretaris

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin


Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT


Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT



Optimization Software:
www.balesio.com

KATA PENGANTAR

Puji Syukurkami panjatkan ke hadirat Tuhan yang maha kuasa yang atas izinnya sehingga penelitian dan penulisan tesis ini yakni ***“Penggunaan Kapur Maruni (CaCO₃) Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Aspal Panas HRS-WC”*** dapat terselesaikan.

Kami menyampaikan penghargaan yang sangat tinggi dan amat mendalam kepada bapak **Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng**, atas bimbingan, arahan dan petunjuknya sehingga penelitian dan penyusunan disertasi ini dapat kami laksanakan dengan baik. Ucapan dan penghargaan yang sama kami sampaikan kepada **Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra, MT** selaku sekretaris komisi penasehat yang banyak memberikan waktu, arahan dan bimbingannya kepada kami. Kepada bapak kami mengucapkan terima kasih dan penghormatan yang setinggi-tingginya atas bimbingan yang begitu tulus dan ikhlas.

Penghargaan yang setinggi tingginya kepada; Rektor Universitas Hasanuddin (Ibu **Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA**), bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.** (Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin), bapak **Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, MT** (Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin), **Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng** (Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin), bapak **Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT** (Ketua Program Studi S2 Teknik Sipil Universitas Hasanuddin) dan kepada seluruh dosen Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah



mengarahkan dan membimbing dalam proses perkuliahan. Bapak/ibu staf Pascasarjana Unhas dan staf Prodi S2 Teknik Sipil yang sangat membantu dalam proses administrasi, kami sampaikan banyak terima kasih.

Ucapan terima kasih yang setinggi tingginya atas segala keikhlasan, pikiran dan tenaganya yang tidak ternilai. Hanya dengan doa semoga Tuhan yang Maha Kuasa dapat membalasnya. Akhirnya kami ucapkan banyak terima kasih.

Makassar, Februari 2019

Salam

Dominggus Sikku



ABSTRAK

DOMINGGUS SIKKU. Penggunaan Kapur Maruni (CaCO_3) Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Aspal Panas HRS-WC (dibimbing oleh **H. M. Wihardi Tjaronge** dan **H. Mubassirang Pasra**).

Manokwari merupakan salah satu daerah di Papua yang memiliki batuan kapur dalam jumlah yang besar yaitu terdapat di kampung Maruni. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik campuran aspal panas HRS-WC berupa pengujian Marshall dan kuat tarik tidak langsung yang menggunakan batu kapur Maruni sebagai filler. Penelitian ini berbentuk eksperimental di laboratorium. Parameter penelitian yaitu penggunaan batu kapur Maruni sebanyak 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari jumlah filler abu batu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan batu kapur Maruni dalam campuran aspal panas HRS-WC yaitu dengan mensubstitusi filler abu batu sebesar 50% berdasarkan seluruh parameter karakteristik yaitu Marshall dan kuat tarik tidak langsung yang memenuhi Spesifikasi Umum Revisi 3 Tahun 2010.

Kata kunci : Kapur Maruni (CaCO_3), Filler, HRS-WC



ABSTRACT

DOMINGGUS SIKKU. The Use of Maruni Lime (CaCO_3) as Filler in The Hot Mix Asphalt of HRS-WC (supervised by **H. M. Wihardi Tjaronge** and **H. Mubassirang Pasra**).

Manokwari is one of the areas in Papua that has a large amount of limestone in the Maruni village. This study aims to analyze the characteristics of HRS-WC hot asphalt mixture in the form of Marshall testing and indirect tensile strength using Maruni limestone as a filler. This research is in the form of an experimental laboratory. The research parameters are the use of Maruni limestone of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the amount of rock ash filler. The results showed that the use of Maruni limestone in the HRS-WC hot asphalt mixture is by substituting rock ash filler by 50% based on all characteristic parameters namely Marshall and indirect tensile strength that meet Bina Marga requirement of Indonesia.

Keywords : Maruni Lime (CaCO_3), Filler, HRS-WC



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Batasan Masalah.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
F. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Isu Material Lokal Sebagai Bahan Perkerasan Jalan	7
B. Agregat Sebagai Bahan Material Utama Campuran Beraspal.....	9
C. Struktur Perkerasan Lentur Jalan.....	18
D. Gradasi Campuran Lataston (HRS-WC)	20
E. Distribusi Beban Pada Perkerasan Jalan.....	23



F. Uji Karakteristik Marshall.....	26
G. Uji Kuat Tarik Tidak Langsung (<i>Indirect Tensile Strength</i>)	34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	42
B. Rancangan Uji	44
C. Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Lataston Jenis HRS-WC	53
D. Pengujian Karakteristik Campuran Lataston Jenis HRS-WC	55

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Karakteristik Material.....	60
B. Penentuan Gradasi Campuran.....	68
C. Rancangan Dan Komposisi Campuran HRS-WC Berdasarkan Kadar Aspal Perkiraan.....	71
D. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Dengan Metode Marshall	72
E. Karakteristik Marshall Campuran HRS-WC Pada Kadar Aspal Optimum.....	83
F. Hasil Pengujian Volumetrik Campuran HRS-WC Variasi Batu Kapur (Kapur Murni) Sebagai Filler	84
G. Hasil Pengujian Stabilitas Campuran HRS-WC Variasi Penambahan Batu Kapur Sebagai Filler	86



H. Hasil Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran HRS-WC Variasi Penambahan Batu Kapur Sebagai Filler	91
I. Hasil Pengujian XRD Campuran HRS-WC Variasi Penambahan Batu Kapur Sebagai Filler	96
J. Capaian Kinerja Campuran HRS-WC Variasi Penambahan Batu Kapur Sebagai Filler	99
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	105
B. Saran	105
DAFTAR PUSTAKA	107



DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Gradasi Agregat Gabungan Lataston (Spesifikasi 2010, Rev. 3)	22
2.	Penelitian Terdahulu Kuat Tarik Tidak Langsung.....	36
3.	Metode Pengujian Karakteristik Agregat	46
4.	Metode Pengujian Karakteristik Aspal Minyak Penetrasi 60/70	47
5.	Metode Pengujian Karakteristik Batu Kapur CaCO ₃	47
6.	Matriks Jumlah Benda Uji Untuk Penentuan KAO	51
7.	Matriks Jumlah Benda Uji Menggunakan Filler Abu Batu.....	52
8.	Matriks Jumlah Benda Uji Menggunakan Filler Dari Batu Kapur	52
9.	Karakteristik Sifat Fisik Agregat Kasar	61
10.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Abu Batu	61
11.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Filler (Abu Batu).....	62
12.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Filler (Kapur Maruni)	62
13.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Asbuton Modifikasi.....	63
14.	Karakteristik Kimia <i>Filler</i> Batu Kapur Maruni (Hasil Uji XRF)	65
15.	Karakteristik Kimia <i>Filler</i> Abu Batu (Hasil Uji XRF)	65
16.	Karakteristik Kimia Asbuton Modifikasi (Hasil Uji XRF)	66
17.	Kombinasi Design Mix Formula HRS-WC.....	70
 Komposisi Material Dalam Berat Untuk 1200 Gram Benda Uji .	72
 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall Untuk Seluruh Parameter	73



20.	Analisis Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran Aspal Panas Menggunakan Asbuton Modifikasi	82
21.	Parameter Marshall Pada Kadar Aspal Optimum 6,50%.....	83
22.	Nilai Volumetrik Campuran Dengan Penggunaan Filler Batu Kapur	85
23.	Capaian Kinerja Campuran HRS-WC Dengan Menggunakan Filler Batu Kapur	100



DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Jenis Gradasi Agregat.....	15
2.	Tampang Struktur Lapisan Perkerasan Lentur.....	19
3.	Distribusi Beban Roda Kendaraan	20
4.	Sistem Perkerasan Dua Lapis	24
5.	Distribusi Tegangan dan Tekanan.....	24
6.	Penjabaran Tegangan-Tegangan.....	25
7.	<i>Indirect Tensile Strength</i> Campuran yang Dimodifikasi	37
8.	Diagram Pembebanan Uji ITS.....	39
9.	Hubungan Regangan Akibat Beban Tarik dan Tegangan Tarik	40
10.	Bagan Alir Penelitian	43
11.	Lokasi Quarry Pengambilan Material Batu Kapur.....	45
12.	Alat Pengujian Marshall.....	57
13.	Posisi Benda Uji Pengujian ITS (<i>Indirect Tensile Strength</i>).....	58
14.	Grafik Distribusi Ukuran Butir Kapur Maruni.....	62
15.	Hubungan Sudut Phase Dengan Intensitas Asbuton Modifikasi	67
16.	Gradasi Agregat Gabungan (Hasil Penelitian).....	69
17.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap Nilai Stabilitas.....	74
18.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap Nilai Flow.....	76



