

TUGAS AKHIR

**KUAT TARIK CAMPURAN ASPAL YANG MENGGUNAKAN
ABU TERBANG**

**INDIRECT TENSILE STRENGTH OF ASPHALT MIXTURE
USING FLY ASH**

**AKHMAD ALI IHAMDANI
D011 17 1 301**



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

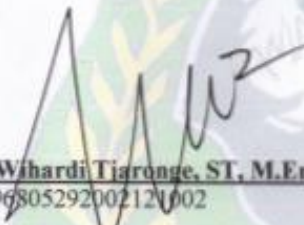
LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**KUAT TARIK CAMPURAN ASPAL YANG MENGGUNAKAN ABU TERBANG****Disusun dan diajukan oleh:****AKHMAD ALI ILHAMDANI****D011 17 1301**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 28 April 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan


menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


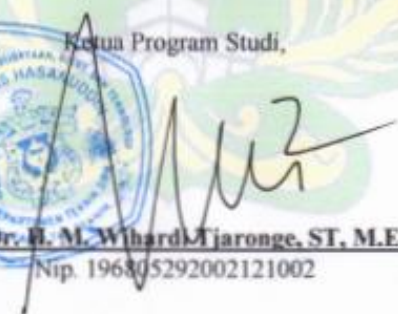


Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
Nip. 196805292002121002



Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.
NIP: 197309262000121002

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 : Akhmad Ali Ilhamdani
NIM : D011 17 1301
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

KUAT TARIK 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, 31 Maret 2022

Yang membuat pernyataan,

A 10000 Indonesian postage stamp (METERAL TEMPEL) with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '10000', 'METERAL TEMPEL', and 'J.CO.SA.0029684900'.

Akhmad Ali Ilhamdani
NIM: D011 17 1301

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 “KUAT TARIK 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 Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, 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 **Hamdam** dan ibunda **Satriani** 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. **Ocang** selaku rekan-rekan di **Laboratorium Riset Eco Material**, yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Saudara-saudari **PLASTIS 2018** yang senantiasa memberikan warna yang sangat begitu indah, dukungan yang tiada henti, semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Teman-teman pengurus **HMS FT-UH Periode 2019**, 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, 31 Maret 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 menunjukkan bahwa hubungan tegangan dan regangan pada Kadar aspal 5,0% membentuk garis lurus hingga 30% pada daerah elastis, sedangkan hubungan tegangan dan regangan pada kadar aspal 5,5% membentuk garis hingga 35% pada daerah elastis, hubungan tegangan dan regangan pada kadar aspal 6,0% membentuk garis lurus hingga 50% pada daerah elastis, hubungan tegangan dan regangan pada kadar aspal 6,5% membentuk garis hingga 40% pada daerah elastis, dan hubungan tegangan dan regangan pada kadar aspal 7,0% membentuk garis hingga 35% pada daerah elastis. Hubungan antara nilai tegangan tarik dengan regangan 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, dan 7,0% adalah masing-masing sebesar 5,0% sebesar 0,91 MPa , 5,5% sebesar 0,88 MPa, 6,0% sebesar 0,98 MPa, 6,5% sebesar 0,95 MPa, dan 7,0 sebesar 1,02 MPa. Sedangkan hubungan antara kadar aspal minyak dengan nilai kuat tarik tidak langsung dapat didekati dengan persamaan polinomial pangkat dua yaitu $Y = -0.6688x^2 + 7.4372x - 10.81$.

