

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KARET BAN LUAR
SEBESAR 3,5% DAN 8,5% SERTA FLY ASH SEBESAR 5%
DALAM CAMPURAN ASPAL**



LAPORAN TUGAS AKHIR

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

Oleh :

**ARIE BUDIMAN
03013110062**

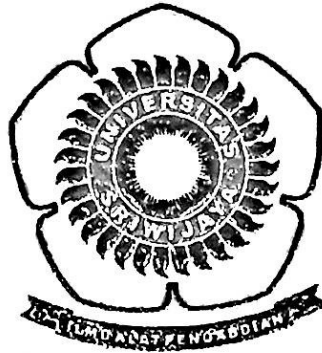
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2006**

625.8507

Bud.

P
2006

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KARET BAN LUAR
SEBESAR 3,5% DAN 8,5% SERTA FLY ASH SEBESAR 5%
DALAM CAMPURAN ASPAL**



LAPORAN TUGAS AKHIR

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

Oleh :

**ARIF BUDIMAN
03013110062**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2006**

R. 14512
14874

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TANDA PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

NAMA : ARIF BUDIMAN
NIM : 03013110062
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL TUGAS AKHIR : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KARET BAN
LUAR SEBESAR 3,5% DAN 8,5% SERTA *FLY ASH*
SEBESAR 5% DALAM CAMPURAN ASPAL

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Ir. H. Bakrie Oemar, MSc, MIHT
NIP. 130 365 904

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

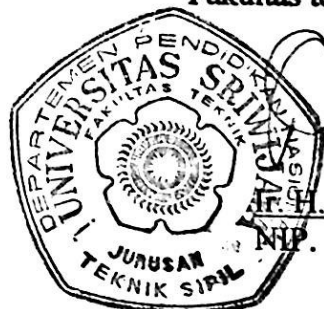
TANDA PENGESAHAN TUGAS AKHIR

NAMA : ARIF BUDIMAN
NIM : 03013110062
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL TUGAS AKHIR : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KARET BAN
LUAR SEBESAR 3,5% DAN 8,5% SERTA *FLY ASH*
SEBESAR 5% DALAM CAMPURAN ASPAL

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Fakultas teknik Universitas Sriwijaya



H. Imron Fikri Astira, MS
NIP. 131 472 645

Motto :

".....berusaha & berdoa....."

Persembahan ku untuk :

- *Bapak dan Ibu Tercinta*
- *Kakak dan adik - adik ku Tersayang (Y
Ida, Rahmat, Fera, & Feri)*
- *Teman - Teman Angkatan 2001*
- *Agkatan '02, '03, '04, dan '05*
- *Almamater*
- *Bangsa & Negara*

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KARET BAN LUAR SEBESAR 3,5% DAN 8,5% SERTA FLY ASH SEBESAR 5% DALAM CAMPURAN ASPAL

ABSTRAK

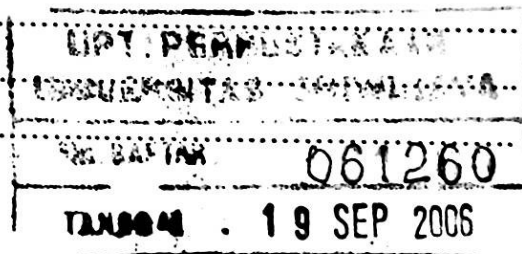
Penggunaan bahan batuan beku (agregat) secara terus menerus menyebabkan semakin sulit untuk didapatkan, oleh karena itu perlu dicari alternatif lain sebagai pengganti. Pemanfaatan limbah karet ban luar sebagai pengganti agregat halus untuk campuran beton aspal bisa dilakukan. Jadi selain untuk mengurangi pemakaian agregat alam yang semakin hari semakin berkurang juga dapat mengurangi polusi yang dapat diakibatkan oleh limbah karet tersebut.

Agregat normal yang akan dicampur dengan agregat dari ban luar bekas ditimbang dengan berat 1100 gram dalam kondisi suhu ruang. Agregat normal dipanaskan dengan cara digoreng dengan suhu konstan $\pm 160^{\circ}$ C. Pada saat bersamaan aspal dipanaskan hingga mencapai suhu $150 \pm 5^{\circ}$ C. Setelah itu kedua bahan tersebut dicampur hingga menjadi suatu campuran yang homogen, dimasukkan ke dalam cetakan lalu ditumbuk sebanyak 75 kali di tiap sisi, setelah itu campuran tersebut siap untuk diuji. Sampel yang akan dibuat dibagi atas 5 kadar aspal yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%.

