

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PERENDAMAN TERHADAP KUAT TARIK
CAMPURAN AC-BC**

**INFLUENCE OF IMMERSION ON THE TENSILE STRENGTH
OF THE AC-BC MIXTURE**

**ANDI MUHAMMAD FAUZAN RUSLAN
D011 17 1526**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

PENGARUH PERENDAMAN TERHADAP KUAT TARIK CAMPURAN AC-BC

Disusun dan diajukan oleh:

ANDI MUHAMMAD FAUZAN RUSLAN


D011 17 1526

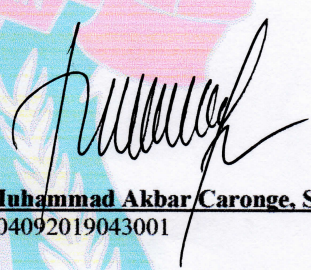
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 10 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

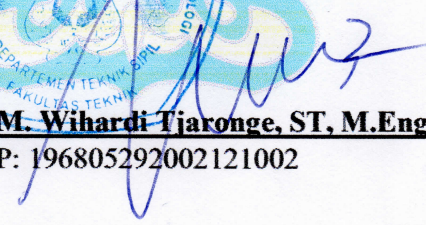
Pembimbing I,

Pembimbing II,


Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP: 196805292002121002


Dr. Eng. Muhammad Akbar Caronge, ST, M.Eng
NIP: 198604092019043001

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP: 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Muhammad Fauzan Ruslan
NIM : D011 17 1526
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

PENGARUH PERENDAMAN TERHADAP KUAT TARIK CAMPURAN

AC-BC

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi/Tesis/Disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi/Tesis/Disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 19 April 2022

Yang membuat pernyataan,



Andi Muhammad Fauzan Ruslan
NIM: D011 17 1526

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**PENGARUH PERENDAMAN TERHADAP KUAT TARIK CAMPURAN AC-BC**” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. **Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST, MT.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. **Bapak Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge ST., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
3. **Dr. Eng . M. Akbar Caronge,ST.,MT.**, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini
4. **Bapak Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, ST., MT.**, selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan.
5. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ayahanda **Andi Ruslan Sulaeman, ST.** dan ibunda **Andi Tenrisau Adam ST., MT.**, atas doa, kasih sayangnya, dan segala dukungan selama ini, baik spritiual maupun material, serta

seluruh keluarga besar atas sumbangsih dan dorongan yang telah diberikan.

2. **Ali** selaku orang penting , yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam perkuliahan sampai penyelesaian tugas akhir ini.
3. **Arya** selaku orang yang selalu membantu dari awal perkuliahan sampai selesainya kerja praktek.
4. **Azwar** selaku sobat sesama berasal dari Makassar yang selalu senantiasa membantu persoalan kuliah selama ini.
5. Saudara-saudari **PLASTIS 2018** yang senantiasa memberikan warna yang sangat begitu indah, dukungan yang tiada henti, semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Dan squad **TITIK NOL** yang telah memberikan pengalaman banyak dalam dunia game

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan, oleh karena itu mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhirnya semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan berkat dan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, 19 April 2022

Penulis

ABSTRAK

Sebagian besar bahan penyusun aspal beton adalah agregat. Agregat merupakan material yang rentan terkena kerusakan oleh air karena sifatnya yang hydrophobic, sehingga dalam perencanaan dibutuhkan perhitungan yang matang agar lapisan dapat secara efektif berfungsi sesuai dengan umur rencana dan indeks pelayanan akhir yang diharapkan.

Kerusakan akibat air pada lapis aspal beton dapat disebabkan karena beberapa faktor, yaitu: (1) jenis agregat, baik agregat kasar dan halus harus diuji ketahanannya terhadap air. Agregat yang sensitif terhadap air akan rentan mengalami stripping. (2) Sumber minyak dan proses distilasinya sampai menjadi aspal. (3) Properti campuran aspal beton. Kadar rongga udara dan permeabilitas campuran yang dipengaruhi oleh proses pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal menjadi salah satu faktor paling penting karena properti tersebut menentukan tingkat kejenuhan dan pengaliran air. (4) Ketebalan lapis aspal juga berpengaruh pada kerentanan campuran terhadap air karena akan menentuka durabilitas campuran. (5) Kondisi lingkungan dan volume lalu-lintas akan mempengaruhi tingkat stripping. Kerusakan akibat air lebih sering terjadi pada daerah dengan curah hujan dan salju tinggi. Volume lalu-lintas dan muatan sumbu tinggi akan meningkatkan potensi stripping.