19.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap Nilai <i>Marshall Quetiont</i>	77
20.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi terhadap nilai VIM	79
21.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap Nilai VMA	80
22.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap Nilai VFB	81
23.	Hubungan Nilai Stabilitas Dan Flow Benda Uji Tanpa Menggunakan Filler Batu Kapur	87
24.	Hubungan Nilai Stabilitas Dan Flow Benda Uji Dengan Menggunakan Filler Batu Kapur 25%.....	88
25.	Hubungan Nilai Stabilitas Dan Flow Benda Uji Dengan Menggunakan Filler Batu Kapur 50%.....	88
26.	Hubungan Nilai Stabilitas Dan Flow Benda Uji Dengan Menggunakan Filler Batu Kapur 75%.....	89
27.	Hubungan Nilai Stabilitas Dan Flow Benda Uji Dengan Menggunakan Filler Batu Kapur 100%.....	90
28.	Hubungan Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung Dan Regangan Benda Uji Tanpa Penggunaan Batu Kapur Sebagai Filler	92
29.	Hubungan Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung Dan Regangan Benda Uji Dengan Menggunakan Filler 25% Batu Kapur	93



30.	Hubungan Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung Dan Regangan Benda Uji Dengan Menggunakan Filler 50% Batu Kapur	94
31.	Hubungan Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung Dan Regangan Benda Uji Dengan Menggunakan Filler 75% Batu Kapur	95
32.	Hubungan Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung Dan Regangan Benda Uji Dengan Menggunakan Filler 100% Batu Kapur	96
33.	Hubungan Sudut Phase Dan Intensitas Pada Variasi Penambahan Filler Batu Kapur	97
34.	Hubungan Antara Kadar Filler Batu Kapur Dengan Stabilitas ...	101
35.	Hubungan Antara Kadar Filler Batu Kapur Dengan Kuat Tarik Tidak Langsung	101



DAFTAR NOTASI

°C	= Derajatcelcius
%	= Persen
cm	= Centimeter
mm	= Milimeter
dmm	= Desimeter Milimeter
Pen	= Penetrasi
AC	= Asphalt Concrete
AC WC	= Asphalt Concrete Wearing Course
BGA	= Buton Granular Asphalt
XRF	= X-ray Flourence Spectrofotometer
MQ	= Marshall Quotient
VIM	= Void in Mix
VMA	= Void Mineral in Agregat
ASTM	= American Society for Testing Materials
AASHTO	= American Association of State Highway and Transportation Officials
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SEM	= Scanning Electron Microscope
KAO	= Kadar Aspal Optimum
PA	= Kadar Aspal Efektif Perkiraan Terhadap Berat Agregat
AK	= Persentase Agregat Kasar Tertahan Saringan No.8
AH	= Persentase Agregat Halus Lolos Saringan No.8 Tertahan No.200
F	= Persentase Agregat Lolos Saringan No.200
S	= Stabilitas(kg)
F	= Nilai Flow (mm)
ITS	= Indirect Tensile Strength
	= Beban (N)
	= Tinggi/Tebal Benda Uji(mm)
	= Diameter Benda Uji (mm)



KTB = Kuat Tarik Belah (N/mm^2)

KTBR = Kuat tarik belah menggunakan BGA tanpa perendaman (N/mm^2)

KTBM = Kuat tarik belah menggunakan BGA dengan rendaman (N/mm^2)



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Secara umum infrastruktur jalan bertujuan untuk menciptakan sistem yang dapat memindahkan orang dan barang dari suatu tempat ke tempat lain, namun di Papua bukan itu saja tetapi terlebih untuk membuka keterisolasian antar daerah dan mempunyai peran yang sangat strategis dalam bidang ekonomi, sosial, budaya, pertahanan dan keamanan.

Provinsi Papua dan Papua Barat adalah contoh daerah yang infrastruktur jalannya belum terkoneksi secara baik antar ibu kota provinsi ke ibu kota provinsi, antar kota dalam provinsi ke ibu kota kabupaten maupun antar ibu kota kabupaten ke distrik-distrik dan kampung-kampung. Hal tersebut membuat berbagai aspek kehidupan di Papua masih tertinggal dengan daerah yang ada di bagian barat dan tengah Indonesia.

Penyelenggaraan pembangunan tidak akan terlepas dari apa, siapa dan bagaimana cara mendukung pembangunan tersebut. Upaya pengembangan dalam rangka peningkatan pembangunan salah satunya dilakukan dengan cara pembangunan dan perbaikan di bidang transportasi. Upaya tersebut dilakukan mengingat transportasi merupakan satu kebutuhan dasar fisik dalam mendukung kelancaran aktivitas masyarakat yang selanjutnya akan membawa pengaruh kepada



adanya peningkatan kesejahteraan. Peningkatan Pembangunan di bidang infrastruktur khususnya jalan yang kian pesat menuntut ketersediaan bahan dasar konstruksi sehingga kita dituntut untuk dapat memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia pada daerah tersebut.

Kabupaten Manokwari adalah salah satu daerah yang mempunyai deposit material kapur (CaCO_3) yang sangat melimpah dan termasuk dalam golongan tambang galian C atau industri (PP. No. 27/1980 Tentang Penggolongan Bahan Galian) lokasinya berada di kampung Maruni Distrik Manokwari Selatan dengan sumber daya hipotek sebesar kurang lebih 3,5 miliar metrik ton (Manokwari, Kompas.com). Penggunaan kapur maruni selama ini untuk penimbunan jalan yang baru dibuka sebagai material urugan pilihan atau sebagai bahan dasar pembuatan batako oleh masyarakat setempat. Kapur maruni sebagai bahan tambang memberikan peluang sebagai bahan alternatif dalam penyusunan campuran aspal panas khususnya sebagai bahan pengisi (filler).

Dengan penelitian ini diharapkan kapur maruni dapat menjadi bahan alternatif pengganti bahan pengisi (filler) semen yang cukup mahal dan selama ini digunakan untuk menambah filler dari abu batu yang selalu tidak mencukupi spesifikasi minimum yang disyaratkan oleh Bina Marga.

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian dengan uji laboratorium tentang penggunaan kapur maruni sebagai

pengisi (Filler) dalam campuran beraspal panas khususnya jenis Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS -WC), sehingga penulis



membuat penelitian ini dengan judul **“Penggunaan Kapur Maruni (CaCO₃) Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Aspal Panas HRS-WC”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka dirumuskan beberapa masalah yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan material lokal Kabupaten Manokwari khususnya agregat halus (filler) dalam campuran aspal panas HRS-WC terhadap karakteristik mekanik berupa pengujian stabilitas dan kuat tarik tidak langsung ?
2. Bagaimana tegangan dan regangan yang terjadi akibat beban monotonik pada campuran agregat lokal Kabupaten Manokwari khususnya agregat halus (filler) dengan Asbuton modifikasi dalam perkerasan jalan jenis HRS-WC ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh penggunaan material lokal Kabupaten Manokwari khususnya agregat halus (filler) dalam campuran aspal HRS-WC terhadap karakteristik mekanik berupa pengujian stabilitas dan kuat tarik tidak langsung.



2. Menganalisis tegangan dan regangan yang terjadi akibat beban monotonik pada campuran HRS-WC yang menggunakan agregat lokal Kabupaten Manokwari khususnya agregat halus (filler) dengan Asbuton modifikasi dalam perkerasan jalan jenis HRS-WC.

D. Batasan Masalah

Permasalahan material lokal (agregat halus) filler kapur dan aspal minyak demikian luas, sehingga dipandang perlu membatasi masalah penelitian ini agar dapat lebih terarah sehingga penelitian ini fokus pada hal-hal yaitu :

1. Material kapur yang digunakan berasal dari Kampung Maruni Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat.
2. Spesifikasi teknik yang digunakan mengacu pada spesifikasi umum 2010 revisi 3 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2014.
3. Indikator pengujian-pengujian yang dilakukan pada hasil campuran HRS-WC berupa uji marshall dan kuat tarik belah (*indirect tensile strength*) di laboratorium.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah :

meningkatkan pemanfaatan kapur sebagai salah satu material alternatif dalam pekerjaan aspal panas di Kabupaten Manokwari.