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 study indicate that the relationship between stress and strain at 5.0% asphalt content forms a straight line up to 30% in the elastic area, while the stress and strain relationship at 5.5% asphalt content forms a line up to 35% in the elastic area, the relationship between stress and strain at 5.5% asphalt content. The strain at 6.0% asphalt content forms a straight line up to 50% in the elastic area, the stress and strain relationship at 6.5% asphalt content forms a line up to 40% in the elastic area, and the stress and strain relationship at 7.0% asphalt content forming a line up to 35% in the elastic region. 5,0% , 5,5% , 6,0% , 6,5% , and 7,0% are each of 5,0% as big as 0,91 MPa , 5,5% as big as 0,88 MPa , 6,0% as big as 0,98 MPa , 6,5% as big as 0,95 MPa , dan 7,0 as big as 1,02 MPa. Meanwhile, the relationship between oil asphalt content and the tensile strength value can not be directly approximated by the polynomial equation to the power of two, namely $Y = -0.6688x^2 + 7.4372x - 10.81$.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Batasan Masalah	6
E. Manfaat Penelitian.....	7
F. Sistematika Penulisan	7
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Aspal.....	9
A.1. Jenis- Jenis Aspal	9
A.2. Jenis Campuran Beraspal	11
A.2.1. Beton Aspal Lapis Aus	13
A.2.2. Beton Aspal Lapis Antara	13
B. Agregat	13
B.1. Agregat Kasar	14
B.2. Agregat Halus	16
C. Filler	17
D. Penelitian Terdahulu tentang Tegangan Tarik dan Regangan pada campuran aspal.....	19

BAB 3. Metode Penelitian	23
A. Alur Penelitian	23
B. Uji Karakteristik Agregat dan Filler.	24
C. Uji Karakteristik Aspal Minyak	26
D. Penentuan Gradasi Gabungan AC-WC	26
E. Analisa Awal Keadaan Aspal Optimum	28
F. Uji Tarik Belah.....	29
G. Jumlah Benda Uji	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. Karakteristik Material.....	33
A.1. Karakteristik Agregat Kasar.....	33
A.2. Karakteristik Agregat Halus	34
A.3. Karakteristik Abu Terbang.....	35
A.4. Karakteristik Aspal Minyak	35
B. Gradasi Agregat Gabungan.....	36
C. Rancangan Dan Komposisi Campuran AC-WC Berdasarkan Kadar Aspal Perkiraan	38
D. Hubungan Tegangan Regangan Campuran AC-WC Akibat Beban Tarik.....	39
E. Rekapitulasi Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran AC-WC.....	44
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	47
A. Kesimpulan	47
B. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Indirect tensile strength campuran yang dimodifikasi (Manik Barmann dkk, 2018)	20
Gambar 2. Diagram pembebanan uji ITS (Xiang Shu, dkk, 2007)	21
Gambar 3. Diagram alir penelitian	23
Gambar 4. Posisi Benda Uji Pengujian ITS (<i>Indirect Tensile Strength</i>)....	31
Gambar 5. Gradasi agregat gabungan	37
Gambar 6. Hubungan nilai kuat tarik tidak langsung dan regangan kadar aspal 5% untuk benda uji menggunakan filler dari abu terbang	40
Gambar 7. Hubungan nilai kuat tarik tidak langsung dan regangan kadar aspal 5,5% untuk benda uji menggunakan filler dari abu terbang	41
Gambar 8. Hubungan nilai kuat tarik tidak langsung dan regangan kadar aspal 6% untuk benda uji menggunakan filler dari abu terbang	42
Gambar 9. Hubungan nilai kuat tarik tidak langsung dan regangan kadar aspal 6,5% untuk benda uji menggunakan filler dari abu terbang	43
Gambar 10. Hubungan nilai kuat tarik tidak langsung dan regangan kadar aspal 7% untuk benda uji menggunakan filler dari abu terbang	44
Gambar 11. Hubungan Kuat tarik tidak langsung dan kadar aspal dari abu terbang	46