Hasil penelitian menunjukkan limbah karet ban luar bisa dipakai untuk menggantikan agregat halus (*dust*) sebagai bahan campuran beton aspal dengan kadar aspal optimum 6% dengan nilai sifat Marshall (Stabilitas, Flow, Berat Isi, Marshall Quotient, VMA, VFA, dan VIM) memenuhi standar Bina Marga.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	iv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Aspal.....	5
2.1.1 Definisi Aspal.....	5
2.1.2 Jenis Aspal.....	6
2.1.3 Sifat Aspal.....	8
2.2 Agregat.....	9
2.2.1 Sifat Agregat.....	9
2.2.2 Spesifikasi Agregat.....	11
2.3 Limbah Karet Ban Luar.....	13
2.4 Fly Ash.....	15



2.5 Perencanaan Campuran Aspal	16
2.6 Proses Pengujian di Laboratorium.....	19
2.6.1 Pengujian Aspal.....	20
2.6.2 Pengujian Terhadap Agregat.....	26
2.6.3 Pencampuran Agregat.....	31
2.6.4 Pembuatan Benda Uji.....	32
2.7. Pengujian Terhadap Campuran.....	34
2.7.1 Pengujian dengan Alat Marshall.....	34
2.7.2 Cantabro Scattering Loss Test.....	38
2.8. Penelitian Yang Pernah Dilakukan.....	39
2.8.1. Penelitian Fahrizal dkk.....	39
2.8.2. Penelitian Amrina dkk.....	40
2.8.3 Penelitian Siti Kamisah dkk.....	40
2.8.4 Penelitian Agustiawan dkk.....	40

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Literatur.....	43
3.2 Persiapan Labiratorium (Persiapan Material).....	43
3.3 Pengujian Material.....	43
3.4 Pembuatan Benda Uji.....	45
3.5 Pengujian Utama Benda Uji.....	46
3.5.1 Pengujian Marshall.....	46
3.5.2 Pengujian Cantabro Scattering Loss.....	47
3.6 Perbandingan.....	47
3.7 Analisa dan Pembahasan.....	48
3.8 Kesimpulan dan Saran.....	48

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pembahasan Pengujian Terhadap Agregat	49
4.1.1. Pengujian Pengujian Analisa Saringan	49
4.1.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan	56

4.1.3. Pengujian Berat Isi	59
4.1.4. Pengujian Abrasi Los Angeles	59
4.2 Pengujian Aspal.....	60
4.3. Pengujian Campuran	61
4.3.1. Pengujian Marshall	61
4.3.2. Pengujian Cantabro Scattering Loss	85

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	88
5.2. Saran	90

DAFTAR PUSTAKA.....	xv
---------------------	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Spesifikasi aspal pen. 60/70.....	7
2.2 Agregat kasar untuk campuran panas.....	11
2.3 Agregat halus untuk campuran panas.....	12
2.4 Batas - batas spesifikasi untuk gabungan agregat AC.....	12
2.5 Gradasi lapis pondasi atas.....	12
2.6 Sifat - sifat agregat untuk lapis pondasi.....	13
2.7 Hasil anallisa kimia <i>Fly Ash</i>	15
2.8 Persyaratan sifat campuran.....	19
2.9 Spesifikasi aspal keras.....	20
2.10 Kriteria Desain Marshall.....	38
3.1 Jumlah benda uji yang digunakan.....	45
4.1 Hasil analisa saringn.....	49
4.2 Aspal tanpa pencampuran karet.....	52
4.3 Aspal dengan penambahan 3,5% serbuk karet.....	52
4.4 Aspal dengan penambahan 8,5% serbuk karet.....	52
4.5 Gradasi Campuran agregat normal.....	53
4.6 Gradasi campuran agregat dengan tambahan 3.5 % karet ban luar....	54
4.7 Gradasi campuran agregat dengan tambahan 8,5 % karet ban luar....	55
4.8 Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan <i>split</i>	56
4.9 Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan <i>screen</i>	57
4.10 Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan <i>dust</i>	57
4.11 Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan <i>sand</i>	58
4.12 Data hasil pengujian berat isi.....	59
4.13 Hasil keseluruhan dari pengujian agregat.....	60
4.14 Data hasil pengujian aspal.....	61
4.15 Hasil pengujian Marshall untuk aspal pen 60/70 tanpa pencampuran karet ban luar.....	64

