

TUGAS AKHIR

**HUBUNGAN BEBAN TARIK DAN WAKTU PADA
CAMPURAN ASPAL YANG MENGGUNAKAN ABU
TERBANG**

***CORELATION BETWEEN TENSILE LOAD AND TIME IN
ASPHALT MIXTURES USING FLY ASH***

**ANDI ANANDI PUTRA HADYAN
D011 18 1317**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2023**

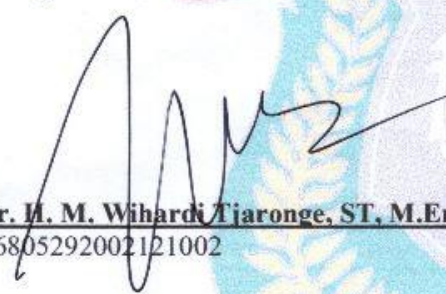
LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**HUBUNGAN BEBAN TARIK DAN WAKTU PADA CAMPURAN ASPAL YANG
MENGUNAKAN ABU TERBANG****Disusun dan diajukan oleh:****ANDI ANANDI PUTRA HADYAN****D011 18 1317**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
26 Januari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan


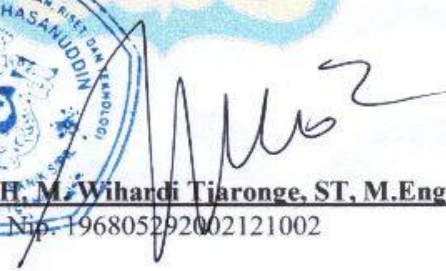
menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


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 Anandi Putra Hadyan
NIM : D011 18 1317
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

HUBUNGAN BEBAN TARIK DAN WAKTU PADA CAMPURAN ASPAL YANG MENGGUNAKAN ABU TERBANG

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, 14 April 2022

Yang membuat pernyataan,



Andi Anandi Putra Hadyan
NIM: D011 18 1317

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**HUBUNGAN BEBAN TARIK DAN WAKTU PADA CAMPURAN ASPAL YANG MENGGUNAKAN ABU TERBANG**” 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. **Bapak 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 Baso Anka** dan ibunda **Suryani Umar** atas doa, kasih sayangnya, dan segala dukungan selama ini, baik spritual maupun material, serta seluruh keluarga besar atas sumbangsih dan dorongan yang telah diberikan.

2. Kakak tercinta **Andi Hasanuddin Baso, S.Si.** dan adik saya yang ku sayangi **Andi Indah Mangindara** yang selalu memberikan semangat dalam penyelesaiannya tugas akhir ini.
3. **Soneng, Wil, Germo, Kak Hasan dan teman-teman asisten Laboratorim Bahan** selaku rekan-rekan di Laboratorium Riset Eco Material, yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. **Kak Miswar Tumpu** yang telah dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.
5. Kepada **Ananda Dwi Pratiwi** yang selalu membantu dan memberi semangat kepada penulis.
6. Saudara-saudari **Teknik 2018 dan Transisi 2019** yang senantiasa memberikan warna yang sangat begitu indah, dukungan yang tiada henti, semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Teman-teman pengurus **HMS FT-UH Periode 2020/2021**, yang telah memberi warna dan drama dalam perjalanan perkuliahan saya.

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, 14 April 2022

Penulis

ABSTRAK

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.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan tegangan dan regangan campuran AC-WC yang menggunakan fly ash sebagai bahan penguji dan menganalisis hubungan antara nilai tegangan tarik dengan kadar aspal minyak campuran AC-WC yang menggunakan fly ash sebagai bahan pengikat.

Hasil penelitian ini terlihat bahwa benda uji mengalami tiga (3) fase yaitu tahap pertama adalah tahap penyesuaian pada saat menerima beban tarik, dimana benda 1 dan benda uji 2 memiliki waktu dan beban masing-masing sebesar 11 detik;6,06 kN dan 8 detik;6,68 kN. Tahap kedua adalah benda uji mengalami beban puncak, dimana waktu yang dibutuhkan benda uji 1 dan 2 untuk sampai ke beban puncak adalah masing-masing sebesar 13 dan 11 detik sedangkan beban puncak adalah masing-masing sebesar 7,93 kN dan 8,66 kN. Tahap ketiga adalah benda uji mengalami kehancuran/kegagalan dengan waktu yang dibutuhkan pada benda uji 1 dan benda uji 2 adalah masing-masing sebesar 23 detik dan 25 detik. Grafik hubungan nilai kuat tarik tidak langsung dan regangan pada benda uji 1, benda uji 2 dan benda uji 3 hampir berimpit, hal tersebut menunjukkan bahwa benda uji diperoleh kekuatan yang hampir sama.

Kata Kunci : *Fly Ash, Aspal, Beban Tarik dan Waktu*

ABSTRACT

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.