Dalam pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS), nilai rata-rata tegangan tarik yang terjadi pada benda uji dengan perendaman 1 hari untuk tumbukan 50 sebesar 1,09 Mpa, tumbukan 75 sebesar 1,06, perendaman 3 hari untuk tumbukan 50 sebesar 1,13, tumbukan 75 sebesar 1,22, dan perendaman 7 hari untuk 50 tumbukan sebesar 1,08, tumbukan 75 sebesar 0,96 Mpa.

ABSTRACT

Most of the components of asphalt concrete are aggregates. Aggregate is a material that is susceptible to damage by water because of its hydrophobic nature, so careful calculations are needed in planning so that the layer can function effectively according to the design life and the expected final service index. Water damage to the asphalt concrete layer can be caused by several factors, namely: (1) the type of aggregate, both coarse and fine aggregates, must be tested for water resistance. Aggregates that are sensitive to water will be prone to stripping. (2) Source of oil and the distillation process until it becomes asphalt. (3) Properties of asphalt-concrete mixtures. The air void content and the permeability of the mixture which are influenced by the compaction process, aggregate gradation and asphalt content are the most important factors because these properties determine the level of saturation and water flow. (4) The thickness of the asphalt layer also affects the susceptibility of the mixture to water because it will determine the durability of the mixture. (5) Environmental conditions and traffic volume will affect the stripping rate. Water damage is more common in areas with heavy rainfall and snow. Traffic volumes and high axle loads will increase the potential for stripping.

Currently, the construction of road transportation facilities in Indonesia for pavement is still dominated by the use of asphalt. The most widely used type of asphalt for road pavement is asphalt derived from petroleum distillation, which is then known as oil asphalt.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
<p>Puji dan Syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “PENGARUH PERENDAMAN TERHADAP KUAT TARIK CAMPURAN AC-BC” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.</p>	
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	1
BAB 1. PENDAHULUAN	4
A. Latar Belakang	4
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Penelitian	8
D. Batasan Masalah	9
E. Manfaat Penelitian	9
F. Sistematika Penulisan	9
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	12
A. Jenis- Jenis Campuran Aspal	12
A.1. Beton Aspal Lapis Antara (AC-BC)	13
B. Teori Agregat Kasar	15
C. Teori Agregat Halus	18
BAB 3. METODE PENELITIAN	23
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	23
B. Bagan Alir Penelitian	23
C. Jenis Penelitian dan Sumber Data	24

C.1.	Pemeriksaan Karakteristik Material.....	24
D.	Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Panas dengan Bahan Pengikat Aspal Minyak.....	27
D.1.	Memperoleh Gradasi Gabungan.....	27
D.2.	Memperkirakan Kadar Aspal Efektif Perkiraan.....	28
D.3.	Memperkirakan Kadar Aspal Optimum.....	28
E.	Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung.....	29
F.	Jumlah Benda Uji	31
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A.	Karakteristik Material.....	32
A.1.	Karakteristik Agregat Kasar.....	32
A.2.	Karakteristik Agregat Halus.....	34
A.3.	Karakteristik Semen Portland Komposit (PCC).....	34
A.4.	Karakteristik Aspal Minyak.....	36
B.	Gradasi Agregat Gabungan.....	37
C.	Rancangan Dan Komposisi Campuran AC-BC Berdasarkan Kadar Aspal Perkiraan.....	39
D.	Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran AC-BC Dengan Metode Marshall	41
1.	Hubungan Kadar Aspal Minyak dengan Stabilitas.....	42
2.	Hubungan Kadar Aspal Minyak dengan <i>Flow</i>	43
3.	Hubungan Kadar Aspal Minyak dengan <i>Marshall Quetiont</i> (MQ)...	45
4.	Hubungan Kadar Aspal Minyak dengan VIM (<i>Void in Mix</i>).....	46
5.	Hubungan Kadar Aspal Minyak dengan VMA (<i>Void Mineral Aggregate</i>).....	47
6.	Hubungan Kadar Aspal Minyak dengan VFB (<i>Void Filled Bitumen</i>) 48	
7.	Penentuan Kadar Aspal Optimum Menggunakan Asbuton Modifikasi Sebagai Bahan Pengikat Tanpa Limbah Plastik.....	49
E.	Hubungan Tegangan Regangan Campuran AC-WC Akibat Beban Tarik.....	51
F.	Rekapitulasi Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran AC-BC...57	

