

**ANALISA MARSHALL TEST DAN CANTABRO SCATTERING LOSS TEST
TERHADAP CAMPURAN ASPAL DENGAN KARET BAN LUAR BEKAS
6% DAN 7,5% SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR SERTA
5% FLY ASH SEBAGAI FILLER**



LAPORAN TUGAS AKHIR

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

OLEH :

ACHMAD FERYANSYAH

03013110030

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2006



625.8507
fer
a
c-060371
2006

**ANALISA MARSHALL TEST DAN CANTABRO SCATTERING
TERHADAP CAMPURAN ASPAL DENGAN KARET BAN LUAR BAKAS
6% DAN 7,5% SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR SERTA
5% FLY ASH SEBAGAI FILLER**



R. 13985/14546

LAPORAN TUGAS AKHIR

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

OLEH :

ACHMAD FERYANSYAH

03013110030

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2006

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

NAMA : ACHMAD FERYANSYAH
NIM : 03013110030
PROGRAM : TEKNIK
KONSENTRASI : TEKNIK SIPIL
JUDUL : ANALISA MARSHALL TEST DAN CANTABRO
SCATTERING LOSS TEST TERHADAP
CAMPURAN KARET BAN LUAR BEKAS 6% DAN
7,5% SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR
SERTA 5% FLY ASH SEBAGAI FILLER

Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. H. Bakrie Oemar, MSc, MIHT
NIP. 130365904

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

NAMA : ACHMAD FERYANSYAH
NIM : 03013110030
FAKULTAS : TEKNIK
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL : ANALISA MARSHALL TEST DAN CANTABRO
SCATTERING LOSS TEST TERHADAP
CAMPURAN KARET BAN LUAR BEKAS 6% DAN
7,5% SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR
SERTA 5% FLY ASH SEBAGAI FILLER

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



H. Imron Fikri Astira, MS

NIP. 151472645

Motto :

“ ... TETAP SEMANGAT. ”

Skripsi ini khusus kupersembahkan kepada :

- ❖ Papa dan Mama Tercinta*
- ❖ Kakak dan Adikku Tercinta*
- ❖ Keluarga Besar tersayang*
- ❖ Teman – Teman*
- ❖ Almamater*
- ❖ Bangsa dan Negara*

**ANALISA MARSHALL TEST DAN CANTABRO SCATTERING LOSS TEST
TERHADAP CAMPURAN ASPAL DENGAN KARET BAN LUAR 6% DAN
7,5 % SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR SERTA 5% *FLY ASH*
SEBAGAI FILLER**

ABSTRAK

Limbah ban luar bekas saat ini banyak sekali terdapat di tempat-tempat pembuangan sampah atau bengkel, begitu juga dengan fly ash yang merupakan limbah hasil pembakaran batubara yang menumpuk di tempat pembuangan PLTU. Saat ini pemanfaatan ban luar bekas kendaraan sangat terbatas, tidak seimbang dengan jumlah limbah yang terus bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan.

Salah satu alternatif pemanfaatan limbah ban bekas dan fly ash adalah dengan memanfaatkannya sebagai alternatif bahan perkerasan jalan. Limbah karet ban luar dimanfaatkan sebagai material pengganti agregat kasar (screen) dan fly ash dapat dimanfaatkan sebagai filler atau bahan pengisi dalam konstruksi perkerasan jalan untuk lapisan ATB.

Hasil parameter stabilitas pengujian Marshall terhadap campuran dengan menggunakan 6% dan 7,5% apabila dibandingkan dengan campuran normal mengalami penurunan tetapi masih memenuhi spesifikasi Bina Marga sehingga bisa diaplikasikan dilapangan. Parameter lainnya menunjukkan keuntungan-keuntungan yang bisa didapat dari penggunaan limbah karet ban luar yaitu parameter flow (kelelehan) yang semakin tinggi. Pada pengujian Cantabro Scattering Loss Test menunjukkan nilai persebaran agregat yang lebih rendah.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah SWT karena dengan izin dan ridho-Nya Penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini sebagai syarat mengambil gelar sarjana pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Skripsi ini berjudul “ Analisa Marshall Test dan Cantabro scattering Loss Test Terhadap Campuran Aspal Dengan Karet ban Luar Bekas 6% dan 7,5% Sebagai Pengganti agregat Kasad Serta Fly Ash Sebagai Filler Pengujian Marshall dan Cantabro Scattering Loss “. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak sekali kekurangan. Hal ini dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis, untuk itu Penulis sangat mengharapkan masukan dan kritikan membangun dari semua pihak.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan, bimbingan dan dorongan dari Ir. H Bakrie Oemar, MSc, MIHT. Selaku pembimbing, untuk itu penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya. Tak lupa pula Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Zainal Ridho Jafar, MSc. Selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Ir. H. Hasan Basri, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ir. H. Imron Fikri Astira, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
5. Seluruh asisten Laboratorium Dinas PU Bina Marga yang telah sangat banyak membantu dalam pengambilan data.
6. Keluargaku yang telah banyak membantu dan memberi semangat.