The purpose of this study was to analyze the stress and strain relationship of the AC-WC mixture using fly ash as a test material and to analyze the relationship between the tensile stress value and the asphalt content of the AC-WC mixture using fly ash as a binder.

The results of this research show that the object went through three phases, phase one, phase one, the adjustment point at receiving the weight of the attraction, in which item 1 and test item 2 had 11 seconds of time and weighed each at 11 seconds; 6.06 and 8 seconds; 6.68 kn. The second stage is the object of the test bearing the peak, where the time it takes for test items 1 and 2 to get to the top loads is each of 13 and 11 seconds while the top loads are 7.93 and 8.66 kn respectively. The third stage is where the testing object experiences a breakdown with the time it takes on the test item 1 and test item 2 as much as 23 seconds and 25 seconds respectively. Graph of strong, indirect value relationship drag and strain on test 1 and test item 2 are almost together, which suggests that test items are obtained almost the same power.

Keywords: *Fly Ash, Asphalt, Tensile Load and Time*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Batasan Masalah	5
E. Manfaat Penelitian	5
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Deskripsi Aspal Minyak	8
B. Abu Terbang sebagai Filler	9
C. Distribusi Beban pada Perkerasan Jalan.....	9
D. Uji Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran AC-WC.....	12
E. Penelitian Terdahulu Mengenai Beban Tarik dan Waktu Pengujian.....	19
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	22
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	22
B. Bagan Alir Penelitian.....	23
C. Jenis Penelitian dan Sumber Data	24

D. Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Panas dengan Bahan Pengikat Aspal Minyak	27
E. Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung	29
F. Jumlah Benda Uji	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. Karakteristik Material	33
B. Gradasi Agregat Gabungan	36
C. Rancangan dan Komposisi Campuran AC-WC Berdasarkan Kadar Aspal Perkiraan	38
D. Hubungan Beban dan Waktu Campuran AC-WC Akibat Beban Tarik	39
E. Rekapitulasi Nilai Beban dan Waktu Campuran AC-WC	47
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	52
A. Kesimpulan	52
B. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sistem perkerasan dua lapis (Lubinda F. Walubita, 2000) ..	10
Gambar 2. Distribusi tegangan dan tekanan	11
Gambar 3. Penjabaran tegangan-tegangan (Shell Bitumen Handbook, 2013)	12
Gambar 4. <i>Indirect tensile strength</i> campuran yang dimodifikasi (Tayfur dkk., 2007).....	15
Gambar 5. Diagram pembenaran uji ITS (Birgisson, dkk., 2008).....	17
Gambar 6. Hubungan beban tarik dan waktu pengujian (Yon Rak Kim dkk,2015).....	20
Gambar 7. Metode pengukuran modulus elastis (Sumber: Feng Ming dkk, 2015)	21
Gambar 8. Lokasi penelitian.....	22
Gambar 9. Diagram alir penelitian.....	24
Gambar 10. Prosedur pembuatan benda uji.....	27
Gambar 11. Posisi benda uji pengujian ITS (<i>Indirect Tensile Strength</i>)	30
Gambar 12. Gradasi agregat gabungan	37
Gambar 13. Hubungan beban dan waktu kadar aspal 5% untuk benda uji menggunakan filler dari abu terbang	41
Gambar 14. Hubungan beban dan waktu kadar aspal 5,5% untuk benda uji menggunakan filler dari abu terbang	42
Gambar 15. Hubungan antara beban dan waktu kadar aspal 6,0% untuk benda uji menggunakan filler dari abu terbang.....	44
Gambar 16. Hubungan nilai kuat tarik tidak langsung dan regangan kadar aspal 6,5% untuk benda uji menggunakan filler dari abu terbang	45
Gambar 17. Hubungan beban dan waktu kadar aspal 7,0% untuk benda uji menggunakan filler dari abu terbang	47
Gambar 18. Hubungan nilai beban tarik dan kadar aspal.....	49
Gambar 19. Hubungan nilai waktu akibat beban tarik dan kadar aspal	50
Gambar 20. Hubungan nilai waktu akibat beban tarik dan waktu.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian Terdahulu Kuat Tarik Tidak Langsung.....	14
Tabel 2. Metode Pengujian Karakteristik Agregat	26
Tabel 3. Metode Pengujian Karakteristik Aspal Minyak	26
Tabel 4. Matriks Jumlah Benda Uji untuk Pengujian ITS	32
Tabel 5. Karakteristik Sifat Fisik Agregat Kasar	33
Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Abu Batu.....	34
Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Abu Terbang Punagaya	35
Tabel 8. Komposisi kimia abu terbang Punagaya	35
Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak	35
Tabel 10. Komposisi Komposisi Material dalam Berat untuk 1200 gram	39
Tabel 11. Rekapitulasi Nilai Beban dan Waktu Akibat Beban Tarik	48