4.16	Hasil pengujian Marshall untuk aspal pen 60/70 dengan pencampuran 3,5% karet ban luar.....	69
4.17	Hasil pengujian Marshall untuk aspal pen 60/70 dengan pencampuran 8,5% karet ban luar.....	74
4.18	Rekapitulasi Parameter Hasil pengujian dan spesifikasi Bina Marga.	78
4.19	Rekapitulasi Parameter Hasil pengujian dan spesifikasi Bina Marga.	82
4.20	Hasil pengujian <i>Cantabro Scattering Loss</i> aspal normal	85
4.21	Hasil pengujian <i>Cantabro Scattering Loss</i> aspal dengan karet 3,5%.....	86
4.22	Hasil pengujian <i>Cantabro Scattering Loss</i> aspal dengan karet 8,5%.....	87

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
2.1	Tumpukan limbah ban karet.....	13
2.2	Gambar alat pembuat serbuk karet pada pabrik vulkanisir.....	14
2.3	Representasi volume dalam campuran aspal.....	35
2.4	Grafik standar parameter Marshall.....	37
3.1	Diagram alir penelitian pengaruh penggunaan limbah karet ben luar sebesar 3,% dan 8,5% serta Ifly ash Isebesar 5% dalam campuran aspal.....	42
4.1	Grafik Analisa saringan <i>split</i>	49
4.2	Grafik Analisa saringan <i>screen</i>	50
4.3	Grafik Analisa saringan <i>sand</i>	50
4.4	Grafik Analisa saringan <i>dust</i>	50
4.5	Grafik analisa saringan <i>split, screen, dust, dan sand</i>	51
4.6	Grafik spesifikasi terhadap kombinasi agregat normal.....	53
4.7	Grafik spesifikasi terhadap kombinasi + 3,5% karet ban luar....	54
4.8	Grafik spesifikasi terhadap kombinasi + 8,5% karet ban luar....	55
4.9	Grafik KAO campuran aspal tanpa penambahan karet.....	62
4.10	Grafik KAO campuran aspal dengan penambahan karet 3,5%.....	63
4.11	Grafik KAO campuran aspal dengan penambahan karet 3,5%.....	63
4.12	Grafik stabilitas aspal normal	65
4.13	Grafik Marshall Quotient aspal normal	65
4.14	Grafik <i>flow</i> aspal normal	66
4.15	Grafik berat isi aspal normal	66
4.16	Grafik VIM aspal normal	67
4.17	Grafik VFA aspal normal	67
4.18	Grafik VMA aspal normal	68
4.19	Grafik stabilitas campuran kombinasi karet 3,5%.....	70
4.20	Grafik Marshall Quotient campuran kombinasi karet 3,5%.....	70
4.21	Grafik <i>flow</i> campuran kombinasi karet 3,5%.....	71

4.22	Grafik berat isi campuran kombinasi karet 3,5%.....	71
4.23	Grafik VIM campuran kombinasi karet 3,5%.....	72
4.24	Grafik VFA campuran kombinasi karet 3,5%.....	72
4.25	Grafik VMA campuran kombinasi karet 3,5%.....	73
4.26	Grafik stabilitas campuran kombinasi karet 8,5%.....	75
4.27	Grafik Marshall Quotient campuran kombinasi karet 8,5%.....	75
4.28	Grafik <i>flow</i> campuran kombinasi karet 8,5%.....	76
4.29	Grafik berat isi campuran kombinasi karet 8,5%.....	76
4.30	Grafik VIM campuran kombinasi karet 8,5%.....	77
4.31	Grafik VFA campuran kombinasi karet 8,5%.....	77
4.32	Grafik VMA campuran kombinasi karet 8,5%.....	78
4.33	Grafik perbandingan parameter stabilitas.....	79
4.34	Grafik perbandingan parameter <i>flow</i>	79
4.35	Grafik perbandingan parameter berat isi.....	80
4.36	Grafik perbandingan parameter Marshall Quotient	80
4.37	Grafik perbandingan parameter VMA	81
4.38	Grafik perbandingan parameter VFA	81
4.39	Grafik perbandingan parameter VIM	82
4.40	Grafik perbandingan stabilitas keseluruhan.....	83
4.41	Grafik perbandingan <i>flow</i> keseluruhan.....	83
4.42	Grafik perbandingan Marshall Quotient keseluruhan.....	83
4.43	Grafik perbandingan berat isi keseluruhan.....	83
4.44	Grafik perbandingan VIM keseluruhan.....	84
4.45	Grafik perbandingan VFA keseluruhan.....	84
4.46	Grafik perbandingan VMA keseluruhan.....	84
4.47	Grafik perbandingan Kadar aspal optimum keseluruhan.....	84
4.48	Grafik pengujian <i>Cantabro Scattering Loss</i> aspal normal.....	85
4.49	Grafik pengujian <i>Cantabro Scattering Loss</i> aspal + karet 3,5%....	86
4.50	Grafik pengujian <i>Cantabro Scattering Loss</i> aspal + karet 8,5%..	87

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konstruksi jalan yang dibangun di Indonesia sekarang ini kebanyakan menggunakan perkerasan dengan konstruksi beton aspal. Struktur beton aspal terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, filler serta bahan pengikat aspal. Kekuatan beton aspal banyak ditentukan oleh agregat yang memberikan dukungan besar terhadap stabilitas.