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	59
A. Kesimpulan.....	59
B. Saran.....	59

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sebagian besar bahan penyusun aspal beton adalah agregat. Agregat merupakan material yang rentan terkena kerusakan oleh air karena sifatnya yang hydrophobic, sehingga dalam perencanaan dibutuhkan perhitungan yang matang agar lapisan dapat secara efektif berfungsi sesuai dengan umur rencana dan indeks pelayanan akhir yang diharapkan. Menurut (Sengoz dan Agar 2007), kerusakan akibat air pada lapis aspal beton dapat disebabkan karena beberapa faktor, yaitu: (1) jenis agregat, baik agregat kasar dan halus harus diuji ketahanannya terhadap air. Agregat yang sensitif terhadap air akan rentan mengalami stripping. (2) Sumber minyak dan proses distilasinya sampai menjadi aspal. (3) Properti campuran aspal beton. Kadar rongga udara dan permeabilitas campuran yang dipengaruhi oleh proses pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal menjadi salah satu faktor paling penting karena properti tersebut menentukan tingkat kejenuhan dan pengaliran air. (4) Ketebalan lapis aspal juga berpengaruh pada kerentanan campuran terhadap air karena akan menentuka durabilitas campuran. (5) Kondisi lingkungan dan volume lalu-lintas akan mempengaruhi tingkat stripping. Kerusakan akibat air lebih sering terjadi pada daerah dengan curah hujan dan salju tinggi. Volume lalu-lintas dan muatan sumbu tinggi akan meningkatkan potensi stripping.

Pada pembangunan sarana transportasi jalan raya di Indonesia saat ini untuk perkerasan masih didominasi oleh penggunaan aspal. Jenis aspal yang paling banyak digunakan untuk perkerasan jalan raya adalah aspal yang berasal dari destilasi minyak bumi, yang kemudian dikenal dengan sebutan aspal minyak.

Menurut Ali S.A. dkk (2021), kerusakan akibat kelembaban adalah salah satu masalah utama yang bertanggung jawab atas kerusakan dini perkerasan aspal. Titik belok pengupasan (SIP) dari uji pelacakan roda Hamburg (HWT) dan rasio kekuatan tarik (TSR) dari uji kekuatan tarik tidak langsung (ITS) adalah dua parameter yang paling umum digunakan oleh Departemen Perhubungan (DOT) negara bagian untuk mengevaluasi kelembaban - kerusakan akibat Namun, variabilitas dalam hasil pengujian dan korelasi yang buruk dengan kinerja lapangan telah menimbulkan kekhawatiran tentang keandalan parameter ini. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk mengidentifikasi metode yang relatif sederhana, andal dan mekanistik untuk mengevaluasi potensi kerusakan campuran aspal yang disebabkan oleh kelembaban. Dalam studi ini, pendekatan baru untuk mengevaluasi uji HWT dan data uji ITS diperkenalkan dan dibandingkan dengan prosedur analisis data konvensional. Juga, J_{crasio} dari uji tikungan setengah lingkaran Louisiana (LA-SCB). Untuk tujuan ini, campuran permukaan yang mengandung aditif aspal campuran hangat, agen antistripping, asam polifosfat dan perkerasan aspal reklamasi (RAP) disiapkan dan diuji di laboratorium. Kekuatan ikatan sistem pengikat-

agregat diukur secara mekanis menggunakan metode energi bebas permukaan (SFE). Juga, kecenderungan pelepasan pengikat dari permukaan agregat dengan adanya uap air ditentukan dengan menggunakan pendekatan yang sama. Hubungan antara parameter berbasis laboratorium yang berbeda dan parameter SFE ditentukan. Parameter yang berbeda memberi peringkat campuran secara berbeda berdasarkan mekanisme kegagalannya. Berdasarkan hasil penelitian ini dan praktik DOT, nomor pengupasan dari HWT, rasio indeks ketangguhan dari ITS dan J rasio dari uji LA-SCB menunjukkan potensi untuk mengevaluasi kerusakan akibat kelembaban selama fase desain campuran.