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Campuran beraspal merupakan bagian perkerasan lentur yang terletak diatas lapis pondasi. Oleh karena letaknya di bagian atas maka campuran beraspal harus tahan terhadap pengausan akibat beban roda kendaraan dan pengaruh lingkungan (panas matahari dan hujan). Disamping itu, yang tak kalah pentingnya adalah campuran beraspal dituntut untuk memiliki kekuatan yang stabil pada saat menerima beban kendaraan sehingga dapat mengeliminasi tegangan vertikal yang terjadi tanpa menimbulkan deformasi permanen yang berlebih maupun terjadinya kelelahan (Yamin, 2006).

Pada saat ini umumnya lapis perkerasan jalan dapat digolongkan menjadi tiga golongan besar yaitu perkerasan lentur atau *flexible pavement*, perkerasan kaku atau biasa dikenal *rigid pavement*, gabungan antara perkerasan lentur dan kaku atau disebut *composite pavement*.

Agar campuran beraspal menghasilkan lapis perkerasan permukaan jalan yang mampu memikul beban kendaraan, maka komposisi bahan dalam campuran harus direncanakan terlebih dahulu sehingga diperoleh campuran beraspal yang memenuhi parameter Marshall yakni stabilitas, flow dan kecukupan pori (*void*) di dalam campuran (B. Sugeng, 2009). Suhu penghamparan dan pemadatan sangat mempengaruhi kualitas campuran beraspal panas. Tak dapat dipungkiri bahwa salah satu penyebab

terjadinya kerusakan dini pada campuran beraspal panas adalah akibat suhu penghamparan dan pemadatan yang tidak memenuhi pada saat pelaksanaan di lapangan, yaitu dihampar dan dipadatkan dalam keadaan dingin (tidak sesuai spesifikasi).

Salah satu penyebab kerusakan atau tidak mencapainya umur layanan jalan tersebut adalah bertambahnya tingkat kepadatan lalu lintas. Bahan pengisi pada campuran beraspal terutama sebagai lapis permukaan jalan merupakan salah satu komponen yang mempunyai persentase terkecil disamping aspal. Namun, mempunyai fungsi yang sangat penting untuk memodifikasi gradasi agregat halus dalam campuran beraspal sehingga kepadatan campuran bisa meningkat (S. Ali, 2006). Adapun material *fly ash* sering digunakan dalam struktur bangunan untuk mendapatkan beton dengan kekuatan yang cukup tinggi. Oleh karena itu, ada kemungkinan jika material *fly ash* digunakan sebagai salah satu bahan campuran beraspal panas, maka parameter-parameter yang terdapat pada campuran beraspal tersebut akan meningkat. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi kemungkinan penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengisi dalam campuran beraspal.

Asi, Ibrahim dan Abdullah Assa'ad. (2005) melakukan penelitian dengan memanfaatkan abu terbang dalam modifikasi campuran aspal lokal. Efisiensi modifikasi dievaluasi dengan perbaikan kinerja campuran beton aspal. Hasil yang diperoleh dianalisis secara statistik dan menunjukkan bahwa secara umum, penambahan abu terbang meningkatkan kekuatan

dan sensitivitas air pada campuran aspal beton mengganti 10% pengisi mineral dengan fly ash terbukti merupakan persentase paling efektif dalam memperbaiki sifat mekanik dari semua sampel yang disiapkan.

Kondisi tegangan yang terjadi akibat beban roda pada lapisan perkerasan dapat diuji di laboratorium namun dengan banyak faktor yang disederhanakan. Pada kondisi sesungguhnya tekanan atau beban diterapkan tiga dimensi. Oleh karena itu, sejumlah pengujian yang telah disederhanakan, diperkenalkan untuk dapat menguji sejumlah aspek-aspek tertentu dari perilaku in-situ. Pengujian tersebut dibagi menjadi tiga kelompok. Kelompok pengujian pertama adalah pengujian dasar uji beban berulang triaksial (*repeated load triaxial test*), uji tekan statik untuk rangkakan (*unconfined static uniaxial creep compression test*), uji beban tarik berulang (*repeated load indirect tensile test*), uji dinamik kekakuan dan kelelahan (*dynamic stiffness and fatigue tests*). Kelompok pengujian kedua adalah pengujian simulasi di laboratorium (*simulative*): Uji Roda-pelacakan (*wheel-tracking test*) dan kelompok pengujian yang ketiga adalah pengujian empiris dengan uji Marshall (*Marshall tests*), (*Shell Bitumen Handbook, 2013*).