2. Mendorong perekonomian dalam penggunaan material lokal Kabupaten Manokwari kepada penyedia jasa kontruksi jalan yang memanfaatkannya.
3. Sebagai bahan informasi dan referensi kepada instansi teknis di daerah untuk mendapatkan data dan bagi para peneliti yang ingin melakukan penelitian lebih lanjut.

F. Sistematika Penulisan

Agar lebih terarah tulisan ini, sistematika penulisan disertasi yang akan dilakukan sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan sehingga produk yang dihasilkan lebih sistematis sehingga susunan disertasi ini dapat diurutkan yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Pokok-Pokok bahasan dalam bab ini adalah latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan teori secara singkat dan gambaran umum mengenai isu material lokal sebagai bahan perkerasan jalan, campuran beton aspal, komponen beton aspal, campuran HRS-WC, alat uji Marshall, alat uji kuat tarik belah (*Indirect Tensile Strength*) dan penelitian terdahulu.

METODOLOGI PENELITIAN



Dalam bab ini, dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian ini, pengujian karakteristik agregat yang dilakukan, bagan alir penelitian, pembuatan benda uji dan rencana jumlah benda uji, pengujian-pengujian yang dilakukan pada hasil campuran HRS-WC berupa kuat tarik belah (*indirect tensile strength*) dan uji Marshall.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, dijelaskan hasil-hasil yang diperoleh dari penelitian ini beserta dengan pembahasannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini, dijelaskan kesimpulan yang menjawab tujuan penelitian dan saran atau rekomendasi dari penelitian ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Isu Material Lokal Sebagai Bahan Perkerasan Jalan

Di Papua dan Papua Barat jalan raya sebagai salah satu transportasi darat belum memadai menjadikan jalur udara sebagai andalan untuk pengangkutan orang dan barang, termasuk berbagai kebutuhan pokok di Papua. Dalam kacamata ekonomi, hal tersebut menyebabkan mahal biaya distribusi, yang berarti secara otomatis juga menaikkan harga berbagai barang kebutuhan pokok tersebut, terutama di pedalaman Papua. Upaya untuk menurunkan biaya distribusi dari satu kabupaten ke kabupaten lain di wilayah Papua terus dilakukan pemerintah Indonesia melalui pembangunan infrastruktur jalan raya Trans-Papua dan Trans Papua Barat.

Dalam rangka pembangunan infrastruktur jalan tersebut, ada beberapa persoalan yang sering menjadi hambatan. Salah satunya adalah tidak tersedianya material lokal di daerah-daerah tertentu sesuai spesifikasi yang dipersyaratkan, misalnya wilayah Papua Barat bagian barat laut seperti Kabupaten Raja Ampat dan sekitarnya serta Papua Barat bagian Selatan

kabupaten Kaimana dan sekitarnya, dimana tidak terdapat material lokal untuk dipergunakan sebagai material jalan (pasir, batu dan agregat). Oleh karena itu, untuk memenuhinya harus didatangkan dari luar



Kabupaten di Papua Barat bahkan dari luar pulau Papua seperti dari Sulawesi. Alternatif lain yang bisa dilakukan adalah dengan memanfaatkan material lokal yang ada di Manokwari sehingga paling tidak bisa mendekati standar perkerasan jalan yang ada. Selain itu, dengan memanfaatkan material lokal yang ada dapat menjadi referensi bagi pemerintah daerah untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan tanpa didatangkan dari luar daerah.

Kabupaten Manokwari salah satu daerah di Papua Barat yang mempunyai sumber material yang sangat melimpah namaun dalam pengolahan secara mekanis di stone cruser setelah kami amati ada permasalahan yang terjadi dimana agregat halus (filler) sebagai bahan pengisi dalam campuran beraspal panas khususnya HRS tidak mencukupi jumlah minimum yang dipersyaratkan dalam spesifikasi sehingga harus ditambahkan dengan semen Portland.

Dengan permasalahan di atas peneliti ingin menindak lanjuti bagaimana jika kekurangan atau ketimpangan tersebut diganti dengan kapur lokal guna memanfaatkan material lokal, dalam hal ini diperlukan penelitian yang bersifat inovatif dan aplikatif agar hasil penelitian benar-benar dapat bermanfaat untuk mengatasi masalah yang ada. Paling tidak bisa memperkecil cost

gkan bila harus didatangkan dari luar Manokwari apalagi
aan semen portland. Batu karang (kapur) secara geologis disebut
mato (batu lunak) yang merupakan batuan sedimen kimiawi yang



terbentuk dari bahan-bahan organik. (Hendarsin, 2002). Kelompok batu karang terbagi atas kelompok Detrital, yaitu diklasifikasikan oleh ukuran butir seperti konglomerat, batu pasir, batu lanau dan serpih, terbagi atas batuan arenaceous lebih dominan pasir dan batuan argillaceous lebih dominan lempungan dan kelompok Non Detrital, yaitu batuan sedimen kimiawi (antara lain garam batuan) terkomposisi oleh sebagian besar endapan-endapan dari pelarutan, serta biasanya memiliki tekstur kristalin. Sebagian besar wilayah Papua dan Papua Barat adalah daerah karts/daerah kapur dimana ketersediaannya sangat melimpah dan hampir terdapat di setiap daerah. Penggunaan yang umum oleh masyarakat adalah di Provinsi Papua adalah untuk batu bata yang dicetak menjadi batako, material timbunan dan pembangunan jalan. Secara khusus pada pembangunan jalan, material batu kapur banyak digunakan sebagai timbunan pilihan.

B. Agregat Sebagai Bahan Material Utama Campuran Beraspal

Agregat merupakan batu pecah, kerikil dan pasir, baik yang langsung diambil di alam maupun dari hasil olahan. Agregat merupakan komponen utama lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90%–95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75%–85% agregat berdasarkan

se volume. Dalam pemakaian untuk perkerasan jalan, secara umum terdiri atas :



- a. Agregat Kasar, dimana fungsi agregat kasar adalah memberikan stabilitas campuran, dengan kondisi saling mengunci dari masing – masing partikel agregat kasar dari batu pecah atau kerikil pecah. Agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan no.8 (2,36 mm), dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan.
- b. Agregat Halus, dimana fungsi utama agregat halus adalah untuk memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen campuran melalui friksi dan prilaku, yaitu dengan memperkokoh sifat saling mengunci dan mengisi rongga antar butir agregat kasar serta menaikkan luas permukaan dari agregat yang dapat diselimuti aspal, sehingga menambah keawetan perkerasan. Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No.8 (2,36 mm), dan tertahan pada saringan No.200 (0,075 mm) yaitu fraksi agregat halus hasil pecah mesin, atau pasir.
- c. Filler, dimana fungsi dari bahan pengisi (*filler*) adalah untuk mengurangi kepekaan campuran terhadap temperatur. Penggunaan bahan pengisi harus dibatasi, jika terlalu banyak menyebabkan campuran getas dan mudah retak akibat beban lalu lintas. Sebaliknya jika terlalu rendah akan menghasilkan campuran lunak dan tidak tahan cuaca. Bahan pengisi atau *filler* adalah agregat yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Bahan pengisi atau *filler* yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur



(*Limestone Dust*), semen Portland, abu terbang, abu tanur semen, abu batu atau bahan non plastis lainnya.

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010 agregat diklasifikasi berdasarkan berdasarkan proses pengolahannya serta bentuk dan teksturnya adalah :

- 1) Berdasarkan pengolahannya, maka agregat diklasifikasikan menjadi ;
 - a. Agregat alam : yaitu agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Dua bentuk agregat yang sering digunakan yaitu kerikil dengan ukuran partikel lebih besar dari 1/4 inch (6,35 mm) dan pasir dengan ukuran partikel kecil dari 1/4 inch tetapi lebih besar dari 0,075 mm (saringan no. 200).
 - b. Agregat yang melalui proses pengolahan. Agregat ini harus melalui proses pemecahan terlebih dahulu supaya diperoleh bentuk partikel bersudut, diusahakan berbentuk kubus, permukaan partikel kasar sehingga mempunyai gesekan yang baik dan gradasi sesuai yang diinginkan.
 - c. Agregat buatan ; Agregat yang merupakan mineral filler/pengisi.
- 2) Berdasarkan bentuk dan tekstur; agregat yang paling baik untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan adalah berbentuk kubus, tetapi jika tidak

maka agregat yang memiliki minimal satu bidang pecahan, dapat digunakan sebagai alternatif berikutnya. Partikel agregat dapat berbentuk



- a. Bulat (*rounded*) Agregat yang dijumpai di sungai pada umumnya telah mengalami pengikisan oleh air sehingga umumnya berbentuk bulat. Partikel agregat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan daya *interlocking* yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir.
- b. Lonjong (*elongated*) Partikel agregat berbentuk lonjong dapat ditemui di sungai-sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya lebih panjang dari 1,8 kali diameter rata-rata. Sifat *interlocking*-nya hampir sama dengan yang berbentuk bulat.
- c. Kubus (*cubical*) Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu (*stone crusher*) yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas sehingga memberikan *interlocking*/saling mengunci yang lebih besar. Dengan demikian kestabilan yang diperoleh lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi yang timbul. Agregat berbentuk kubus ini paling baik digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan.
- d. Pipih (*flaky*) Partikel agregat berbentuk pipih dapat merupakan hasil dari mesin pemecah batu ataupun memang merupakan sifat dari agregat tersebut yang jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih. Agregat pipih adalah agregat yang lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. Agregat berbentuk pipih mudah pecah pada waktu pencampuran, pemadatan dan akibat beban lalu lintas.