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ketentuan-ketentuan Untuk Aspal Keras Penetrasi 60/70	11
Tabel 2. Ketentuan Agregat Kasar	15
Tabel 3. Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampung Dingin untuk Campuran Beraspal.....	16
Tabel 4. Ketentuan Agregat Halus.....	17
Tabel 5. Standard Nasional untuk pengujian agregat kasar.....	25
Tabel 6. Metode pengujian karakteristik agregat dan filler	26
Tabel 7. Metode pengujian karakteristik Aspal minyak	26
Tabel 8. Gradasi Gabungan AC-WC	27
Tabel 9. Matriks jumlah benda uji untuk pengujian ITS.....	32
Tabel 10. Karakteristik sifat fisik agregat kasar.....	33
Tabel 11. Hasil pemeriksaan karakteristik abu batu.....	34
Tabel 12. Hasil pemeriksaan karakteristik abu terbang Anggrek	35
Tabel 13. Hasil pemeriksaan karakteristik aspal minyak.....	35
Tabel 14. Komposisi material dalam berat untuk 1200 gram	39
Tabel 15. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung (ITS)45	

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada umumnya hasil olahan batu pecah yang lolos saringan 200 digunakan sebagai filler, Namun banyak daerah di Indonesia yang tidak memiliki sumber batu yang dapat digunakan sebagai batu pecah, sehingga filler pun sangat kurang atau hampir tidak ada. Untuk itu daerah-daerah tersebut mendatangkan batu pecah dan abu batu untuk digunakan pada pencampuran aspal, bahkan terkadang semen Portland digunakan sebagai filler, hal berikut menyebabkan harga konsumsi jalan aspal menjadi meningkat.

Dewasa ini, banyak Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menggunakan batu bara sebagai bahan bakar, yang selanjutnya menghasilkan atau hasil sampingan (by Product) : bottom ash dan abu terbang, sebagian bekas abu terbang dan bottom ash di simpan pada kolam penampungan. Menurut berita yang di kutip oleh dunia energi bahwa tiap tahunnya limbah abu batu bara mencapai 8,31 juta ton, sehingga produksi bottom ash dan fly ash yang terus-menerus akan menyebabkan terganggunya lingkungan sekitar kolam penampungan yang selanjutnya mengancam ekosistem lingkungan serta masyarakat yang tinggal disekitarnya. Dengan memanfaatkan abu terbang sebagai filler dalam campuran aspal, mampu menyelesaikan sebuah persoalan

yaitu : filler dalam campuran aspal dan timbunan abu terbang yang semakin hari semakin meningkat.

Penelitian ini menggunakan abu terbang sebagai filler dalam campuran aspal dan selanjutnya menggunakan pengujian kuat tarik untuk menguji kesesuaian dan menentukan kelayakan abu terbang sebagai filler pada campuran aspal dalam menerima beban tarik.

Jaringan transportasi yang handal sangat dibutuhkan untuk mendukung distribusi barang-barang dari tempat-tempat produksinya yaitu kota-kota hingga mencapai pelosok daerah. Konstruksi badan jalan yang kokoh harus dibangun dengan harga yang terjangkau sehingga mampu menyokong pembangunan infrastruktur jalan. Salah satu konstruksi jalan yang banyak dibangun di Indonesia ialah perkerasan lentur dan yang lain adalah perkerasan kaku (jalan beton dan jalan komposit).

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.

Aspal beton (AC) atau lapis aspal beton (laston) salah satu jenis perkerasan fleksibel yang banyak diterapkan di Indonesia. Laston yang dikenal di Indonesia terdiri dari *asphalt concrete wearing course* (AC-WC), *asphalt concrete binder course* (AC-BC), dan *asphalt concrete base* (AC base). Campuran aspal AC-BC merupakan lapis pengikat dengan gradasi

yang lebih kasar dari AC-WC tetapi lebih halus daripada AC base. Laston biasanya digunakan pada daerah yang mengalami deformasi tinggi seperti daerah pegunungan, gerbang tol atau pada daerah dekat lampu lalu lintas dan daerah dengan lalu lintas berat.