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan Fly Ash sebagai bahan pengisi ke dalam campuran aspal akan menaikkan kinerja campuran khususnya menaikkan nilai kuat tarik tidak langsung dan menjadi salah satu solusi dari pemanfaatan material limbah atau material buangan. Dari uraian-uraian diatas, penulis memandang perlu melakukan penelitian lebih lanjut tentang kinerja

campuran AC-WC yang menggunakan Fly Ash sebagai bahan pengisi, sehingga penulis membuat penelitian ini dengan judul

**“Hubungan Beban Tarik dan Waktu Pada Campuran Aspal
Menggunakan Abu Terbang”.**

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana hubungan beban dan waktu akibat beban tarik campuran AC-WC yang menggunakan fly ash sebagai bahan pengisi?
2. Bagaimana hubungan antara nilai beban tarik dengan kadar aspal minyak dan waktu dengan kadar aspal campuran AC-WC yang menggunakan fly ash sebagai bahan pengikat?

C. Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis hubungan beban dan waktu akibat beban tarik campuran AC-WC yang menggunakan fly ash sebagai bahan pengisi.

2. Menganalisis hubungan antara nilai beban tarik dengan kadar aspal minyak dan waktu dengan kadar aspal minyak campuran AC-WC yang menggunakan fly ash sebagai bahan pengikat.

D. Batasan Masalah

Permasalahan perendaman nilai Kadar Aspal minyak pada campuran AC-WC 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 abu terbang (fly ash) kelas C sebagai bahan pengisi
3. Menggunakan aspal minyak pen 60/70 sebagai bahan pengikat
4. Benda uji jenis campuran AC-WC yang digunakan, dilakukan pengujian kuat tarik tidak langsung dalam kondisi normal, perendaman air secara laboratorium pada suhu ruang selama 24 Jam
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-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*) dengan abu terbang (*fly ash*) sebagai filler atau bahan pengisi pada campuran AC-WC.

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-WC berdasarkan kadar aspal, Hubungan Tegangan Regangan Campuran AC-WC Akibat Beban Tarik, dan Rekapitulasi Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran AC-WC

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. Deskripsi Aspal Minyak

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya (Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Buku 1, Petunjuk Umum).

A.1. Sumber aspal (bitumen)

A.1.1. Aspal (bitumen) hasil destilasi

Minyak mentah disuling dengan cara destilasi, yakni suatu proses dimana bitumen dipisahkan dari minyak mentah tersebut. Proses destilasi ini disertai oleh kenaikan atau meningkatnya temperatur pemanasan minyak mentah tersebut. Aspal (bitumen) hasil destilasi (penyulingan) ini yang kemudian dalam penggunaannya yang berbeda-beda sehingga aspal (bitumen) ini diklasifikasikan lagi menjadi 3 (tiga) aspal keras yang biasa digunakan untuk campuran *hot-mix*, aspal (bitumen) cair digunakan untuk peruntukan sebagai lapis perekat dan sebagai lapis peresap dalam dunia perkerasan jalan dan aspal emulsi yang diperuntukkan dan digunakan sebagai lapis perekat dan sebagai lapis peresap serta sebagai perekat dalam campuran aspal dingin (*cold mix*) dengan memanfaatkan aspal emulsi sebagai bahan pengikat.

B. Abu Terbang sebagai Filler

Abu batu bara merupakan hasil sampingan yang bersuber dari industri-industri yang memfungsikan batu bara sebagai sumber bahan bakar. Salah satu proses pembakaran batu bara yang menghasilkan abu batu bara ini adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang mempergunakan batu bara sebagai sumber energinya. Produksi abu batu bara ini di beberapa PLTU jumlahnya sangat banyak, salah satunya di PLTU milik Badan Usaha Milik Negara (BUMN) di Kabupaten Jennepono, Provinsi Sulawesi Selatan.

Terdapat dua jenis abu batubara, yaitu fly ash (*abu terbang*) dan abu dasar (*bottom ash*). Abu terbang adalah komponen terbanyak dari abu batu bara (80% atau lebih) dari abu batu bara. Abu memiliki ukuran butir yang sangat halus (lebih kecil dari 75 μm) dan berwarna lebih terang (keabu-abuan) jika dibandingkan dengan abu dasar. Abu terbang didominasi oleh alumina dan silica, sedangkan unsur lain yang juga berperan adalah oksida besi dan kalsium. Berat jenisnya adalah sekitar 1,95 -2,95 g/cm^2 .

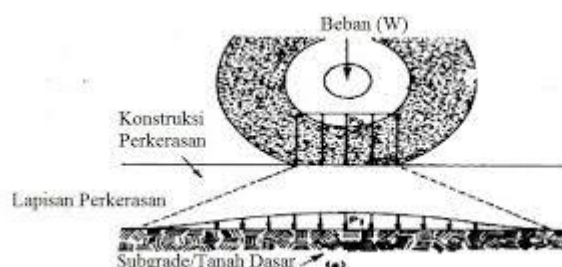
C. Distribusi Beban pada Perkerasan Jalan

Analisis didasarkan pada pendekatan desain mekanistik (Croney dkk, 1998 dan Huang HY, 1993), dan elastis sistem perkerasan dua lapisan linear seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. 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.