Agregat adalah material batuan/mineral alami granular. Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010).

Menurut ASTM, berdasarkan besar partikel-partikel agregat dibedakan atas:

1. Agregat kasar : agregat $> 4,75$ mm
2. Agregat halus : agregat > 0.075 mm dan $< 4,75$ mm
3. Abu batu/mineral *filler* : agregat < 0.075 mm

Fungsi agregat kasar adalah memberikan stabilitas campuran dengan kondisi saling mengunci dari masing-masing partikel agregat kasar dan agregat halus. Sedangkan fungsi agregat halus adalah menambah stabilitas pada campuran dengan interlocking antar agregat. Adapun *filler* berfungsi mengikat agregat halus pada campuran, meningkatkan viskositas aspal, dan mengurangi kepekaan terhadap suhu.

Pemakaian agregat sebagai bahan perkerasan jalan perlu diperhatikan mengenai gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir tekstur permukaan, porositas, absorpsi, berat jenis dan daya kelekatan



Sifat-sifat agregat antara lain adalah : (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010).

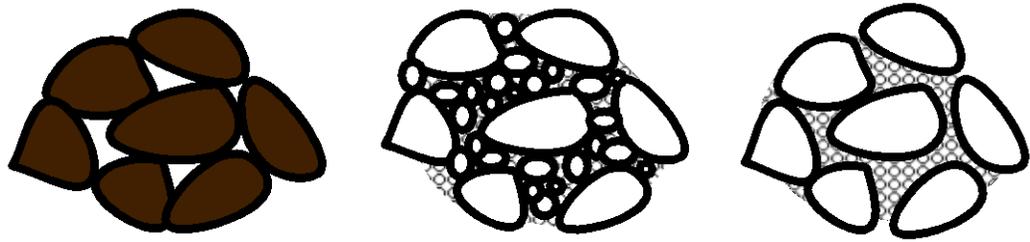
a. Gradasi

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan jalan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

1. Gradasi seragam (*uniform graded*) adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak ruang/rongga kosong antara agregat. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.
2. Gradasi rapat (*dense graded*) merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*).
3. Gradasi buruk/jelek (*poorly graded*) merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori di atas. Gradasi ini disebut juga gradasi

ng dan akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak
 a kedua jenis tersebut di atas. Gambar 1 memperlihatkan jenis
 si agregat.





a. Gradasi Seragam

b. Gradasi Rapat

c. Gradasi buruk/jelek

Gambar 1. Jenis gradasi agregat**b. Daya Tahan Agregat**

Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur/pecah oleh pengaruh mekanis atau kimia. Degradasi didefinisikan sebagai kehancuran agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan ataupun oleh beban lalu lintas.

Faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi :

1. Jenis agregat, jenis agregat yang lunak mengalami degradasi yang lebih besar dari agregat yang lebih keras,
2. Gradasi, gradasi terbuka mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar dari pada gradasi rapat,
3. Bentuk, partikel bulat akan mengalami degradasi yang lebih besar dari partikel berbentuk kubus/bersudut, partikel yang lebih kecil mempunyai tingkat degradasi yang lebih kecil dari pada partikel dengan ukuran besar,



5. Energi pemadatan, degradasi akan terjadi lebih besar pada pemadatan dengan menggunakan energi pemadatan yang lebih besar.

c. Bentuk dan tekstur agregat

Bentuk dan tekstur agregat sangat mempengaruhi interlocking antar butir agregat. Adapun jenis-jenis bentuk agregat adalah sebagai berikut.

1. Bulat, yaitu agregat yang dijumpai di sungai, pada umumnya telah mengalami pengikisan oleh air sehingga umumnya berbentuk bulat.
2. Lonjong, dikatakan lonjong bila ukuran terpanjangnya $>1,8$ kali diameter rata-rata.
3. Kubus, merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu (*crusher stone*) yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas, (berbentuk bidang rata sehingga memberikan interlocking/saling mengunci yang lebih besar).
4. Pipih, dapat merupakan hasil dari mesin pemecah batu maupun memang merupakan sifat dari agregat tersebut yang jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih.
5. Tak beraturan, merupakan agregat yang tidak mengikuti salah satu yang disebutkan di atas.

Dari segi tekstur permukaan agregat dapat dibedakan atas licin, kasar,

pori. agregat berbentuk bulat pada umumnya mempunyai permukaan licin, dan seringkali di jumpai disungai. Permukaan agregat yang licin



menghasilkan daya penguncian antar agregat rendah, dan mempunyai tingkat kestabilan rendah.

Permukaan agregat kasar mempunyai gaya gesek yang baik, ikatan antara butir agregat kuat, sehingga lebih mampu menahan deformasi akibat beban lalu lintas.

d. Kebersihan Agregat (*cleanliness*)

Kebersihan agregat ditentukan dari banyaknya butir-butir halus yang lolos saringan No.200, seperti adanya lempung, lanau, ataupun adanya tumbuh-tumbuhan pada campuran agregat. Agregat yang banyak mengandung material yang lolos saringan No.200, jika dipergunakan sebagai bahan campuran beton aspal, akan menghasilkan beton aspal berkualitas rendah. Hal ini disebabkan material halus membungkus partikel agregat yang lebih kasar, sehingga ikatan antara agregat dan bahan pengikatnya, yaitu aspal, akan berkurang dan berakibat mudah lepasnya ikatan antara aspal dan agregat.

e. Daya Lekat Aspal Terhadap Agregat (*Affinity for asphalt*)

Daya lekat aspal terhadap agregat dipengaruhi oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan agregat yang mengandung silica merupakan agregat

bersifat *hydrophilic*, yaitu agregat yang mudah diresapi air, hal ini
batkan agregat tersebut tak mudah dilekati aspal, ikatan aspal
agregat mudah lepas. Sebaliknya agregat seperti diorite, andesit,



merupakan agregat *hydrophobic* yaitu agregat yang tidak mudah terikat dengan air, tetapi mudah terikat dengan aspal.

f. Berat Jenis Agregat

Di dalam perhitungan rancangan campuran dibutuhkan parameter berat jenis agregat. Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Agregat dengan berat jenis kecil, mempunyai volume yang besar, atau berat yang ringan.

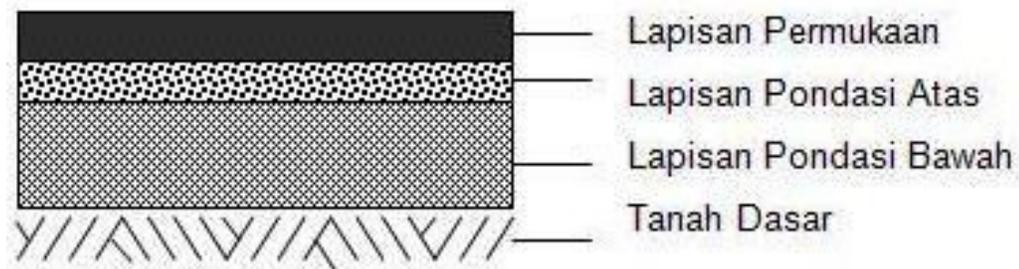
C. Struktur Perkerasan Lentur Jalan

Perkerasan aspal bersifat lentur (fleksibel) karena bahan susunnya terdiri atas berbagai ukuran butiran agregat pecah yang diselimuti aspal, yang kekuatannya sangat ditentukan oleh *internal friction* antar butiran dan modulus elastisitas aspal serta jumlah rongga dalam campuran agregat yang terisi aspal. Perkerasan lentur yang memiliki sifat lentur atau elastis, namun akibat pelayanan lalu lintas atau akibat beban lalu lintas yang berulang akan menimbulkan tegangan elastis dan plastis. Tegangan elastis yang dapat terjadi pada perkerasan akibat diberikan beban akan kembali ke bentuk semula. Sedangkan tegangan plastis adalah tegangan yang diberikan kepada perkerasan beton aspal apabila diberi beban yang tidak seutuhnya

ke bentuk semula.