7. Teman – teman kelompok kerja (Am, Arep, Topek, Indra, Desty & Nbe) yang telah banyak membantu.

Dan semua pihak yang tidak dapat penulis tuliskan satu – persatu.

Semoga kebaikan dan kemudahan yang diberikan pada penulis menjadi amalan yang akan dibalas oleh Allah SWT, Amin.

Palembang, Februari 2006

Penulis,

ACHMAD FERYANSYAH

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN..... | iii |
| ABSTRAK..... | iv |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| | |
| BAB. I. PENDAHULUAN | |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Tujuan Penelitian..... | 1 |
| 1.3. Perumusan Masalah..... | 2 |
| 1.4. Metodologi Penelitian..... | 2 |
| 1.5. Ruang Lingkup Penelitian..... | 2 |
| 1.6. Sistematika Penulisan..... | 3 |
| | |
| BAB. II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1. Limbah karet ban luar..... | 4 |
| 2.2. Fly Ash..... | 4 |
| 2.3. Jenis Konstruksi Perkerasan..... | 5 |
| 2.3.1. Konstruksi perkerasan lentur (flexible pavement) .. | 6 |
| 2.3.2. Konstruksi perkerasan kaku (rigid pavement) | 8 |
| 2.3.3. Konstruksi perkerasan komposit (composite pavement)..... | 8 |
| 2.4. Aspal..... | 8 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.4.1. | Fungsi aspal..... | 9 |
| 2.4.2. | Sifat-sifat aspal..... | 9 |
| 2.4.3. | Komposisi aspal..... | 10 |
| 2.4.4. | Jenis-jenis aspal..... | 11 |
| 2.4.5. | Penggunaan aspal..... | 14 |
| 2.5. | Aggregat..... | 17 |
| 2.5.1. | Sifat-sifat agregat..... | 18 |
| 2.5.1.1. | Gradasi dan ukuran maksimum..... | 18 |
| 2.5.1.2. | Daya tahan agregat..... | 20 |
| 2.5.1.3. | Bentuk dan tekstur aggregate..... | 21 |
| 2.5.1.4. | Daya lekat terhadap aspal..... | 22 |
| 2.5.1.5. | Berat jenis (specific gravity)..... | 22 |
| 2.5.2. | Klasifikasi Agregat..... | 24 |
| 2.5.3. | Spesifikasi Gradasi Agregat..... | 28 |
| 2.6. | Aspal Beton Campuran Panas..... | 29 |
| 2.6.1. | Karakteristik campuran..... | 29 |
| 2.6.2. | Perencanaan campuran..... | 32 |
| 2.6.3. | Jenis-jenis campuran..... | 32 |
| 2.7. | Pengujian Campuran..... | 34 |
| 2.7.1. | Pengujian Marshall..... | 34 |
| 2.7.2. | Pengujian Cantabro Scattering Loss..... | 35 |
| 2.8. | Prosedur Pengujian Dilaboratorium..... | 36 |
| 2.8.1. | Aggregat..... | 36 |
| 2.8.2. | Aspal..... | 44 |
| 2.9. | Pembuatan Benda Uji..... | 51 |
| 2.10. | Pengujian Marshall..... | 53 |
| 2.10.1. | Peralatan Pengujian..... | 54 |
| 2.10.2. | Pelaksanaan Pengujian Marshall..... | 54 |
| 2.11. | Pengujian Cantabro Scattering Loss..... | 55 |
| 2.11.1. | Spesifikasi pengujian cantabro..... | 55 |
| 2.11.2. | Prosedur pengujian cantabro..... | 56 |