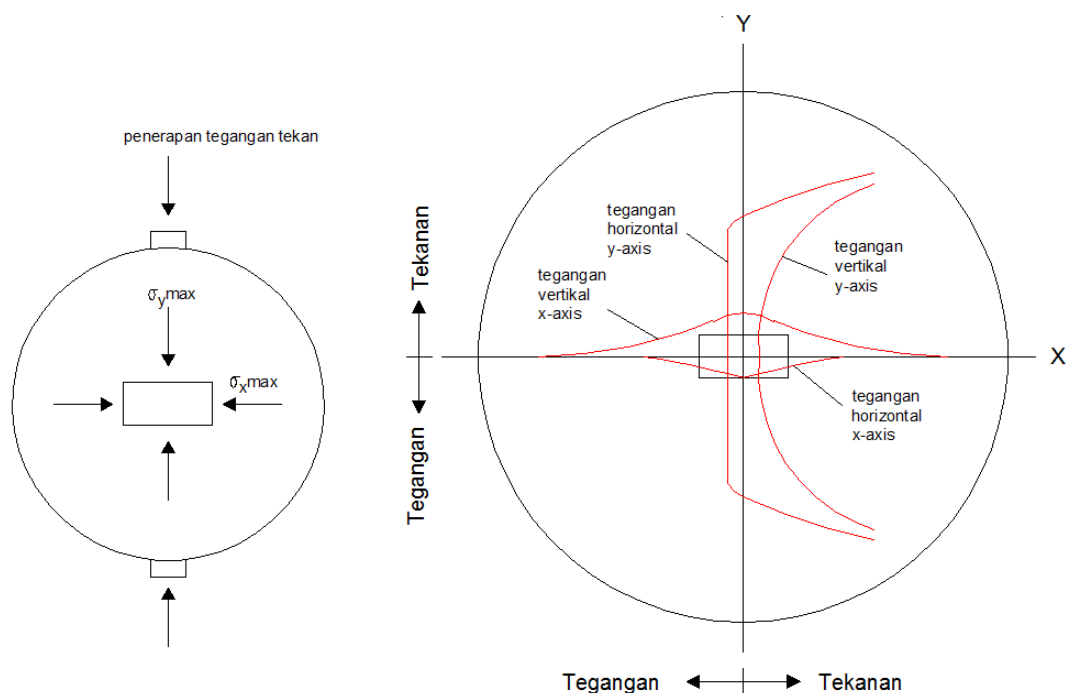
Pada Gambar 1 menunjukkan adanya penyederhanaan model dengan asumsi kondisi lalu lintas sebagai pembebanan statis dan karakterisasi pada kondisi linier-elastis isotropik dari bahan itu sendiri. Dalam Gambar 3, Q adalah beban ban dengan satuan kN, p adalah tekanan ban dalam kPa, h adalah ketebalan lapisan 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 1. Sistem perkerasan dua lapis

Berdasarkan Gambar 2 yang memperlihatkan distribusi tegangan dan tekanan yang dapat terjadi pada perkerasan jalan, terlihat bahwa