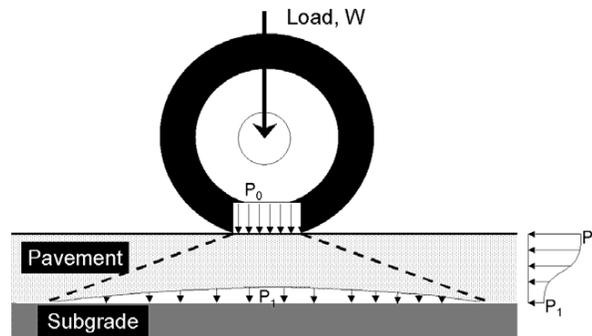
AASHTO (1998. a) maupun Departemen Pekerjaan Umum tahun 2005 mendefinisikan bahwa perkerasan lentur adalah suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran agregat dan aspal dalam keadaan panas (*hot mix*) atau dalam keadaan dingin (*cold mix*) sebagai lapisan permukaan (*surface course*) serta bahan berbutir (*granular material*) sebagai lapisan di bawahnya, yang dibangun di atas tanah dasar (*subgrade*). Susunan struktur lapisan perkerasan lentur jalan dari bagian bawah ke atas, meliputi: (i) lapis pondasi bawah (*sub base course*); (ii) lapis pondasi (*base course*); dan (iii) lapis permukaan (*surface course*). Potongan susunan lapis perkerasan lentur jalan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampang struktur lapisan perkerasan lentur

Sedangkan beban lalu lintas yang bekerja diatas konstruksi perkerasan dapat dibedakan atas : (i). Muatan kendaraan berupa gaya vertikal; (ii). Gaya rem kendaraan berupa gaya horizontal; (iii). Pukulan roda kendaraan berupa getaran.





Gambar 3. Distribusi beban roda kendaraan

Oleh karena sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan akan berbeda-beda setiap lapisan dan semakin kebawah gaya yang diterima akan semakin kecil sebagaimana yang dilihat dalam Gambar 3. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja dan gaya yang ditimbulkan oleh kendaraan, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja.

D. Gradasi Campuran Lataston (HRS-WC)

Berdasarkan spesifikasi 2010 rev. 3 seksi 6. 3 campuran beraspal panas bahwa lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) yang selanjutnya disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, HRS Pondasi (HRS-Base) dan HRS Lapis Aus (HRS Wearing Course, HRS-WC) dan ukuran maksimum agregat masing campuran adalah 19 mm. HRS-Base mempunyai proporsi regat kasar lebih besar daripada HRS-WC. Untuk mendapatkan hasil



yang memuaskan, maka campuran harus dirancang sampai memenuhi semua ketentuan yang diberikan dalam Spesifikasi. Adapun dua persyaratan yang harus dipenuhi adalah :

1. Gradasi yang benar-benar senjang

Agar diperoleh gradasi yang benar-benar senjang, maka selalu dilakukan pencampuran pasir halus dengan agregat pecah mesin.

2. Sisa rongga udara pada kepadatan membal (*refusal density*) harus memenuhi ketentuan yang dalam spesifikasi.

Aspal beton atau laston merupakan campuran aspal panas yang ditujukan pada jalan dengan kondisi lalu lintas berat. Campuran ini khusus diformulasikan untuk meningkatkan keawetan dan ketahanan kelelahan. Pada kondisi lalu lintas sedang digunakan campuran aspal panas *Hot Rolled Sheet*. Untuk lapis antara bisa digunakan *Asphalt Treated Base* yang relatif memiliki kekakuan yang cukup untuk menerima beban.

Dalam campuran, agregat yang kecil akan mengisi ruang di antara agregat yang besar, sehingga membentuk struktur granular yang padat dengan rongga udara yang sangat kecil. Bahan aspal akan menyelimuti butiran agregat sebagai lapis tipis dan sebagian mengisi rongga di antara agregat. Agregat yang digunakan dalam campuran beraspal terdiri dari

kasar, agregat halus dan mineral pengisi. Semua agregat yang an harus dalam keadaan yang bersih dan memenuhi persyaratan si yang dipersyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI).



Kekuatan mekanik dari campuran ini diperoleh dari gesekan dalam, sifat penguncian antar agregat serta kohesi antar butir agregat yang telah terselimuti aspal. Gradasi agregat gabungan lastaston tersaji pada Tabel 1. Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan.

Tabel 1. Gradasi agregat gabungan lastaston (Spesifikasi 2010, rev. 3)

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran								
	Latasir (SS)		Lastaston (HRS)				Laston (AC)		
	Kelas A	Kelas B	Gradasi Senjang ³		Gradasi Semi Senjang ²		WC	BC	Base
			WC	Base	WC	Base			
37,5									100
25								100	90 - 100
19	100	100	100	100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
12,5			90 - 100	90 - 100	87 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
9,5	90 - 100		75 - 85	65 - 90	55 - 88	55 - 70	77 - 90	66 - 82	52 - 71
4,75							53 - 69	46 - 64	35 - 54
2,36		75 - 100	50 - 72 ³	35 - 55 ³	50 - 62	32 - 44	33 - 53	30 - 49	23 - 41
1,18							21 - 40	18 - 38	13 - 30
0,600			35 - 60	15 - 35	20 - 45	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
0,300					15 - 35	5 - 35	9 - 22	7 - 20	6 - 15
0,150							6 - 15	5 - 13	4 - 10
0,075	10 - 15	8 - 13	6 - 10	2 - 9	6 - 10	4 - 8	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Catatan :

1. Untuk HRS-WC dan HRS-Base yang benar-benar senjang, paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No.8 (2,36 mm) harus lolos ayakan No.30 (0,600 mm). Lihat Tabel 6.3.2.4 sebagai contoh batas-batas “Bahan Bergradasi Senjang” di mana bahan yang lolos No. 8 (2,36 mm) dan bahan yang tertahan pada ayakan No. 30 (0,600 mm).

(a) untuk semua jenis campuran, rujuk Tabel 1. (b) untuk ukuran agregat maksimum pada tumpukan bahan pemasok dingin.



E. Distribusi Beban Pada Perkerasan Jalan

Analisis didasarkan pada pendekatan desain mekanistik (Cronney, dkk., 1998 dan Huang HY, 1993), dan elastis sistem perkerasan dua lapisan linear seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Semua lapisan yang terletak di bawah permukaan aspal (top-layer) yang secara teoritis ditandai dengan satu nilai komposit modulus elastisitas (E_2). Akibatnya, kriteria desain perkerasan jalan dapat dibahas yaitu :

- a. Distribusi tegangan-regangan tiga dimensi lebih tinggi dari lapisan aspal-permukaan.
- b. Tegangan tarik horizontal dan regangan yang terjadi di zona bawah ((h-1) mm) dari lapisan aspal permukaan yang merupakan parameter kerusakan pada perkerasan akibat kelelahan dan mengakibatkan terjadinya retak.

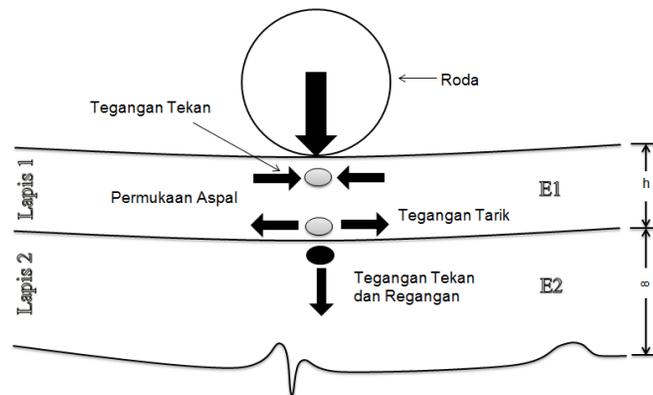
Gambar 4 memperlihatkan sistem perkerasan jalan dengan sistem dua lapis dengan distribusi tegangan dan regangan pada perkerasan jalan yang ditinjau.