Suatu lapis perkerasan jalan diharapkan mampu memenuhi sifat stabilitas, yaitu kemampuan perkerasan aspal menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang tetap. Namun kenyataannya, pada masa pelayanannya, perkerasan jalan sering mengalami kerusakan atau tidak mencapai umur layanan jalan. Di Jalan Lintas Timur Sumatera terjadi penurunan dalam pelayanan usia jalan sebesar 25,94% (Sentosa, 2012), jalan nasional di Aceh terjadi penurunan umur layan sebesar 4,3 tahun dari umur rencana 10 tahun (Syafriana, 2015), di Jalan Pantura Jawa hanya memiliki umur jalan selama 1,5 hingga 2 tahun dari seharusnya 10 tahun (Antara News, 2008). Selain itu, menurut data Informasi Statistik PU dan Perumahan Rakyat (2015) jalan di Indonesia dalam kondisi baik hanya sebesar 62 %, sedangkan kondisi jalan yang lain dalam keadaan rusak ringan ataupun rusak berat.

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.

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 rangkai (*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 **“Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran AC-WC yang Mengandung Abu Terbang”**.

B. Rumusan Masalah

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

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

2. Menganalisis hubungan antara nilai tegangan tarik 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 atau filler.
3. Menggunakan aspal minyak pen 60/70 sebagai bahan pengikat.
4. Kadar aspal minyak yang digunakan yaitu 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, dan 7,0% sebagai variabel tetap yang ditentukan berdasarkan hasil perhitungan kadar aspal efektif.
5. Benda uji jenis campuran AC-WC yang digunakan, dilakukan pengujian kuat tarik tidak langsung untuk mengetahui karakteristik campuran aspal dalam menerima beban tarik dalam kondisi normal sesuai perlakuan yang dituangkan dalam SNI 06-2489-1991.
6. 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. Aspal

Aspal merupakan materi perekat (comentitious) bewarna coklat tua, dengan unsur utama ialah bitumen. Aspal bisa diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal ialah material yang pada suhu ruang akan berubah bentuk menjadi padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Sehingga aspal akan mencair apabila dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali memadat atau hampir padat apabila temperature turun.

A.1. Jenis- Jenis Aspal

Aspal dibedakan atas dua jenis, yaitu :

1. Aspal alam adalah aspal yang berasal di suatu tempat di alam dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit metode pengolahan.
2. Aspal minyak adalah aspal hasil residu pengilangan minyak bumi. 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 : (1) aspal keras yang biasa digunakan untuk campuran *hot-mix*, (2) aspal (bitumen) cair digunakan untuk peruntukan sebagai lapis perekat dan sebagai lapis peresap dalam dunia perkerasan jalan dan (3) 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. 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). Adapun jenis-jenis aspal minyak adalah sebagai berikut:

- a) Aspal keras/panas (*Asphalt Cement, AC*) adalah aspal yang diperuntukan dalam keadaan cair dan panas serta penyimpanannya dalam bentuk padat pada temperatur ruangan antara 25°C – 30°C. AC penetrasi rendah digunakan untuk daerah yang memiliki cuaca rata-rata panas atau volume lalu lintasnya tinggi, sedangkan untuk AC penetrasi tinggi dipakai untuk daerah dengan suhu rata-rata dingin atau volume lalu lintasnya rendah. Umumnya di Indonesia dipakai penetrasi 60/70 dan 80/100.
- b) Aspal Cair/Dingin (*Cutback Asphalt*), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair. Aspal ini dibuat dengan proses

mencampur aspal keras/panas (AC) dengan bahan pencair hasil penyulingan minyak bumi yang berbentuk cair seperti minyak tanah, bensin atau solar.

- c) Aspal Emulsi (*Emulsion Asphalt*), adalah aspal yang lebih cair dari aspal dingin/cair, yaitu dengan campuran aspal, air dan bahan pengemulsi.