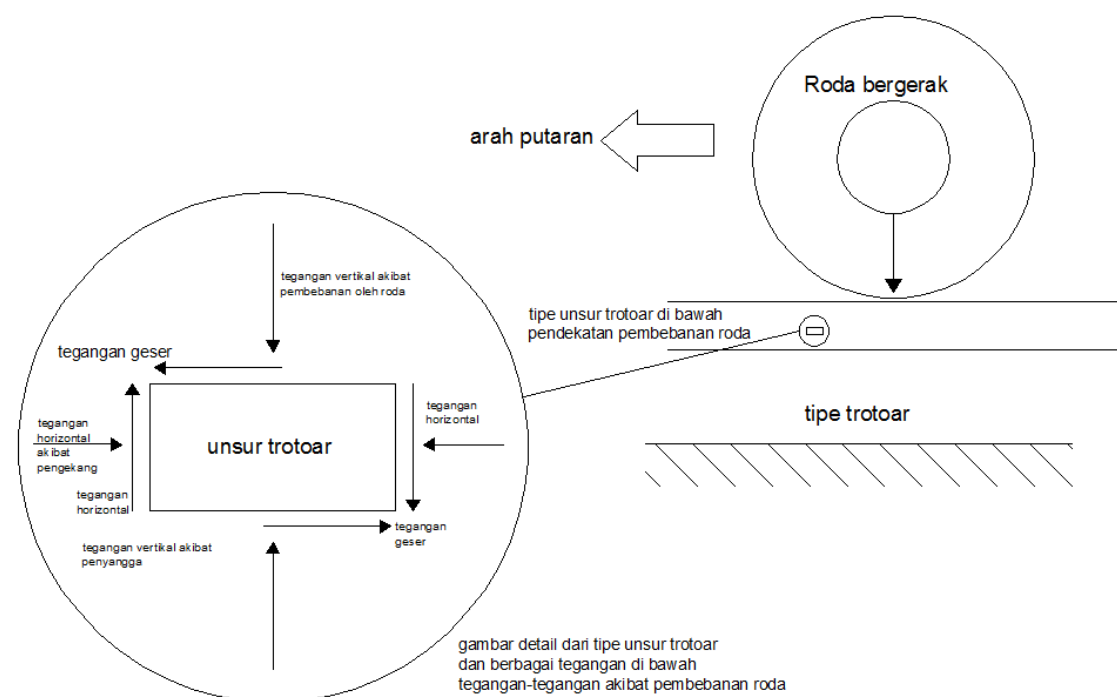
penerapan tegangan tekan yang terjadi berupa tegangan tekan arah horizontal maksimum ($\sigma_y = \max$) dan tegangan tekan arah vertikal maksimum ($\sigma_x = \max$). Selain itu, tegangan dan tekanan saling melawan sehingga besarnya tekanan sama dengan besarnya tegangan yang terjadi baik tegangan horizontal (y-axis) dan tegangan vertikal (x-axis). Distribusi tegangan dan tekanan yang terjadi pada perkerasan jalan ini dapat disebabkan oleh beban lalu lintas maupun beban roda kendaraan yang berulang. Gambar 5 memperlihatkan penjabaran tegangan-tegangan yang terjadi pada perkerasan jalan.



Gambar 2. Distribusi tegangan dan tekanan (Shell Bitumen Handbook, 2013)

Berdasarkan Gambar 4 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.



Gambar 3. Penjabaran tegangan-tegangan (Shell Bitumen Handbook, 2013)

D. Uji Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran AC-WC

Kuat tarik tidak langsung (ITS) dimaksudkan untuk menentukan karakteristik kuat tarik dari aspal beton yang dapat dijadikan sebagai indikator dalam melakukan kajian terhadap retak (*cracking*) yang terjadi pada lapis perkerasan (Tayfur dkk, 2005). 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 lakukan 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.

Telah banyak peneliti ahli konstruksi perkerasan jalan khususnya perkerasan lentur dalam melakukan berbagai penelitian dan melaporkan kinerja campuran beraspal sehubungan dengan pengujian kuat tarik tidak langsung atau biasa dikenal dengan istilah *Indirect Tensile Strength* (ITS) yang menggambarkan kemampuan campuran beraspal dalam menerima beban tarik secara monoton. Banyaknya ahli konstruksi jalan yang telah melakukan penelitian dengan topik kuat tarik berupa kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*, ITS) campuran aspal karena masalah ini sehubungan masalah utama kerusakan perkerasan yakni retak yang terjadi pada perkerasan aspal yang diakibatkan oleh deformasi permanen. Tabel 1 memmplihatkan hasil pengujian kuat tarik tidak langsung yang berkenaan dengan hasil penelitian terdahulu yang telah dilakukan.

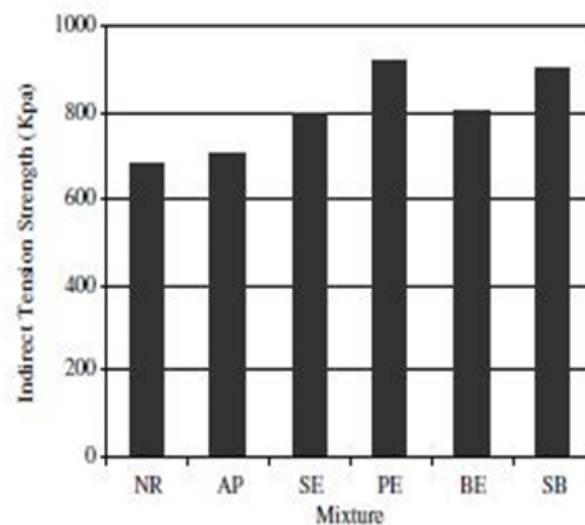
Ada tiga tekanan besar mekanis yang dapat menyebabkan terjadi retak yaitu retak pada suhu rendah, kelelahan (*fatigue*) dan *rutting*. Campuran aspal yang memiliki kekuatan tarik tinggi akan berkorelasi ketahanan terhadap retak yang meningkat, dimana diharapkan dalam penelitian ini retak itu dapat dikurangi dengan adanya penambahan filler menggunakan abu terbang yang merupakan hasil limbah pembakaran batu bara.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu Kuat Tarik Tidak Langsung