Agregat merupakan komponen utama dari lapisan jalan, yaitu mengandung 90 – 95% berdasarkan persentase berat atau 75 – 85% agregat berdasarkan volume (Bakrie Oemar, 2003). Dengan demikian daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Untuk dapat mendapatkan hasil yang optimum maka diperlukan kadar aspal optimum sebagai bahan dasar perencanaan campuran.

Penggunaan agregat dalam jumlah yang cukup besar dalam perkerasan jalan dapat menimbulkan dampak negatif berkurangnya sumber daya alam. Pengambilan agregat secara terus menerus dan berkesinambungan dari satu daerah menyebabkan rusaknya lingkungan daerah itu.

Karet ban luar bekas merupakan limbah padat yang juga dapat merusak lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Limbah karet ini bisa dimanfaatkan untuk menggantikan agregat dalam pembangunan jalan. Jadi selain untuk mengurangi pemakaian agregat yang semakin hari semakin berkurang juga dapat mengurangi polusi yang diakibatkan oleh limbah karet tersebut.

Bertolak dari hal – hal tersebut, maka dilakukan penelitian pemanfaatan karet ban luar bekas sebagai pengganti sebagian *dust* dalam campuran beton aspal dan pengaruhnya terhadap sifat – sifat Marshall. Juga digunakan *fly ash* yang merupakan limbah pembakaran batubara PLTU Bukit Asam Tanjung Enim untuk menggantikan semen sebagai *filler*. Selain pengujian Marshall juga dilakukan pengujian *Cantabro Scattering Loss*.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini, dilakukan analisa hasil campuran dengan penambahan serbuk karet ban luar bekas sebesar 3,5% dan 8,5% sebagai pengganti sebagian *dust* dan 5% *fly ash* sebagai filler, dan *asphalt concrete* penetrasi 60/70 melalui pengujian – pengujian yang sesuai dengan prosedur Bina Marga. Setelah dilakukan pengujian, di akhir percobaan dilakukan lagi pengujian campuran dengan *Marshall Test* dan *Cantabro Scattering Loss Test* untuk mengetahui kekuatan campuran tersebut, dipergunakannya karet yang merupakan salah satu limbah industri sebagai pengganti agregat halus adalah selain untuk pemanfaatan limbah karet itu sendiri juga untuk mengurangi pemakaian agregat alam dalam perkerasan jalan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari pencampuran aspal AC 60/70 dengan penggunaan karet ban luar bekas sebesar 3,5% dan 8,5% sebagai pengganti sebagian *dust* dan 5% *fly ash* sebagai filler melalui pengujian *Marshall* dan *Cantabro Scattering Loss Test*, untuk kemudian dibandingkan antara campuran tanpa penambahan serbuk karet ban luar bekas (campuran normal) dengan campuran yang disertai penambahan serbuk karet dan *fly ash*. Serta apakah campuran tersebut dapat memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk digunakan pada lapisan perkerasan jalan.

1.4 Ruang Lingkup Pembahasan

Merupakan hasil penelitian di laboratorium mengenai pengaruh penambahan karet ban luar bekas pada campuran aspal terhadap kekuatan dan ketahanan campuran *asphalt concrete* (pen 60/70).