Menurut Xiao et al (2007), kerusakan alur (*rutting*) pada campuran aspal panas dapat disebabkan karena dua respon mekanik, yaitu kelelahan atau flow dan deformasi plastis. Deformasi plastis terjadi karena pergerakan agregat satu sama lain diikuti dengan kelelahan aspal. Penelitian terdahulu pernah dilakukan untuk menyederhanakan metode dalam menentukan kohesi campuran dan gesekan internal dengan melakukan uji kuat tarik tak langsung (*indirect tensile strength*) dan kuat tekan bebas (*unconfined compressed*).

Menurut Shaffie E. dkk (2016), ITS campuran NC2% dan NC4% meningkat dengan peningkatan persentase NP tetapi tidak sebaik campuran konvensional, NC0% yang ditambahkan dengan pengikat termodifikasi polimer PG76. Namun, Campuran NC6% menunjukkan

kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengikat yang dimodifikasi PG76. Hasil kerusakan akibat kelembaban menunjukkan bahwa semua campuran memenuhi kriteria AASHTOT283 dengan nilai TSR lebih besar dari 80%. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa NP optimum yang diperoleh adalah 6 % berat pengikat aspal merupakan proporsi yang paling efektif dan potensial untuk meningkatkan kinerja kerusakan akibat kelembaban. Dengan demikian, penambahan polimer nanopoliakrilat ke pengikat telah secara signifikan meningkatkan kohesi serta sifat adhesi pengikat, dan karenanya kinerja pengupasan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa NP optimum yang diperoleh adalah 6 % berat pengikat aspal merupakan proporsi yang paling efektif dan potensial untuk meningkatkan kinerja kerusakan akibat kelembaban. Dengan demikian, penambahan polimer nanopoliakrilat ke pengikat telah secara signifikan meningkatkan kohesi serta sifat adhesi pengikat, dan karenanya kinerja pengupasan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa NP optimum yang diperoleh adalah 6 % berat pengikat aspal merupakan proporsi yang paling efektif dan potensial untuk meningkatkan kinerja kerusakan akibat kelembaban. Dengan demikian, penambahan polimer nanopoliakrilat ke pengikat telah secara signifikan meningkatkan kohesi serta sifat adhesi pengikat, dan karenanya kinerja pengupasan.

Dalam perancangan campuran dengan metode Marshall dan Hveem, tidak ada pengujian kekuatan yang final. Banyak dari penggiat industri aspal yang meyakini bahwa uji sederhana terkait performa perkerasan perlu

dilakukan, termasuk pengukuran dan penentuan properti berdasarkan kinerja perkerasan. Pengujian ITS telah berhasil digunakan untuk mengetahui kegagalan tarik, tekan, dan retak pada campuran aspal (Roque dan Buttlar, 1992), sehingga penulis membuat penelitian ini dengan judul **“Pengaruh Perendaman Terhadap Kuat Tarik Campuran AC-BC”**.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh perendaman terhadap hubungan tegangan dan regangan campuran AC-BC?
2. Bagaimana pengaruh perendaman terhadap hubungan antara nilai tegangan tarik dengan kadar aspal minyak campuran AC-BC?

C. Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis pengaruh perendaman terhadap hubungan tegangan dan regangan campuran AC-BC
2. Menganalisis pengaruh perendaman terhadap hubungan antara nilai tegangan tarik dengan kadar aspal minyak campuran AC-BC

D. Batasan Masalah

Permasalahan perendaman nilai Kadar Aspal minyak pada campuran AC-BC sehingga perlu membatasi masalah penelitian ini agar dapat lebih terarah sehingga fokus penelitian ini adalah :

1. Penelitian yang dilakukan adalah berbentuk uji eksperimen di laboratorium.
2. Menggunakan semen PCC (*Portland Composite Cement*) sebagai bahan pengisi
3. Menggunakan aspal minyak pen 60/70 sebagai bahan pengikat
4. Benda uji jenis campuran AC-BC yang digunakan, dilakukan pengujian kuat tarik tidak langsung dengan variasi perendaman air selama 1, 3, dan 7 hari pada suhu ruang laboratorium
5. Tidak dilakukan pengujian semikuantitatif (Pengujian XRF dan XRD)

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah menghasilkan suatu inovasi pada teknologi campuran AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Course*) untuk pengaruh perendaman pada campuran AC-BC.