Peneliti	Hasil penelitian	Jenis campuran aspal
Birgisson dkk., 2008	Tegangan, regangan	Superpave
Tayfur dkk., 2007	Tegangan, regangan	Aspal dimodifikasi
Ahmadzade dkk, 2008	Tegangan, regangan dan indeks ITS	AC dengan additive
Abu dkk., 1997	Tegangan, regangan, tensile modulus	AC
S. Du, 2013	Tegangan	Aspal emulsi
Katman dkk, 2012	Tegangan	Aspal yang dikeringkan (RAP)
P. Ahmedzade dan M. Yilmaz, 2008	Tegangan	Aspal modifier polyester resin
Jinhai Yan, 2010	Tegangan	Aspal Emulsi
Budiamin dkk., 2015	ITS, Marshall	Buton Granular Asphalt (BGA) dan Flux Oil

Tayfur dkk, (2007) 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 1 menunjukkan kuat tarik belah campuran aspal dimodifikasi oleh (Tayfur dkk, 2007).



Gambar 4. *Indirect tensile strength* campuran yang dimodifikasi (Tayfur dkk, 2007)

Birgisson 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.

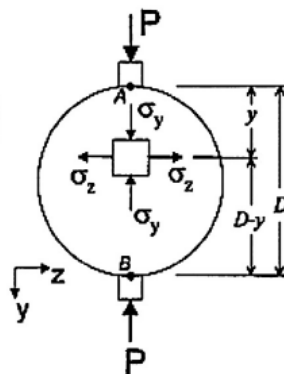
Sedangkan Ahmedzade P., dkk., (2008) mengatakan bahwa nilai kuat tarik tidak langsung merupakan fungsi dari beban, diameter dan ketebalan benda uji, untuk benda uji berbentuk lingkaran penuh seperti

Gambar 3. Nilai ITS benda uji lingkaran penuh diperlihatkan dalam persamaan 4.

Showen Du, 2013 mengatakan bahwa nilai kuat tarik aspal semen mastik sangat sensitif terhadap kadar air dan memiliki hubungan dengan stabilitas pada pelaksanaan di lapangan setelah perkerasan aspal tersebut digunakan, sehingga kadar air optimum aspal emulsi dapat diprediksi dengan nilai ITS yang didapatkan.

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. Selain itu, hasil dari uji kuat tarik tidak langsung yang diperoleh berupa hubungan tegangan dan regangan dari campuran beraspal, khusus dalam penelitian ini adalah campuran aspal beton (AC-WC).

Nilai kuat tarik tidak langsung pada benda uji berbentuk selinder merupakan fungsi dari beban (P_{max}), tebal benda uji dan diameter yang dituliskan dalam persamaan 4.



Gambar 5. Diagram pembebanan uji ITS (Birgisson, dkk., 2008)

Dimana :

$$ITS = \frac{2 P}{\pi D H} \dots\dots\dots(4)$$

ITS = Kuat tarik langsung dipusat benda uji (kN)

Pmax = beban maksimum (kN)

H = ketebalan benda uji (mm)

d = diameter benda uji (mm)

Gambar 3 menunjukkan hubungan tegangan – regangan pada campuran aspal superpave. Terlihat bahwa tegangan maksimum sebesar 3.60 MPa pada regangan 0.006. Kurva regangan – tegangan membentuk garis lurus sampai pada tegangan 2.5 MPa dengan regangan 0.001 MPa.

Penelitian Wong dkk, (2004) mengatakan bahwa rasio kuat tarik tidak langsung (ITSR) dapat digunakan untuk mengetahui kerentangan 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 menunjukkan semakin rentang 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. 2008). Nilai ITSR berada pada kisaran antara 0 – 1. Ratio kuat tarik tidak langsung dapat ditulis dalam bentuk persamaan 6 :

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, 2008).

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh (Ahmazade, 2008) 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

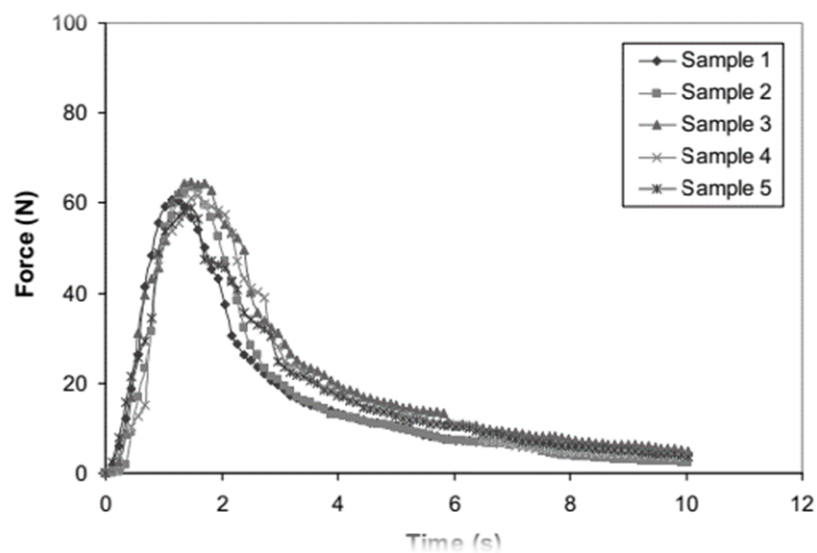
dengan nilai ITSR sebesar 0,925 kPa dan AC-10 + 0,75% PR didapat ITS_{cond} sebesar 806,84 kPa dengan ITSR 0,955 kPa.