Untuk sistem perkerasan multi-layer, penyederhanaan pada lapisan atas dan karakterisasi dari lapisan-lapisan dalam menahan beban yang ada pada perkerasan jalan. Pada Gambar 4 menunjukkan adanya penyederhanaan model dengan asumsi kondisi lalu lintas sebagai pembebanan statis dan

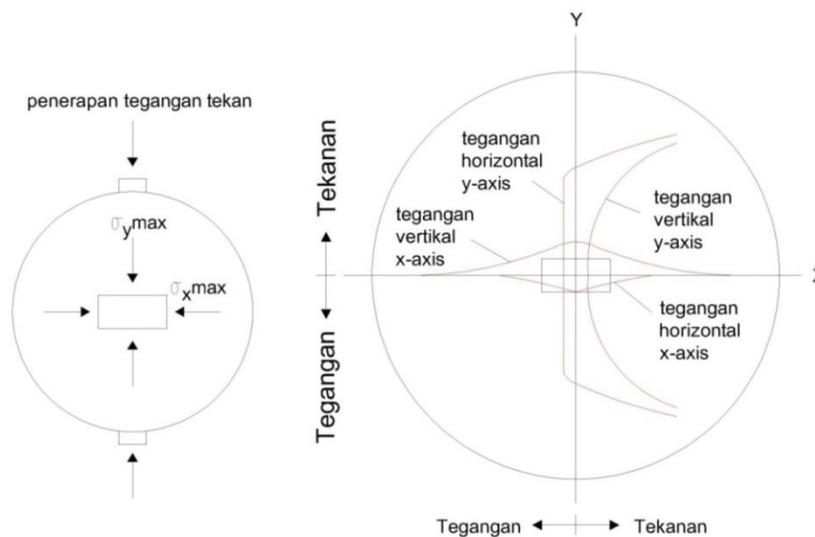
sasi pada kondisi linier-elastis isotropik dari bahan itu sendiri. Dalam Gambar 4, Q adalah beban ban dengan satuan kN, p adalah tekanan ban P_a , h adalah ketebalan lapisan aspal permukaan dalam mm dan E_1



serta E_2 adalah modulus elastisitas dalam MPa. Gambar 4 memperlihatkan distribusi tegangan dan tekanan yang dapat terjadi pada lapis perkerasan jalan.



Gambar 4. Sistem perkerasan dua lapis (Lubinda F. Walubita, 2000)



5. Distribusi tegangan dan tekanan (The Shell Bitumen Handbokk, 2013)



Berdasarkan Gambar 6 yang memperlihatkan penjabaran tegangan-tegangan yang terjadi pada perkerasan jalan, terlihat bahwa tegangan-tegangan yang terjadi pada perkerasan jalan adalah tegangan geser arah horizontal dan tegangan geser arah vertikal. Tegangan geser pada perkerasan jalan ini terjadi pada daerah bawah perkerasan jalan yang disebabkan oleh pembebanan roda kendaraan. Pembebanan roda kendaraan yang terjadi bisa disebabkan karena pembebanan secara berulang dan terus-menerus.

F. Uji Karakteristik Marshall

Li dkk, (1999) telah melakukan pengujian campuran aspal dengan metode marshall dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dari campuran aspal panas, dimaksudkan untuk mendapatkan stabilitas dan *flow* dibaca langsung dengan dial. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh *Bruce Marshall* dari *Misisipi State Highway Department* sekitar tahun 1940-an. Selain mendapatkan nilai stabilitas dan *flow* akan didapatkan pula nilai VIM, VMA, *density* campuran aspal dan marshall quotient. Dalam penelitian *elastic modulus* campuran aspal beton, design campuran aspal yang digunakan melibatkan metode marshall.

Gul dkk, (2014) mengatakan bahwa karakteristik deformasi permanen

campuran aspal dapat dipelajari dengan menggunakan benda uji silinder
 an yang dapat dibuat baik dari superpave atau perangkat pemadat
 , terlepas dari metode campuran aspal desain dan jenis agregat.



Sedangkan Xiang dkk, (2008) mengatakan untuk mengevaluasi karakteristik retak pada campuran aspal digunakan metode marshall dalam mendesain campuran aspal.

Kinerja campuran beraspal sangat ditentukan oleh volumetrik campuran dalam keadaan padat yang terdiri dari : rongga udara dalam campuran (VIM), rongga di antara agregat (VMA), dan rongga terisi aspal (VFA).

Adapun persyaratan campuran beraspal dingin dengan asbuton butir menurut Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2006 No : 001 – 05 / BM/ 2006 tentang pemanfaatan asbuton, campuran beraspal dingin dengan asbuton butir peremaja emulsi. Persyaratan briket hasil pemadatan dengan 2 × 50 tumbukan sedangkan pada SNI 06-2489-1991 tentang metode pengujian campuran aspal dengan alat marshall 2 × 75 tumbukan untuk lalu lintas berat.

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan

ring (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. Ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder



berdiameter 4 inchi (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, AASHTO T 245-90 atau ASTM D 1559-76. Secara garis besar pengujian Marshall meliputi: persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, dan perhitungan sifat volumetrik benda uji. Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

1. Jumlah benda uji yang disiapkan.
2. Persiapan agregat yang akan digunakan.
3. Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan.
4. Persiapan campuran aspal beton.
5. Pemadatan benda uji.
6. Persiapan untuk pengujian Marshall.

Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya uji *Marshall* tersebut. AASHTO menetapkan minimal 3 buah benda uji untuk setiap kadar aspal yang digunakan. Agregat yang akan digunakan dalam campuran dikeringkan di dalam oven pada temperatur 105-110°C. Setelah dikeringkan agregat dipisah-pisahkan sesuai fraksi ukurannya dengan menggunakan saringan. Temperatur pencampuran bahan aspal dengan agregat adalah temperatur pada saat aspal mempunyai viskositas kinematis

170 ± 20 centistokes, dan temperature pemadatan adalah temperatur pada saat aspal mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar 100 centistokes. Karena tidak diadakan pengujian viskositas kinematik



aspal maka secara umum ditentukan suhu pencampuran berkisar antara 145 °C-155 °C, sedangkan suhu pemadatan antara 110 °C-135 °C. Prinsip dasar dari metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran yang telah didapat dari hasil uji gradasi, sesuai spesifikasi campuran. Pengujian *Marshall* untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T 245-90. Dari hasil gambar hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*, maka akan diketahui kadar aspal optimumnya.

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran tertentu, sesuai spesifikasi campuran. Metode *Marshall* dikembangkan untuk rancangan campuran aspal beton. Sebelum membuat briket campuran aspal beton maka perkiraan kadar aspal optimum dicari dengan menggunakan rumus pendekatan. Setelah menentukan proporsi dari masing-masing fraksi agregat yang tersedia, selanjutnya menentukan kadar aspal total dalam campuran. Kadar aspal total dalam

an beton aspal adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau
nuti butir-butir agregat, mengisi pori antara agregat, ditambah
kadar aspal yang akan terserap masuk ke dalam pori masing-masing



butir agregat. Setelah diketahui estimasi kadar aspalnya maka dapat dibuat benda uji. Untuk mendapatkan kadar aspal optimum umumnya dibuat 15 buah benda uji dengan 5 variasi kadar aspal yang masing-masing berbeda 0,5%. Sebelum dilakukan pengujian *Marshall* terhadap briket, maka dicari dulu berat jenisnya dan diukur ketebalan dan diameternya di tiga sisi yang berbeda. Melakukan uji *Marshall* untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) benda uji mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 AASHTO T 245-90. Parameter *Marshall* yang dihitung antara lain: VIM, VMA, VFA, berat volume dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran. Setelah semua parameter briket didapat, maka digambar grafik hubungan kadar aspal dengan parameternya yang kemudian dapat ditentukan kadar aspal optimumnya. Kadar aspal optimum adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi *Marshall* test modifikasi. Modifikasi alat Marshall ini terletak pada alat pemegang benda uji. Pada uji *Marshall* konvensional benda uji merupakan silinder dengan diameter 10 cm.

Bahan yang digunakan telah memenuhi spesifikasi. Kombinasi agregat memenuhi gradasi yang disyaratkan. Untuk keperluan analisa volumetrik (*density-voids*), berat jenis bulk dari semua agregat yang digunakan pada kombinasi agregat, dan berat jenis aspal keras harus dihitung terlebih dahulu.

benda uji, minimum tiga buah untuk masing-masing kombinasi. 2x75 kali Keluarkan benda uji dari mold dengan *Extruder* pada dingin. Diamkan contoh satu malam, kemudian periksa berat isinya.