Pada penelitian ini akan digunakan *Asphalt Cement* penetrasi 60/70. Selain itu aspal untuk lapis beton harus memenuhi beberapa syarat yang tercantum dalam table 1 berikut :

Tabel 1. Ketentuan-ketentuan Untuk Aspal Keras Penetrasi 60/70

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70
Titik Lembek (°C)	SNI 2343:2011	≥48
Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥100
Titik nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥232
Berat jenis	SNI 2441:2011	≥1,0

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Devisi 6 Perkerasan Aspal.

A.2. Jenis Campuran Beraspal

Jenis campuran dan ketebalan lapisan harus seperti yang ditentukan :

1. *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.

2. Lapis Tipis Aspal Beton (Hot Rolled Sheet. **HRS**). Lapis Tipis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, HRS Fondasi (**HRS-Base**) dan HRS Lapis Aus (**HRS Wearing Course, HRS-WC**) 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 semua ketentuan yang diberikan dalam Spesifikasi dengan kunci utama yaitu gradasi yang benar-benar senjang.

3. Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete*. AC). 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 19mm, 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.

A.2.1. Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)

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.2.2. Beton Aspal Lapis Antara (AC-BC)

Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) adalah merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan, mempunyai tekstur yang lebih halus dibanding dengan Beton Lapis Aspal Lapis Antara (AC-BC).

B. Agregat

Menurut Sukirman (2016), Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar. ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan

persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (filler). Batasan dari masing-masing agregat ini seringkali berbeda, sesuai institusi yang menentukannya. ASTM dan Depkimpraswil dalam Spesifikasi Teknis Campuran Panas, 2010, membedakan agregat menjadi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (filler) (Sukirman, 2016).

B.1. Agregat Kasar

- a) 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).
- b) 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).
- c) 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.

- d) 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 2. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Nilai	
Kekekalan bentuk pengujian		natrium sulfat	Maks. 12%
		magnesium sulfat	Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC	100 putaran	Maks. 6%
	Modifikasi dan SMA	500 putaran	Maks. 30%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA		100/90*
	Lainnya		95/90**
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA		Maks. 5%
	Lainnya		Maks. 10%
Material Iolos Ayakan No. 200			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 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 3. Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampang Dingin untuk Campuran Beraspal.

Jenis Campuran	Ukuran nominal agregat kasar penampang 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

B.2. Agregat Halus

- a) 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).

- b) Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- c) 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.
- d) 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.
- e) Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.3.2.2).

Tabel 4. Ketentuan Agregat Halus.

Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan	Min. 45%
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	Maks. 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	Maks. 10%

C. Filler

- a) 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.

- b) 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.
- c) 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.

Abu batu bara adalah suatu hasil sampingan yang berasal dari industri-industri yang menggunakan batu bara sebagai sumber bahan bakar. Salah satu proses pembakaran batu bara yang menghasilkan abu terbang ini adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang mempergunakan batu bara sebagai sumber energinya. Produksi *abu batu bara* ini di beberapa PLTU milik Swasta Nasional yang jumlahnya cukup banyak, salah satunya di PLTU di Kabupaten Jeneponto, Sulawesi Selatan.

Terdapat dua macam abu batu bara, yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Abu terbang merupakan bagian terbesar dari abu

batu bara. (80% atau lebih) dari abu batu bara. Abu tersebut mempunyai ukuran butir yang lebih halus (lebih kecil dari 200 mm) dan berwarna lebih terang (keabu-abuan) bila dibandingkan dengan abu dasar. Abu terbang didominasi oleh alumina dan silica, sedangkan unsur lain yang juga berperan adalah oksida besi dan kalsium. Berat jenisnya berkisar antara 1,95 - 2,95 gr/cm².