F. Sistematika Penulisan

Agar lebih terarah penulisan tugas akhir , sistematika penulisan yang akan dilakukan sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan dapat diurutkan yaitu :

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori penting yang memiliki keterkaitan dengan topik permasalahan dan dijadikan sebagai landasan atau acuan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini, dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian ini, langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini yang dituangkan dalam bentuk bagan alir penelitian, lokasi dan waktu penelitian, data penelitian berupa jenis dan sumber data serta analisis yang digunakan dalam mengolah data yang didapatkan dari lapangan maupun dari laboratorium.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, disusun hasil-hasil pengujian diantaranya adalah karakteristik material, hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar dan halus, gradasi agregat gabungan, rancangan dan campuran komposisi AC-BC berdasarkan kadar aspal perkiraan, Penentuan kadar aspal optimum campuran AC-BC dengan metode Marshall, Hubungan Tegangan Regangan Campuran AC-BC

Akibat Beban Tarik, dan Rekapitulasi Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran AC-BC

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab yang menyimpulkan hasil dari analisis penelitian dan memberikan saran-saran dan rekomendasi penelitian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Jenis- Jenis Campuran Aspal

Stone Matrix Asphalt (SMA) terdiri dari tiga jenis: SMA Tipis; SMA Halus dan SMA Kasar, dengan ukuran partikel maksimum agregat masing-masing campuran adalah 12,5 mm, 19 mm, 25 mm. Setiap campuran SMA yang menggunakan bahan Aspal *Polymer* disebut masing-masing sebagai SMA Tipis Modifikasi, SMA Halus modifikasi dan SMA Kasar modifikasi. Lapis Tipis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, HRS Fondasi dan HRS Lapis Aus dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. HRS-Base mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada HRS-WC. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, maka campuran harus dirancang sampai memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Spesifikasi dengan kunci utama yaitu gradasi yang benar-benar senjang. Lapis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari tiga jenis: AC Lapis Aus (AC-WC); AC Lapis Antara (*AC-Binder Course*, AC-BC) dan AC Lapis Fondasi (*AC-Base*), dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan Aspal *Polymer* disebut masing-masing sebagai AC-WC Modifikasi, AC-BC Modifikasi, dan *AC-Base* Modifikasi.

Daya tahan AC terutama dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti penebaran dan transportasi kelembaban di dalam perkerasan AC. Efek

gabungan dari faktor-faktor ini dan beban lalu lintas menghasilkan pembentukan berbagai jenis tekanan seperti lubang, stripping, retak lelah, dan sebagainya, yang mengakibatkan pengurangan masa pakai perkerasan. Kerusakan kelembaban dimulai ketika air – dalam bentuk cair atau uap – mengalir ke perkerasan AC melalui tiga mekanisme utama; yaitu permeabilitas, kenaikan kapiler dan difusi. Moda transportasi air dikendalikan oleh komponen campuran seperti ukuran rongga udara dan konektivitasnya, difusivitas molekul air dalam campuran dan pengikat aspal, kapasitas penyerapan agregat dan sebagainya. Telah diketahui bahwa difusi uap air selalu ada di perkerasan sehingga dapat dianggap sebagai salah satu kontributor kerusakan kelembaban. Difusi uap ini terjadi karena perbedaan Kelembaban Relatif (RH) yang ada antara atmosfer di atas lapisan aspal dan tanah dasar. (M.Nobakht dkk 2020).

