

PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK ARANG TEMPURUNG KELAPA DAN VARIASI JUMLAH TUMBUKAN TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN BETON ASPAL

Mashuri*

Abstract

Using of charcoal dust of coconut shell in asphalt concrete mixture has been researched with some variations of number of blow to characteristic of asphalt concrete mixture type III.

The aim of this research is to know characteristic of asphalt concrete mixture of type III which using charcoal dust of coconut shell with vary number of blow.

Scenarios of variation of number of blow were twice of 75, twice of 100, twice of 200, and twice of 250 of blows. Scenarios of variation of charcoal dust of coconut shell content were 0%, 2%, 4%, 6% and 8%.

Results of research showed that performance of stability, flow and durability of asphalt concrete mixture type III increase at using 2 % of charcoal dust of coconut shell with twice of 75 of blows. The more number of blows at asphalt concrete mixture of type III, tend to increase MQ value of asphalt concrete mixture for both with or without charcoal dust of coconut shell; which meant asphalt more stiff and tend to brittle, which it finally crash easily. The more number of blows and the higher percentage of charcoal dust of coconut shell in making specimen can decrease characteristic of durability of asphalt concrete.

Keyword: Coconut shell, asphalt concrete, Marshall Stability and durability

1. Pendahuluan

Perkembangan di bidang ekonomi dewasa ini telah berdampak kepada semakin tingginya permintaan akan jasa transportasi jalan raya. Tingginya permintaan akan jasa transportasi jalan raya tidak hanya ditandai dengan meningkatnya volume lalu-lintas kendaraan tetapi juga ditandai dengan peningkatan beban gandar kendaraan dengan tekanan ban yang juga tinggi sehingga struktur lapis perkerasan jalan beraspal dituntut untuk dapat melayani dengan baik perubahan-perubahan kondisi tersebut. Sementara di sisi lain faktor cuaca dan suhu juga sangat mempengaruhi keawetan lapis perkerasan aspal.

Salah satu jenis lapis perkerasan aspal yang bersifat struktural dan umum dipakai di Indonesia yang ditempatkan pada lapis permukaan struktur perkerasan jalan adalah Beton aspal (AC) Tipe III. Lapisan tersebut merupakan bagian lapisan yang paling rentang dengan kerusakan akibat repetisi beban kendaraan dan faktor cuaca. Berdasarkan hal tersebut, dewasa ini telah banyak diteliti tentang bahan aditif (bahan tambah) dari

material lokal yang ramah lingkungan untuk memodifikasi sifat-sifat aspal dalam campuran Beton aspal (AC) sehingga dapat memperbaiki kinerja perkerasan dari sisi Nilai stabilitas, Kelelahan plastis dan Nilai durabilitasnya.

Arang tempurung kelapa mengandung senyawa karbon nonpolar sama seperti senyawa Carbon pada aspal, merupakan material lokal yang mudah ditemukan di Sulawesi Tengah dan di sepanjang pantai barat Sulawesi Barat. Diharapkan penambahan arang tempurung kelapa sebagai bahan tambah akan dapat memperbaiki kinerja campuran beton aspal (AC) berupa nilai stabilitas, nilai kelelahan plastis dan durabilitasnya.

Kini marak diteliti tentang penggunaan bahan tambah (*additive*) pada campuran beton aspal (*asphalt modifier*) dengan tujuan untuk mendapatkan kinerja campuran yang baik dan ekonomis. Namun terkadang untuk jenis bahan tambah tertentu harganya di pasaran sudah mulai mahal dan susah ditemukan di daerah-daerah tertentu sehingga campuran aspal menjadi tidak ekonomis walaupun kinerjanya secara umum mengalami peningkatan.

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

Masalah lain adalah bagaimana suatu bahan lokal seperti arang tempurung kelapa yang persediaannya melimpah di Sulawesi Tengah dan di sepanjang pantai barat Sulawesi Barat dapat dimanfaatkan selain untuk bahan bakar rumah tangga.

Didasari oleh uraian di atas, maka permasalahan yang mendasari tujuan penelitian ini, adalah mengetahui apakah penambahan serbuk arang tempurung kelapa ke dalam campuran beton aspal Tipe III dapat meningkatkan kinerja nilai stabilitas, nilai kelelahan plastis dan nilai durabilitasnya.