Langkah pengujian : Rendam dalam *water bath* pada temperatur 60°C selama 30 menit dan keringkan permukaan benda uji serta letakkan pada tempat yang tersedia pada alat uji *Marshall*. Setel dial pembacaan stabilitas dan kelelahan yang telah terpasang pada alat *Marshall*. Lakukan pengujian *Marshall* dengan menjalankan mesin penekan dengan kecepatan deformasi konstan 51 mm (2 in.) per menit sampai terjadi keruntuhan pada benda uji. Baca dan catat besar angka pada dial untuk memperoleh nilai stabilitas (*stability*) dan kelelahan (*flow*) Dengan faktor koreksi dan kalibrasi proving ring pada alat *Marshall* dapat diperoleh nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*).

Karakteristik Metode *Marshall*

Unit weight merupakan berat volume kering campuran yang menunjukkan kepadatan campuran beton aspal. Campuran dengan kepadatan yang tinggi akan mempunyai kemampuan menahan beban yang lebih tinggi daripada campuran dengan kepadatan rendah.

VIM (*Voids In Mix*) merupakan volume pori dalam campuran yang telah dipadatkan atau banyaknya rongga udara yang berada dalam campuran. Dalam hal ini perhitungan volume sampel tidak dilakukan dengan perendaman sampel dalam air dikarenakan berat kering permukaan jenuh (SSD) pada aspal beton tidak akan terjadi sebagai akibat dari porusnya

n.

stability (stabilitas) adalah indikator dari parameter campuran hasil uji

yang menjelaskan kemampuan lapis aspal beton untuk menahan



deformasi atau perubahan bentuk akibat beban lalu lintas yang bekerja pada lapis perkerasan tersebut. Nilai stabilitas menunjukkan kekuatan dan ketahanan campuran beton aspal terhadap terjadinya perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur (rutting) maupun bleeding. Semakin rendah nilai stabilitas campuran, menunjukkan semakin rendahnya kinerja campuran dalam memikul beban roda kendaraan.

Flow menunjukkan besarnya deformasi dari campuran beton aspal akibat beban yang bekerja pada perkerasan. *Flow* merupakan salah satu indikator terhadap lentur. Besarnya rongga antar campuran (VIM) dan penggunaan aspal yang tinggi dapat memperbesar nilai kelelahan plastis.

VMA merupakan volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat suatu campuran beraspal padat, termasuk di dalamnya rongga yang berisi aspal efektif dan menunjukkan persentase dari volume total benda uji. *Asphalt Institute* merekomendasikan bahwa harga VMA dari campuran beraspal padat dapat dikalkulasikan dalam hubungannya dengan berat jenis kering total agregat (*aggregat Bulk Specific Gravity*). Pemakaian agregat bergradasi senjang dan kadar aspal yang rendah dapat memperbesar VMA.

VFB adalah persentase pori antar butir agregat yang terisi aspal, sehingga VFB merupakan bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak

ada di dalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir

Kriteria VFB membantu perencanaan campuran dengan

menentukan VMA yang dapat diterima. Pengaruh utama kriteria VFB adalah



membatasi VMA maksimum dan kadar aspal maksimum. VFB juga dapat membatasi kadar rongga campuran yang diizinkan yang memenuhi kriteria VMA.

MQ (*Marshall Quetiont*) adalah nilai pendekatan yang hampir menunjukkan nilai kekakuan suatu campuran beraspal dalam menerima beban. Nilai MQ diperoleh dari perbandingan antara nilai stabilitas yang telah dikoreksi terhadap nilai kelelahan (*flow*) dan dinyatakan dalam satuan kg/mm atau kN/mm.

Stabilitas merupakan kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis. Penelitian yang dilakukan Israil dkk, (2016) tentang stabilitas campuran aspal emulsi yang mengandung EB-BRA, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan aspal emulsi yang dibuat dengan EB-BRA dalam produksi beton aspal penggunaan campuran meningkatnya waktu pemeraman dapat meningkatkan stabilitas dan penurunan flow dalam campuran aspal emulsi.

Flow didefenisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum. Pengaruh penuaan pada sifat flow aspal dari pandangan termodinamika dan reologi menunjukkan bahwa karakteristik flow aspal berkaitan erat dengan perilaku

ndah dan koloid, perubahan struktur molekul aspal menyebabkan atan flow dan fleksibilitas (Peilong Li dkk, 2016). Selain mendapatkan



nilai stabilitas dan flow akan didapatkan pula nilai VIM, VMA, density campuran aspal dan marshall quotient (MQ).

Karakteristik deformasi permanen dari campuran aspal dapat dipelajari dengan menggunakan benda uji silinder dipadatkan yang dapat dibuat baik dari superpave atau perangkat pemadat marshall, terlepas dari metode campuran aspal desain dan jenis agregat (Gul dkk, 2014). Nilai Marshall Quotient akan memberikan nilai fleksibilitas campuran, dimana semakin besar nilainya maka campuran lapis keras semakin kaku. Sementara jika nilainya kecil, maka campuran lapis keras semakin lentur. Nilai Marshall Quotient diperoleh dengan rumus :

$$MQ = \frac{S}{R} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas (kg)

R = Nilai flow (mm)

MQ = Nilai Marshall Quotient (kg/mm)

G. Uji Kuat Tarik Tidak Langsung (*Indirect Tensile Strength*)

Kuat tarik tidak langsung (ITS) dimaksudkan untuk menentukan karakteristik kuat tarik dari aspal beton yang dapat dijadikan sebagai indikator

melakukan kajian terhadap retak (*cracking*) yang terjadi pada lapisan aspal (Tafyur dkk, 2007). Perkembangan jumlah beban lalu lintas yang



akan diterima oleh jalan mengakibatkan masa layanan dari lapisan perkerasan akan berkurang. Beban tekan dan beban tarik adalah dua pembebanan yang dialami oleh suatu lapisan perkerasan jalan. ASTM telah mengeluarkan pedoman dalam melakukan pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*) dengan kode ASTM D6931-12. Pengujian ini kuat tidak langsung dilakukan karena tidak memungkinkan campuran campuran aspal untuk dilakukan pengujian kuat tarik langsung. Kuat tarik tidak langsung dimaksudkan untuk melihat seberapa besar tegangan tarik yang dapat terjadi pada permukaan jalan dan menyebabkan deformasi pada permukaan jalan tersebut.

Nilai ITS dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas relatif campuran aspal dalam hubungannya dengan pengujian desain campuran laboratorium dan untuk memperkirakan potensi terjadinya *rutting* atau retak. Hasil ini dapat juga digunakan untuk menentukan potensi untuk bidang perkerasan kerusakan kelembaban ketika hasil yang diperoleh pada kedua sampel berkondisi dan dikondisikan.

Telah banyak peneliti ahli konstruksi perkerasan jalan khususnya perkerasan fleksibel atau perkerasan lentur dalam melakukan berbagai penelitian dan melaporkan kinerja campuran beraspal sehubungan dengan

kuat tidak langsung yang dapat dipikul oleh perkerasan beraspal akibat beban kendaraan (Faruk dkk, 1997, Tayfur dkk, 2007, Ahmadzade dkk, 2008, Xuan dkk, 2012, dll).



Tabel 2. Penelitian terdahulu kuat tarik tidak langsung

Peneliti	Hasil penelitian	Jenis campuran aspal
Birgisson dkk	Tegangan, regangan	Superpave
Tayfur dkk	Tegangan, regangan	Aspal dimodifikasi
Ahmadzade dkk	Tegangan, regangan	AC dengan additive dan indeks ITS
Abu dkk	Tegangan, regangan, tensile modulus	AC
S. Du	Tegangan	Aspal emulsi
Katman dkk	Tegangan	Aspal yang dikeringkan (RAP)
Pervis Ahmedzade & Mehmet Yilmaz	Tegangan	Aspal modifier polyester resin
Jinhai Yan	Tegangan	Aspal Emulsi

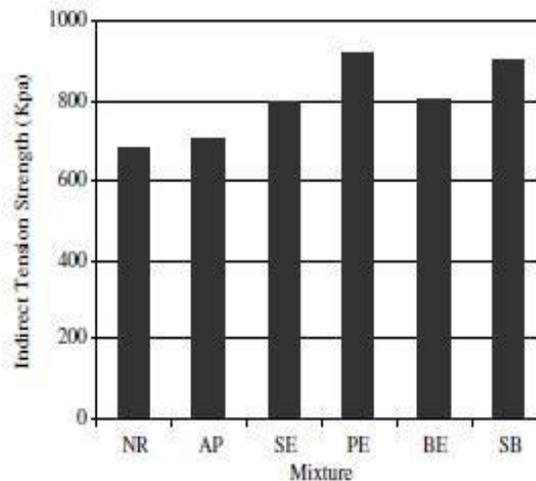
Banyaknya ahli konstruksi jalan yang telah melakukan penelitian dengan topik kuat tarik campuran aspal karena masalah ini sehubungan masalah utama kerusakan perkerasan yakni retak yang terjadi pada perkerasan aspal yang diakibatkan oleh deformasi permanen, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Ada tiga tekanan besar mekanis yang dapat menyebabkan terjadi retak yaitu retak pada suhu rendah, kelelahan (*fatigue*) dan *rutting*.