Adapun pengujian yang dilakukan yaitu pengujian aspal dan pengujian agregat serta pengujian campuran aspal dengan *Marshall Test* dan *Cantabro Scattering Loss Test*. Hasil dari pengujian campuran tersebut dianalisa dengan cara dibandingkan antara campuran tanpa penambahan serbuk karet ban luar bekas dengan campuran yang disertai penambahan serbuk karet dan *fly ash*. Dan lingkup pengujian tidak meninjau pengaruh suhu dan iklim terhadap keawetan campuran serbuk karet ban luar bekas.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan adalah dimulai dengan studi literatur dan persiapan alat - alat serta material yang akan digunakan dalam penelitian, kemudian dilanjutkan dengan pengujian agregat sebagai bahan dasar campuran, pengujian terhadap agregat antara lain : pengujian analisa saringan, pengujian keausan, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan halus, serta pemeriksaan berat isi, setelah pengujian agregat dilanjutkan dengan pengujian terhadap aspal. Setelah pengujian selanjutnya adalah pembuatan sampel atau benda uji, sampel yang akan dibuat dibagi menjadi 3 jenis yaitu; sampel tanpa penambahan karet, sampel dengan penambahan serbuk karet sebesar 3,5% serta *fly ash* sebagai *filler*, dan sampel dengan penambahan serbuk karet sebesar 8,5% juga dengan *fly ash* sebagai *filler*. Sampel yang sudah jadi selanjutnya diuji melalui pengujian *Marshall* dan *Cantabro Scattering Loss*.

Hasil dari pengujian dari ketiga jenis sampel kemudian dibandingkan satu sama lain dan ditarik kesimpulan apakah karet dengan penambahan karet sebesar 3,5% dan 8,5% serta *fly ash* sebagai *filler* dapat memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk dapat diterapkan di lapangan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab yang secara berurutan dilampirkan, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Membahas latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, dan ruang lingkup pembahasan serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang informasi – informasi yang bersifat umum dari literatur – literatur dan penelitian – penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya tentang pokok permasalahan yang hendak dibahas.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menguraikan perencanaan penelitian dan prosedur-prosedur kegiatan pengujian yg dilakukan di laboratorium.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menguraikan hasil – hasil yang telah didapat setelah penelitian, berupa data – data pengujian hasil *Marshall Test* dan *Cantabro Scattering Loss Test* dari pengujian di laboratorium untuk dilihat apakah sesuai dengan spesifikasi campuran yang telah ditetapkan oleh Bina Marga sebagai bahan perkerasan lentur jalan raya, dan dibandingkan antara campuran tanpa penambahan serbuk karet dan *fly ash* dengan campuran yang telah diberi penambahan serbuk karet ban luar bekas dan *fly ash*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Membahas tentang kesimpulan dari analisa penelitian yang telah dilakukan dan saran – saran yang bermanfaat untuk penyempurnaan penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiawan, (2005), *Kinerja Campuran Aspal Pen. 60/70 Dengan Penggunaan 9,5% Dan 17% Serbuk Karet Ban Luar Bekas Melalui Pengujian Marshall Dan Cantabro Scattering Loss Test*. Skripsi, Universitas Sriwijaya
- Alberola R, Aurelio Ruiz, Bartolome Sanchez, felix Perez. 1990, *Porous Aspahalt Mixtures In Spain*. Transportation Research Board, Washington DC.
- Amrina, 2006, *Karakteristik Campuran Agregat Karet Ban Luar Bekas 7% Dan 9,5% Serta Fly Ash 5% Sebagai Filler Untuk Aspal Penetrasi 60/70 Melalui Pengujian Marshall Dan Cantabro Scattering Loss Test*. Skripsi, Universitas Sriwijaya
- Bakrie Oemar S., Ir., MSc., MIHT., 1992, *Design And Construction of Asphalt Paving Materials With Crumb Rubber Modifier*.
- Bakrie Oemar S., Ir., MSc., MIHT., 1992, *Laboratory Measurement of Asphalt Rubber Concrete Mixtures*.
- Bakrie Oemar S., Ir., MSc., MIHT., 2003, *Bahan Perkerasan Jalan*, Palembang.
- Bakrie Oemar S., Ir., MSc., MIHT., 2003, *Prosedur Pengujian Bahan Perkerasan Jalan*. Laboratorium Transportasi Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1976, *Manual Pemeriksaan Bahan Jalan*. Yayasan Penerbit PU, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, (1977), *Tanah dan Batuan*. Cetakan ke-2. Penerbit Yayasan Penerbit PU, Jakarta.
- Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah, 2000, *Pengantar Perencanaan Campuran Perkerasan Aspal*. Jakarta.
- Fahrizal, 2000, *Penelitian Laboratorium Campuran Aspal Paraffin Base Crude Oils (PBCO) dengan 6% dan 7% Karet Ban Dalam*. Skripsi, Universitas Sriwijaya.
- Saidi Sulaiman, 2000, *Penelitian Laboratorium Campuran Aspal Paraffin Base Crude Oils (PBCO) dengan 4% dan 5% Karet Ban Dalam*. Skripsi, Universitas Sriwijaya
- Silvia Sukirman, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Jakarta.