Untuk itu akan dilakukan sejumlah pengujian di laboratorium dengan membuat sampel benda uji campuran Beton aspal (AC) tipe III yang mengandung serbuk arang tempurung kelapa dan yang tidak mengandung serbuk arang tempurung kelapa pada beberapa variasi perlakuan yaitu, variasi terhadap suhu pencampuran agregat dengan aspal dan variasi jumlah tumbukan pada pembuatan benda uji. Pemeriksaan dilakukan dengan Pengujian Marshall dan Uji Perendaman Sampel untuk memeriksa dan mengamati nilai stabilitas dan kelelahan plastis serta durabilitasnya pada dua kondisi tersebut.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Agregat dan jenisnya

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan (DPU 1987). Daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Bahan yang paling umum adalah batu pecahan atau terak, batu kerikil yang dipecah atau tidak, dan pasir.

Jenis agregat menurut ukuran butirnya meliputi agregat kasar, agregat halus dan material pengisi atau filler.

2.2 Gradasi konvensional agregat beton aspal

Beton Aspal adalah campuran antar agregat bergradasi menerus (*well graded*) dengan aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan secara panas pada suhu tertentu. Agregat yang digunakan adalah agregat kasar, agregat halus dan butir pengisi (*filler*), sedangkan aspal yang digunakan pada umumnya dari jenis AC 60-70 dan AC 80-100. (Bina Marga, Juklak Laston No.13/PT/B/1983). Dalam menentukan komposisi campuran beton aspal, ketepatan proporsi agregat

akan menghasilkan campuran Beton Aspal yang berkualitas tinggi. Penentuan proporsi ini diawali dengan Percobaan Analisa Saringan di laboratorium dengan menggunakan satu set alat saringan yang didasarkan pada tipegradasi yang dipilih. Tipe gradasi agregat beton aspal bervariasi dari Tipe I sampai dengan Tipe XI yang dapat dilihat pada tabel gradasi konvensional beton aspal dari buku SNI No. 1737.

2.3 Kriteria campuran beton aspal

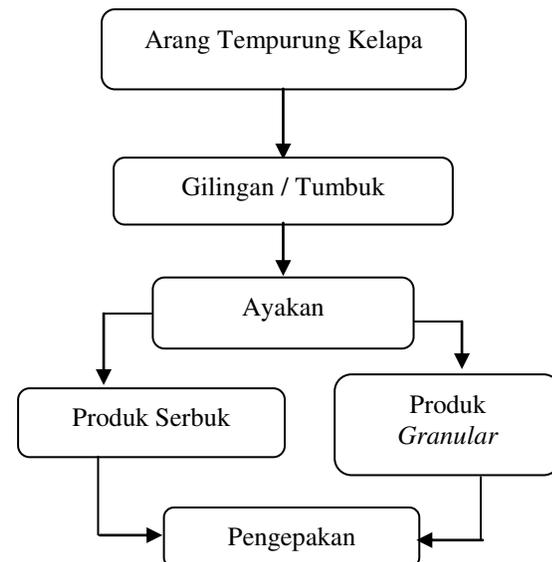
Kriteria campuran beton aspal berdasarkan pada Metode Marshall dapat dilihat pada tabel Kriteria campuran beton aspal dalam Atkins, N. Harold, 1997 *Highway Material, Soils, and Concrete*.

2.4 Kinerja campuran beton aspal

Kinerja campuran beton aspal meliputi Stabilitas dan flow, fleksibilitas, durabilitas, workabilitas, ekonomis.

2.5 Arang tempurung kelapa

Arang yang dipergunakan pada campuran beton aspal harus digiling dan disaring untuk mendapatkan ukuran butir yang diinginkan (Produk serbuk yang lolos saringan No. 200).