Gul & Guler (2014) mengatakan bahwa 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. Sedangkan Shu *et al* (2008) mengatakan untuk mengevaluasi karakteristik retak pada campuran aspal digunakan metode Marshall dalam mendesain campuran aspal.

E. Penelitian Terdahulu Mengenai Beban Tarik dan Waktu Pengujian

Yong-Rak Kim dkk (2015) menyusun makalah yang menyajikan metode uji eksperimental yang digabungkan dengan model zona kohesif untuk mengkarakterisasi kerusakan fraktur viskoelastik dari pengikat aspal dan mastik. Pengujian yang disajikan di sini secara khusus ditujukan untuk mengidentifikasi karakteristik patah tidak konstan yang bergantung pada laju dari aspal ulet pengikat dan mastik. Hasil pengujian yang bergantung pada material dan geometri spesimen seperti ketebalan film pengikat aspal/damar wangi disajikan. Hasil pengujian kemudian digabungkan dengan model zona kohesif viskoelastik untuk mengidentifikasi karakteristik evolusi kerusakan spesifik material dan dampak mekanisnya terhadap kinerja keseluruhan campuran aspal dengan melakukan komputasi

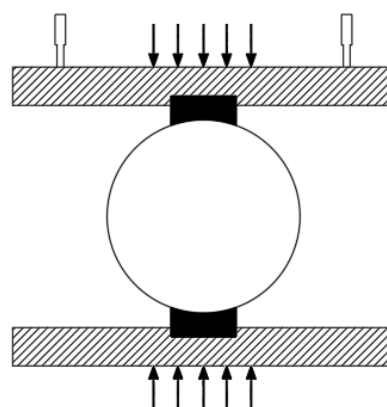
simulasi model struktur mikro. Hasil pengujian dan simulasi model struktur mikro selanjutnya dengan jelas menunjukkan pentingnya sifat material tingkat komponen dan hubungannya dengan kinerja campuran. Protokol eksperimental yang digabungkan dengan model zona kohesif yang disajikan dalam makalah ini diharapkan dapat menyediakan alat yang efisien untuk mengevaluasi kinerja mekanis campuran yang disebabkan oleh kerusakan dengan sifat material skala kecil.



Gambar 6. Hubungan beban tarik dan waktu pengujian
(Sumber: Yong-Rak Kim dkk, 2015)

Feng Ming dkk, untuk memberikan parameter desain yang lebih andal untuk rekayasa geoteknik, teori yang sepenuhnya analitis, yang berdasarkan asumsi deformasi elastis linier dalam tarik, dikembangkan untuk menentukan modulus elastisitas tekan dan modulus elastisitas tarik bahan secara bersamaan. Dengan Brazilian test metode, hubungan kuantitas antara perpindahan dan modulus elastisitas diturunkan. Lima

Brazilian test pemisahan digunakan untuk memeriksa pengoperasian teori tes yang diusulkan. Hasilnya menunjukkan bahwa modulus elastisitas tekan lebih besar dari modulus elastisitas tarik di bawah semua kondisi pembebanan yang diadopsi dalam uji. Dua modulus elastisitas dalam tegangan dan kompresi berubah dengan waktu yang telah berlalu ketika sampel diam dalam tahap deformasi elastis. Hal ini berbeda dengan kesepakatan sebelumnya yaitu modulus elastisitas adalah diperlakukan sebagai konstan selama tahap deformasi elastis. Makalah ini mengeksplorasi alasan perbedaan tersebut dari metode perhitungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode pengujian yang diusulkan layak dan dapat dipertanggungjawabkan, dan dapat diperlakukan sebagai cara yang mudah untuk menentukan modulus elastisitas melalui uji Brasil. Itu lebih jauhberpikir bahwa pendekatan baru dapat diberikan untuk memperkirakan modulus elastisitas tekan dan tarik di Brazilian test.



Gambar 7. Metode pengukuran modulus elastis

(Sumber: Feng Ming dkk, 2015)