| | |
|--|----|
| 2.12. Penelitian yang pernah dilakukan | 56 |
| BAB. III. METODELOGI PENELITIAN | |
| 3.1. Rencana kerja penelitian | 64 |
| BAB. IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1. Hasil dan analisa pengujian aggregate | 68 |
| 4.1.1. Pengujian analisa saringan | 68 |
| 4.1.2. Pengujian berat jenis dan penyerapan | 74 |
| 4.1.3. Pengujian berat isi aggregate | 75 |
| 4.1.4. Pengujian abrasi Loss Angeles..... | 75 |
| 4.2. Pengujian Aspal | 76 |
| 4.3. Pengujian Campuran | 77 |
| 4.3.1. Pengujian Marshall..... | 77 |
| 4.3.2. Pengujian Cantabro Scattering Loss Test | 92 |
| BAB.V. KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1. Kesimpulan | 97 |
| 5.2. Saran..... | 98 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

DAFTAR TABEL

| | | |
|--------------|---|----|
| Tabel II.1. | Hasil analisa kimia <i>Fly Ash</i> | 5 |
| Tabel II.2. | Perbedaan perkerasan kaku dan perkerasan lentur..... | 6 |
| Tabel II.3. | Perbedaan sifat-sifat dari gradasi aggregate..... | 20 |
| Tabel II.4. | Spesifikasi agregat kasar untuk campuran aspal panas..... | 26 |
| Tabel II.5. | Spesifikasi agregat halus untuk campuran aspal panas..... | 28 |
| Tabel II.6. | Spesifikasi gradasi aggregate untuk aspal biasa..... | 29 |
| Tabel II.7. | Kriteria desain Marshall..... | 35 |
| Tabel II.8. | Daftar ukuran saringan berdasarkan ukuran spesifikasi ATB..... | 37 |
| Tabel II.9. | Gradasi aggregate, berat dan jumlah bola yang digunakan..... | 43 |
| Tabel II.10. | Spesifikasi pengujian Cantabro Scattering Loss..... | 55 |
| Tabel II.11. | Rekapitulasi pengujian Marshall untuk campuran aspal AC 60/70 dengan serbuk karet ban dalam oleh Fahrizal dkk (2000)..... | 56 |
| Tabel II.12. | Rekapitulasi pengujian Marshall untuk campuran aspal Pen. 60/70 dengan Tafpack Super oleh Sandy Ferari dkk (2004)... | 58 |
| Tabel II.13. | Rekapitulasi pengujian Asphalt Porous Pavement dengan karet ban luar oleh M. Yasir dkk (2005)..... | 61 |
| Tabel IV.1. | Hasil analisa saringan..... | 69 |
| Tabel IV.2. | Gradasi campuran aggregate normal..... | 71 |
| Tabel IV.3. | Gradasi campuran aggregate dengan 6 % potongan karet ban luar..... | 72 |
| Tabel IV.4. | Gradasi campuran aggregate dengan 7,5 % potongan karet ban luar..... | 73 |
| Tabel IV.5. | Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan aggregate..... | 74 |
| Tabel IV.6. | Data hasil pengujian berat isi..... | 75 |
| Tabel IV.7. | Data dan perhitungan hasil pengujian abrasi Loss Angeles..... | 75 |
| Tabel IV.8. | Data hasil pengujian Aspal..... | 75 |
| Tabel IV.9. | Hasil pengujian Marshall untuk campuran normal Pen.60/70... | 79 |