A.1. Beton Aspal Lapis Antara (AC-BC)

Pada umumnya, air berpengaruh buruk terhadap konstruksi perkerasan jalan. Genangan air dapat disebabkan oleh curah hujan yang tinggi, buruknya sistem drainase, tingginya muka air tanah, dan limpasan air pada daerah rawa. Lapisan AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) merupakan lapis antara yang menahan beban maksimum pada lapis permukaan akibat lalu lintas sehingga diperlukan suatu campuran dengan kekuatan stabilitas minimum 800 kg (Bina Marga, 2010). Campuran AC-BC menggunakan tipe gradasi menerus (continuous graded) sehingga

mempunyai tingkat kekakuan yang tinggi. Kerusakan umum yang dialami campuran AC-BC adalah retak dan pelepasan butir.

Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*wearing course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan / regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *base* dan *sub grade* (tanah dasar). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Beton Aspal Lapis Antara (AC-BC) mempunyai ukuran maksimum agregat 25,4 mm. Bila campuran aspal AC-BC menggunakan aspal modifikasi maka dikenal sebagai *AC-BC modified* (Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, DEP.PU, 2010). Gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Gradasi agregat dinyatakan dalam presentase lolos atau tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat (Sukirman, 1999).

A.2. Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)

Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) adalah merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non struktural, AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan

dari konstruksi perkerasan. AC-WC mempunyai tekstur yang lebih halus dibandingkan dengan Beton Lapis Aspal Lapis Antara (AC-BC).

B. Teori Agregat Kasar

- Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 6.3.2.1a).
- Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan seperti ditunjukkan pada Tabel 6.3.2.1b).
- Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam Tabel 6.3.2.1a). Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih berdasarkan uji menurut SNI 7619:2012.
- Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

Tabel 6.3.2.1a) Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode	Nilai
		Pengujian	
Kekekalan bentuk pengujian	natrium sulfat		Maks. 12%
	magnesium sulfat	SNI 3407-2008	Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC	100 putaran	Maks. 6%
	Modifikasi dan SMA	500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis	100 putaran	Maks. 8%
	campuran beraspal bergradasi lainnya	500 putaran	SNI 2417-2008 Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439-2011	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619-2012	100/90*
	Lainnya		95/90**
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10	Maks. 5%
	Lainnya	Perbandingan 1 : 5	Maks. 10%
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117:	Maks. 1%

Catatan :

- 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua satu atau lebih
- 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

Tabel 6.3.2.1b) Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampung Dingin untuk Campuran Beraspal

Jenis Campuran	Ukuran nominal agregat kasar penampung dingin (<i>cold bin</i>) minimum yang diperlukan (mm)			
	5 - 8	8 - 11	11 - 16	16 - 22
Stone Matrix Asphalt – Tipis	Ya	Ya		
Stone Matrix Asphalt – Halus	Ya	Ya	Ya	
Stone Matrix Asphalt – Kasar	Ya	Ya	Ya	Ya
	5 - 10	10 – 14	14 – 22	22 – 30
Lataston Lapis Aus	Ya	Ya		
Lataston Lapis Fondasi	Ya	Ya		
Laston Lapis Aus	Ya	Ya		
Laston Lapis Antara	Ya	Ya	Ya	
Laston Lapis Fondasi	Ya	Ya	Ya	Ya

C. Teori Agregat Halus

- Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm).
- Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan presentase pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.
- Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu dalam pasal 6.3.2.1).

Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi ketentuan di atas:

- i) bahan baku untuk agregat
- Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.3.2.2).

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4429-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117: 2012	Maks. 10%

D. Filler

- Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*), atau debu kapur padam atau debu kapur magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89(2014), atau semen atau abu terbang tipe C dan F yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras Pen.60-70.
- Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.

- Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*), untuk semen harus dalam rentang 1% sampai dengan 2% terhadap berat total agregat untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat. Khusus untuk SMA tidak dibatasi kadarnya tetapi tidak boleh menggunakan semen.