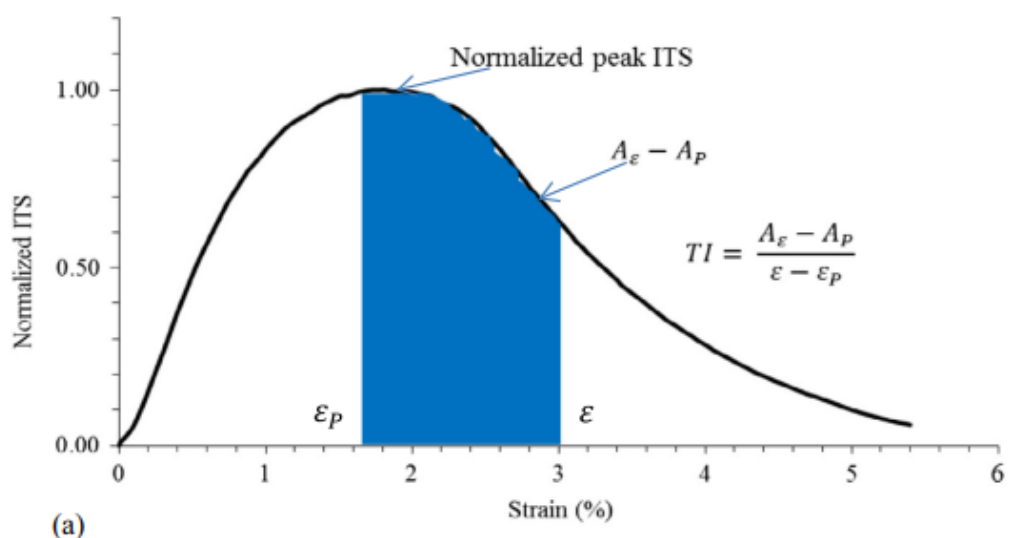
D. Penelitian Terdahulu tentang Tegangan Tarik dan Regangan pada campuran aspal

Xiang Shu, dkk (2007). Melakukan penelitian yang memberikan hasil studi laboratorium evaluasi karakteristik kelelahan campuran aspal hot-mix (HMA) menggunakan metode pengujian yang berbeda. Dalam studi ini, kinerja kelelahan campuran HMA dievaluasi dengan tegangan tidak langsung Superpave (IDT) tes dan uji kelelahan balok. Campuran HMA yang mengandung 0%, 10%, 20%, dan 30% dari perkerasan aspal daur ulang (RAP) adalah pabrik disiapkan dengan satu sumber agregat, batu kapur, dan satu jenis pengikat, PG 64–22. Sifat kelelahan yang diuji termasuk tidak langsung kekuatan tarik (ITS), regangan keruntuhan, indeks ketangguhan (TI), modulus ulet, DCSEf, rasio energi, nilai plateau, dan siklus beban untuk gagal. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa baik Superpave IDT dan uji kelelahan balok setuju satu sama lain dalam menentukan peringkat kelelahan resistensi campuran ketika prosedur yang tepat diikuti.

Sumber : Xiang Shu, dkk (2007).

Manik Barman, dkk (2018). melakukan pengujian berat tarik tidak langsung dengan menerapkan beban yang meningkat secara monoton dengan laju 50 mm/menit sepanjang diameter silinder. spesimen (Gbr. 2a). Dalam penelitian ini, perpindahan diukur di bagian atas spesimen. Beberapa peneliti menggunakan data uji IDT untuk menentukan indeks ketangguhan (TI) untuk mengkarakterisasi kelelahan ketahanan campuran aspal [3,5,23]. TI ditentukan dengan menggunakan kurva ITS – regangan yang dinormalisasi. Nilai ITS yang dinormalisasi adalah diperoleh dengan menormalkan nilai tegangan sehubungan dengan puncak menekankan. Gambar 1 menunjukkan ITS yang dinormalisasi – kurva regangan.

Gambar 1. Indirect tensile strength campuran yang dimodifikasi (Manikk Barman dkk, 2018)



Sumber : Manik Barman, dkk (2018).