| | |
|---|----|
| Tabel IV.10. Hasil pengujian Marshall untuk campuran + 6 % karet ban luar Aspal pen 60/70..... | 82 |
| Tabel IV.11. Hasil pengujian Marshall untuk campuran aggregate + 7 % karet ban luar Aspal pen 60/70..... | 85 |
| Tabel IV.12. Rekapitulasi pengujian Marshall dan Spefikasi Bina Marga | 88 |
| Tabel IV.13. Hasil pengujian Cantabro Scattering Loss campuran normal | 92 |
| Tabel IV.14 Hasil pengujian Cantabro Scattering Loss campuran dengan karet ban luar 6 % | 93 |
| Tabel IV.15. Hasil pengujian Cantabro Scattering Loss campuran dengan karet ban luar 7,5 % | 94 |
| Tabel IV.16. Rekapitulasi parameter hasil pengujian Cantabro Scattering Loss dan spesifikasi Bina MArga..... | 95 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar II.1. Susunan lapis konstruksi perkerasan lentur | 7 |
| Gambar II.2. Konstruksi perkerasan komposit | 8 |
| Gambar II.3. Peleburan dengan Prime Coat | 15 |
| Gambar II.4. Penetrasi Macadam | 15 |
| Gambar II.5. Tack Coating | 16 |
| Gambar II.6. Representasi volume | 30 |
| Gambar II.7. Grafik awal untuk Metode Grafik Diagonal | 38 |
| Gambar II.8. Grafik hasil rekapitulasi pengujian Marshall untuk campuran aspal Pen.60/70 dengan serbuk karet ban dalam oleh Fahrizal dkk..... | 57 |
| Gambar II.9. Grafik pengujian Marshall untuk campuran aspal pen.60/70 dengan Tafpacck Super oleh Sandy Ferari dkk (2004)..... | 58 |
| Gambar II.10. Grafik hasil pengujian campuran Asphalt Porous Pavement dengan karet ban luar oleh M. Yasir dkk (2005) | 61 |

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada perkerasan jalan, aspal merupakan bahan pengikat agregat dalam campuran. Agregat diperlukan dalam semua lapisan struktur perkerasan jalan. Oleh karena itu agregat dibutuhkan dalam jumlah yang besar.

Agregat merupakan material yang relatif mahal, selain itu banyak kebutuhan agregat untuk perkerasan jalan dapat menimbulkan kerusakan pada lingkungan tempat pengambilan agregat tersebut. Selain itu juga pengambilan agregat secara terus menerus jumlahnya akan habis sehingga perlu dilakukan penghematan dalam penggunaannya dan atau dengan mencari alternatif material lain yang efektif untuk menghemat dan dapat mencegah kerusakan lingkungan akibat limbah.

Ban luar bekas merupakan limbah padat yang mengancam kelestarian lingkungan dan banyak ditemui dibengkel-bengkel atau tempat sampah dan *fly ash* (abu terbang) merupakan sisa pembakaran batu bara PLTU adalah bahan limbah yang sulit diolah, oleh karena itu perlu diusahakan agar bahan-bahan tersebut dapat digunakan kembali.

Hal tersebut mendorong kami untuk melakukan penelitian dengan menggunakan karet ban luar bekas menggantikan agregat kasar dan *fly ash* sebagai pengganti filler dalam hal ini semen yang harganya semakin mahal untuk digunakan pada lapisan ATB (*Asphalt Trade Base*) perkerasan lentur jalan.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk :

1. Mengetahui apakah campuran dengan menggunakan karet ban luar bekas dan *fly ash* dapat memenuhi spesifikasi bina marga untuk dapat digunakan pada lapisan ATB perkerasan lentur jalan.
2. Memanfaatkan limbah karet ban luar dan *fly ash* untuk digunakan pada perkerasan lentur jalan raya sehingga menghemat penggunaan agregat alam.

1.3. Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini, dilakukan analisa pengujian Marshall Test dan *Cantabro Scattering Loss Test* campuran dengan menggunakan karet ban luar bekas sebesar 8% dan 18% sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan *fly ash* sebagai *filler* dalam campuran agregat kasar, agregat halus dan asphalt concrete penetrasi 60 / 70 untuk mengetahui kekuatan campuran tersebut sehingga dapat memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk digunakan pada lapisan ATB (lapisan pondasi atas) perkerasan lentur jalan raya.

1.4. Metodologi Penelitian

Beberapa pendekatan dari pembahasan yang digunakan adalah dimulai dari studi literature, pengambilan sample ban karet luar, persiapan material serta alat yang berkenaan dengan percobaan yang dilakukan, kemudian dilanjutkan dengan serangkaian pengujian di laboratorium meliputi pengujian agregat, pengujian aspal, pembuatan benda uji serta pengujian campuran yaitu Marshall Test mengetahui nilai stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), berat isi, kuosien Marshall, Rongga terhadap agregat (VMA), rongga terhadap campuran (VIM), dan rongga terisi aspal (VFA) serta *Cantabro Scattering Lost Test* untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimumnya. Dari hasil pengujian tersebut kemudian diolah dan dianalisa untuk kemudian ditarik kesimpulan. Prosedur penelitian dilakukan sesuai dengan standar Bina Marga.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Dikarenakan banyak faktor yang mempengaruhi kekuatan campuran aspal, maka penelitian hanya dibatasi pada pembahasan hasil pengujian laboratorium terhadap campuran dengan menggunakan 6% dan 7.5% karet ban luar bekas menggantikan agregat kasar dan *fly ash* menggantikan *filler* dan campuran yang menggunakan agregat normal.