E. Penelitian Terdahulu tentang Kuat Tarik

Saat ini, spesifikasi teknis Italia hanya menyediakan pengukuran kekakuan dalam beberapa kasus, sedangkan spesifikasi teknis tersebut memerlukan pelaksanaan uji kekuatan tarik tidak langsung statis, baik dalam desain campuran maupun dalam fase kontrol kualitas. Meskipun pengujian ini biasanya dilakukan hanya untuk menentukan kekuatan material, bagaimanapun, adalah mungkin untuk memperoleh ukuran sifat kekakuan spesimen dari kurva tegangan-regangan. Makalah ini membahas korelasi antara pengukuran kekakuan beton aspal yang diperoleh melalui uji tarik tidak langsung dinamis, menurut EN 12697-26, dan uji kekuatan tarik tidak langsung statis, menurut EN 12697-23. Secara khusus, data dari uji statik telah diproses untuk mendapatkan pengukuran kekakuan melalui penerapan teori Hondros atau secara grafik dari kurva tegangan-regangan. Meskipun berdasarkan derivasi empiris, hubungan ini akan memungkinkan laboratorium yang tidak dilengkapi dengan mesin yang tepat untuk uji modulus dinamis untuk memperkirakan sifat kekakuan bahan bitumen, dengan secara eksklusif melakukan uji statik sederhana. Program

eksperimental termasuk uji tarik tidak langsung statis dan dinamis pada 10, 20 dan 30°C pada tiga beton aspal, berbeda untuk jenis pengikat dan dipadatkan pada dua isi rongga udara. Hasil membuktikan bahwa korelasi yang baik (R^2 nilai yang lebih tinggi dari 0,92) dapat ditetapkan antara modulus dinamis dan modulus statis, terlepas dari kondisi pengujian dan komposisi campuran.

Retak lelah adalah salah satu gangguan utama yang bertanggung jawab atas kegagalan perkerasan aspal. Metode desain campuran volumetrik Superpave yang diterima secara luas tidak mempertimbangkan penyaringan campuran aspal berdasarkan ketahanan lelahnya. Berdasarkan survei yang dilakukan dalam penelitian ini, ditemukan bahwa banyak Departemen Perhubungan (DOT) negara bagian tidak melakukan uji kelelahan selama desain campuran, terutama karena kurangnya peralatan khusus, personel terlatih, dan konsensus tentang pengujian yang paling tepat. metode. Penelitian ini dilakukan untuk menyarankan metode uji kelelahan yang sederhana, cepat dan efektif dan prosedur analisis data yang sesuai. Ditemukan bahwa uji tarik tidak langsung, yang biasanya dilakukan di DOT secara teratur, dapat digunakan untuk mengkarakterisasi ketahanan lelah campuran aspal juga. Pendekatan analisis data yang disederhanakan telah diusulkan. Ketahanan lelah campuran aspal dapat ditentukan dengan menggunakan parameter baru yang disebut Indeks Kelelahan (f_i). Ketahanan lelah dari lima campuran aspal yang berbeda dievaluasi menggunakan parameter baru ini, f_i . Ditemukan bahwa f_i

parameter mampu secara statistik membedakan lima campuran aspal yang dipilih sehubungan dengan ketahanan lelah mereka. Efektivitas f_1 parameter diverifikasi dengan menyelidiki korelasinya dengan hasil tikungan setengah lingkaran dan hasil uji kelelahan balok empat titik.

Kerentanan suhu adalah salah satu sifat utama yang melekat pada bahan pengikat aspal. Saat ini, bahan polimer banyak digunakan untuk memperpanjang rentang suhu layanan yang pada akhirnya akan membatasi kerusakan akibat suhu dalam campuran aspal. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap indeks ketangguhan dan sifat lelah campuran aspal modifikasi SBS. Dengan menggunakan peralatan UTM yang dilengkapi dengan ruang pengatur suhu, pengujian kuat tarik tidak langsung dan uji kelelahan tarik tidak langsung dilakukan pada tiga suhu pengujian yaitu 10, 20 dan 50 LC. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada suhu yang lebih rendah indeks ketangguhan sangat berkurang yang menunjukkan fleksibilitas yang lebih rendah dari campuran yang dipelajari. Namun, indeks ketangguhan campuran yang dimodifikasi sampai batas tertentu lebih tinggi daripada campuran konvensional. Hasil yang diperoleh menegaskan bahwa pada kondisi pembebanan tinggi, kegagalan fatik akan lebih kritis pada suhu rendah hingga sedang. Sebaliknya, pada kondisi pembebanan yang lebih rendah di mana nilai regangan kurang dari sekitar 200-250 regangan mikro, kegagalan kelelahan tidak kritis pada suhu rendah.