Xiang Shu, dkk (2007). Penelitian tersebut memperlihatkan Indeks ketangguhan ini membandingkan kinerja spesimen dengan referensi plastis sempurna yang elastis bahan, di mana TI tetap konstan 1. Untuk bahan rapuh yang ideal tanpa membawa beban pasca-puncak kapasitas, nilai TI sama dengan nol. Dalam penelitian ini, nilai indeks ketangguhan tarik tidak langsung dihitung hingga regangan tarik 10%. dengan respons tegangan-regangan dari kekuatan uji IDT, ambang energi regangan mulur yang hilang (DCSEf) ditentukan oleh Roque et al. sebagai berikut (Gambar 2) [7]: $DCSEf = FE - EE$ (8) di mana, FE = energi rekahan, itu didefinisikan sebagai luas di bawah kurva tegangan-regangan ke regangan gagal ef, dan EE = energi elastis.

Gambar 2. Diagram pembebanan uji ITS (Xiang Shu, dkk, 2007)

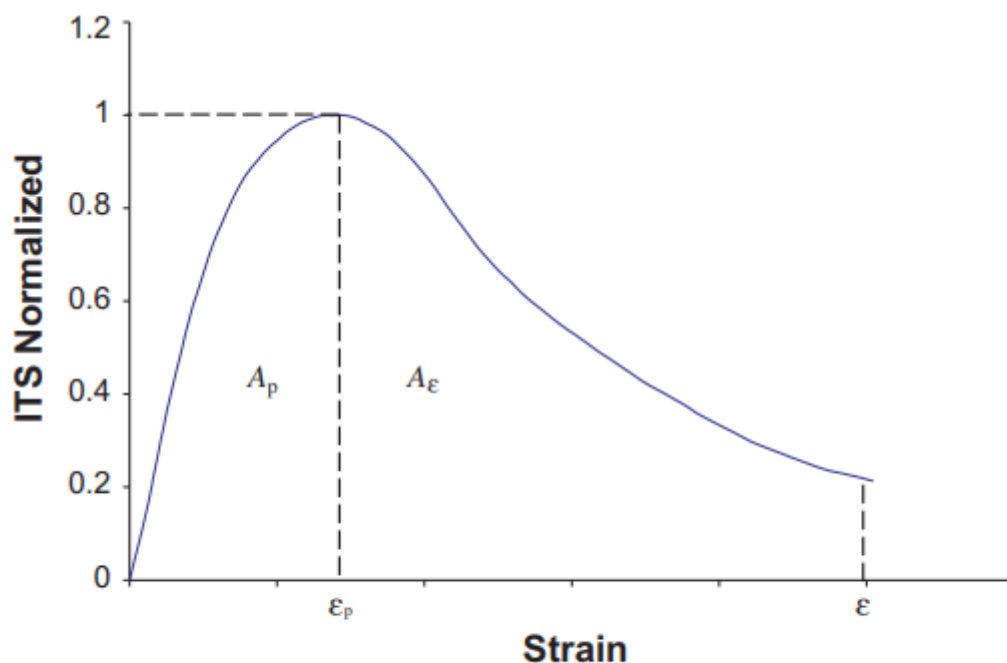


Fig. 3. An example of normalized IDT curve for TI calculation.

Indeks ketangguhan (TI), parameter yang menggambarkan karakteristik ketangguhan di wilayah pasca-puncak, juga dihitung dari hasil uji tarik tidak langsung. Gambar 2 menyajikan contoh tegangan dan regangan tarik tidak langsung yang dinormalisasi melengkung. Indeks ketangguhan tarik tidak langsung tanpa dimensi, TI didefinisikan sebagai berikut:

$$TI = \frac{A_{\varepsilon} - A_p}{\varepsilon - \varepsilon_p} \quad (7)$$

where,

TI = toughness index;

A_{ε} = area under the normalized stress–strain curve up to strain ε ;

A_p = area under the normalized stress–strain curve up to strain ε_p ;

ε = strain at the point of interest; and

ε_p = strain corresponding to the peak stress.

Sumber : Xiang shu, dkk (2007).