Aspal yang memiliki kekuatan tarik tinggi akan berkorelasi dengan peningkatan terhadap retak meningkat.



Tayfur dkk, (2005) mengatakan campuran aspal yang mampu mentolelir regangan yang lebih tinggi sebelum kegagalan cenderung lebih tahan terhadap retak daripada campuran aspal yang tidak dapat mentoleransi regangan tinggi. Uji kuat tarik tidak langsung merupakan pengujian yang digunakan dalam menentukan efek bahan aditif dalam campuran aspal yang dimodifikasi. Gambar 7 menunjukkan kuat tarik belah campuran aspal dimodifikasi oleh (Tafyur dkk, 2005).



Gambar 7. *Inderect tensile strength* campuran yang dimodifikasi

Penelitian Xuan dkk, (2012) menunjukkan nilai kuat tarik tidak langsung merupakan index yang sangat penting dalam design perkerasan struktur, kuat tarik tidak langsung merupakan parameter terpisah dengan parameter

dan sangat penting diperhitug pada campuran aspal.

gisson dkk, (2008) mengatakan perilaku retak (*cracking*) pada campuran aspal dapat dijelaskan dengan uji kuat tarik tidak langsung



campuran aspal yang dibandingkan dengan metode prediksi dengan menggunakan *digital image correlation* (DIC). Kuat tarik tidak langsung dapat dilakukan pada benda uji dalam bentuk lingkaran penuh dan setengah lingkaran.

Abu dkk, (2014) mengatakan benda uji akan ditekan sampai pada beban maksimum, beban tekan didistribusikan dengan menggunakan beban strip yang diletakkan pada permukaan lingkaran benda uji, beban tekan dilaksanakan sampai pada tingkat benda uji mengalami kegagalan.

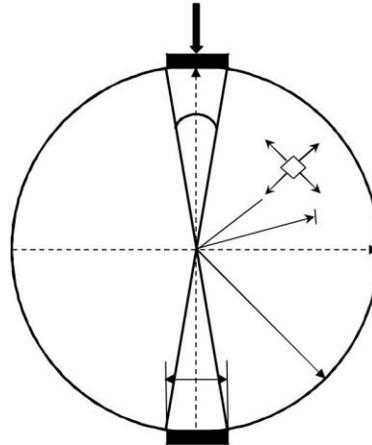
Sedangkan Ahmedzade P., dkk., (2007) mengatakan nilai kuat tarik tidak langsung merupakan fungsi dari beban, diameter dan ketebalan benda uji, untuk benda uji berbentuk lingkaran penuh seperti Gambar 8. Nilai ITS benda uji lingkaran penuh diperlihatkan dalam persamaan 2.

Showen Du mengatakan kuat tarik aspal semen mastik sangat sensitif terhadap kadar air dan memiliki hubungan dengan stabilitas pada pelaksanaan di lapangan, sehingga kadar air optimum aspal emulsi dapat diprediksi dengan nilai ITS.

Nilai ITS dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas relatif campuran aspal dalam hubungannya dengan pengujian desain campuran laboratorium dan untuk memperkirakan potensi terjadinya *rutting* atau retak. Hasil ini dapat

digunakan untuk menentukan potensi untuk bidang perkerasan dan kelembaban ketika hasil yang diperoleh pada kedua sampel uji dan dikondisikan.





Gambar 8. Diagram pembebanan uji ITS

Nilai kuat tarik tidak langsung pada benda uji berbentuk selinder merupakan fungsi dari beban (P_{max}), tebal benda uji dan diameter yang dituliskan dalam bentuk :

$$ITS = \frac{2P}{\pi D H} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

ITS = Kuat tarik langsung dipusat benda uji (kN)

P_{max} = Beban maksimum (kN)

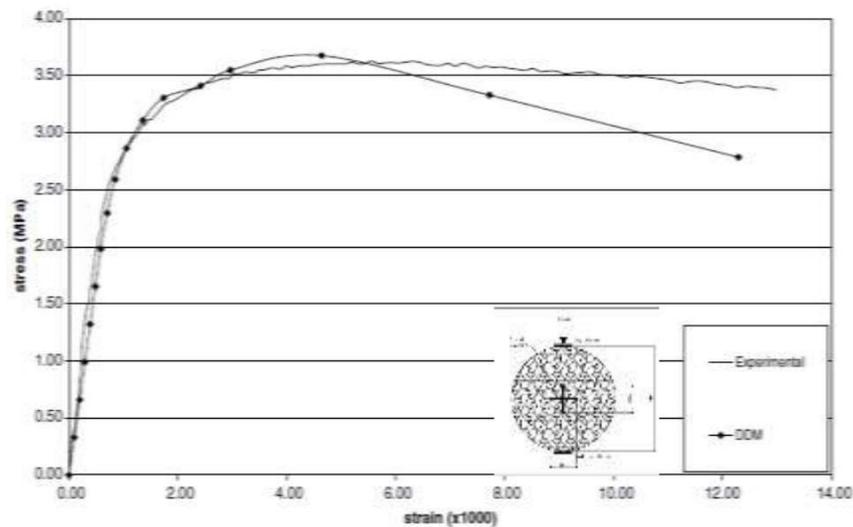
t = Ketebalan benda uji (mm)

d = Diameter benda uji (mm)

Gambar 9 menunjukkan hubungan tegangan–regangan pada campuran

perpave. Terlihat bahwa tegangan maksimum sebesar 3.60 MPa dengan regangan 0.006. Kurva regangan–tegangan membentuk garis lurus pada tegangan 2.5 MPa dengan regangan 0.001 MPa.





Gambar 9. Hubungan regangan akibat beban tarik dan tegangan Tarik
(Sumber : Birgisson dkk, 2008)

Penelitian Wong dkk, (2004) mengatakan bahwa rasio kuat tarik tidak langsung (ITSR) dapat digunakan untuk mengetahui kerentanan kelembaban campuran aspal (Katman, 2012). Kerusakan perkerasan fleksibel pada daerah tropis seperti di Indonesia yang disebabkan karena keretakan perkerasan yang terjadi akibat rendaman air. Campuran aspal sangat penting untuk diketahui sensitifitasnya terhadap air. Air memberikan efek atau pengaruh terhadap deformasi campuran aspal.

Semakin tinggi nilai ITSR maka campuran aspal semakin tahan terhadap air begitupun sebaliknya campuran aspal dengan ITSR rendah akan semakin rentan terhadap air. Kerentanan kelembaban campuran aspal (*moisture susceptibility of asphalt mixtures*) dievaluasi



dengan AASHTO T283. ITSR lebih besar dari 0.7 lebih tahan terhadap retak (Ahmedzade dkk. 2007). Nilai ITSR berada pada kisaran antara 0 – 1. Ratio kuat tarik tidak langsung dapat ditulis dalam bentuk persamaan 3 :

Dimana :

ITS_{cond} = Nilai ITS terkondisikan atau basah (MPa)

ITS_{dry} = Nilai ITS kering (MPa)

Menurut Birgisson, (2008) nilai ITS campuran aspal superpave sekitar 3.60 MPa. Pada campuran aspal menggunakan *aditif poliolefin* (PE) nilai *indirect tensile strength* dapat mencapai ± 920 Kpa, aspal normal (NR) sebesar 683 Kpa (Tayfur, 2005). Peneliti yang lain mendapatkan nilai kuat tarik tidak langsung pada campuran aspal AC-10 sebesar 758 Kpa dan AC-5 sebesar 489.41 Kpa (Ahmazade, 2006).

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh (Ahmazade, 2006) dikemukakan pengaruh rendaman terhadap campuran aspal AC-10 dan didapatkan nilai ITS_{cond} sebesar 721.07 Kpa dengan nilai ITSR sebesar 0.951 sedang campuran aspal AC-5 didapatkan ITS_{cond} sebesar 452.87 Kpa dengan nilai ITSR sebesar 0.925 dan AC-10+0.75% PR didapat ITS_{cond} sebesar 806.84 Kpa dengan ITSR 0.955.