Adapun pengujian yang dilakukan dilaboratorium adalah :

1. Pengujian Aspal
2. Pengujian Agregat

3. Pengujian Campuran, terdiri dari pengujian *Marshal* dan *Cantabro Scaterring Loss Tes*

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 bab secara sistematis dan berurutan, seperti yang dijelaskan dibawah ini :

Bab I Pendahuluan

Bab ini menguraikan latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, metodologi penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penelitian.

Bab II. Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan informasi-informasi yang diperoleh dari literature, informasi yang disajikan antara lain mengenai agregat, aspal, karet ban luar, *fly ash*, aspal campuran panas dan pengujian campuran.

Bab III. Metodologi Penelitian

Bab ini memaparkan pengujian-pengujian yang dilakukan dalam penelitian serta metode-metode yang dipakai dalam penelitian.

BabIV. Hasil dan Pembahasan

Bab ini merupakan analisa dan pembahasan serta data dan informasi yang diperoleh serta menyajikan hasil penelitian yang dilakukan.

Bab V. Kesimpulan dan Saran

Bab ini adalah tahapan akhir dari penulisan yang berisi tentang kesimpulan, hasil penelitian dan saran-saran yang bermanfaat untuk penelitian yang berikutnya.

BAB II

DAFTAR PUSTAKA

1.1. Karet Ban Luar

Karet ban bekas merupakan bahan limbah yang banyak terdapat dibengkel-
seperti bengkel, rumah pembuangan sampah. Karet ban luar bekas adalah limbah padat
Nestor (2004) Karet ban luar bekas yang paling banyak adalah karet bekas ban mobil
Nestor (2004) Ban mobil mempunyai berat rata-rata 8 kg dan merupakan gabungan
memadukan 20% karet sintesis.

Nestor (2004) yang dikandung karet ban luar bekas adalah :

1. Benang – kawat baja, *nylon, aramid fiber, rayon, fiberglass or polyester* (biasanya bahan kombinasi, misalnya benang *polyester* pada lapisan ban dan kawat baja pada sebagian serbuk baja dan bead yang umumnya terdapat pada ban mobil penumpang radial)
2. Karet alam dan sintesis (terdapat ratusan jenis karet / polimer)
3. Campuran kimia – *karbon black, silica, resin.*
4. *Anti degradants* – anti oksidan, ozonan, *paraffin wax.*
5. *Adhesion promoters* – *cobalt salt, brass* untuk kawat baja, *resin* dan benang.
6. Curative – cure accelerators, activators, sulfur.
7. *Processing aids* – minyak, *tackifier, peptizer, softener.*

Karet ban luar bekas dalam penelitian ini sebagai pengganti agregat kasar (screen).

2.2. Fly Ash

Fly ash atau abu terbang merupakan sisa pembakaran batu bara dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pembakaran dari batu bara ini mencapai temperatur $\pm 1500^{\circ}\text{C}$. Menurut ASTM C168, *fly ash* dibagi dalam dua kelas ditinjau dari jenis batubaranya yaitu kelas C dan kelas F.

- a. *Fly ash* tipe C adalah fly ash yang mengandung Cao lebih dari 10%. *Fly ash* ini sebagai hasil dari jenis batubara lignite atau subbituminous dengan kandungan

DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jenderal Bina Marga, 1977, *Tanah dan Batuan*, Cetakan Kedua, Penerbit PU, Jakarta

Direktorat Jenderal Bina Marga, 1976, *Manual Pemeriksaan Badan Jalan*, Yayasan Penerbit PU, Jakarta

Institut Teknologi Bandung, *Petunjuk Praktikum Bahan Perkerasan Jalan*, Laboratorium Rekayasa Jalan Raya-Jurusan Teknik Sipil, 1999

Oemar, Bakrie, 2003, *Bahan Perkerasan Jalan*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya

Sukirman, Silvia, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung, 1995.