Gambar 1. Bagan alir pembuatan arang untuk pemakaian pada campuran beton aspal
Sumber:

www.warinte...larang_aktif.html : 5 Agustus 2005

Pemeriksaan kandungan arang tempurung kelapa yang dilakukan di Laboratorium Nutrisi Ternak Fakultas Pertanian Untad dan hasilnya ditabelkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji komposisi dan Berat Jenis Serbuk Arang tempurung kelapa

Parameter uji	Satuan	Hasil Uji
Kadar air	%	3,83
Kadar Karbon	%	91,38
Kadar abu	%	4,79
Berat Jenis	gr/cm ³	0,5722

Sumber: Mashuri (Jurnal Mektek Edisi Januari, 2006)

2.6 Kajian yang pernah dilakukan sebelumnya
Kajian yang pernah dilakukan sebelumnya tentang penggunaan arang tempurung kelapa sebagai material campuran beraspal antara lain adalah:

- Mashuri (Jurnal Mektek Edisi Januari 2006) dalam penelitiannya mendapatkan bahwa penambahan serbuk arang tempurung kelapa ke dalam aspal telah meningkatkan titik lembek aspal, memperkecil nilai penetrasi aspal dan memperkecil persentase kehilangan berat aspal akibat pemanasan. Ini berarti bahwa penambahan serbuk arang tempurung dalam campuran perkerasan beton aspal kemungkinan

berpotensi meningkatkan stabilitas dan durabilitasnya.

- Berry (1991), mengenai penelitian penggunaan limbah arang tempurung kelapa sebagai *filler* dilakukan pada campuran HRA tipe F untuk tebal lapisan 40 mm. Aspal yang digunakan adalah pen 80/100. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa nilai stabilitas dan kelelahan campuran tersebut cukup baik untuk digunakan sebagai bahan perkerasan untuk lalu lintas tinggi. Akan tetapi campuran yang menggunakan arang tempurung kelapa sebagai *filler* memiliki nilai durabilitas yang sangat rendah jika dibandingkan dengan campuran yang menggunakan semen sebagai filler.
- Martono Hadi (Makalah Simposium FSTPT II, 1999) dalam penelitiannya terhadap ATB menemukan bahwa penambahan bahan tambah belerang sebesar 25% terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) telah meningkatkan stabilitas campuran dari 978,25 kg (tanpa belerang) menjadi 1476,13 kg, sementara kepadatannya meningkat sebesar 1,56%, yaitu dari 2,377 gr/cc menjadi 2,414 gr/cc.

3. Metode Penelitian

3.1 Desain penelitian

Desain penelitian dapat dijelaskan melalui Tabel 2.

Tabel 2. Skenario Desain Penelitian dan Rencana Jumlah Pembuatan Benda Uji

Perlakuan (Skenario)		Gradasi By. Portion	Keterangan	Total
		AC Tipe III		
	Pembuatan Benda Uji Untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)	3 x 5 BU	Kondisi suhu pemadatan dan pencampuran normal dengan 0% ATK (Tanpa arang tempurung kelapa)	15 BU
	Variasi Jumlah Tumbukan		Variasi Tumbukan: 2x 75, 2x100, 2x150, 2x200, 2x250	30X5=150BU
TOTAL				165

3.2 Prosedur pengujian

3.2.1 Material pembuatan benda uji

Pengambilan material disesuaikan dengan material yang dibutuhkan pada penelitian. Adapun material yang dibutuhkan adalah:

- 1) Agregat kasar yang diambil dari Mesin pemecah batu Sungai Taipa, Kec. Palu Utara.
- 2) Agregat halus yang diambil dari Mesin pemecah batu Sungai Taipa, Kec. Palu Utara.
- 3) Filler (material pengisi) juga diambil pada Mesin pemecah batu Sungai Taipa, Kec. Palu Utara.
- 4) Aspal Pen 60/70 sebagai bahan pengikat yang didapatkan dari persediaan Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.
- 5) Arang tempurung kelapa didapatkan dari pasar-pasar tradisional di Kota Palu.

3.2.2 Peralatan penelitian

Peralatan penelitian yang digunakan adalah peralatan penelitian standar pengujian yang biasa digunakan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Untad.

3.2.3 Spesifikasi pemeriksaan material

Spesifikasi pemeriksaan material berdasarkan SNI dan Standard dari British Standard

3.3 Prosedur pengumpulan data.

3.3.1 Pemeriksaan agregat

- Pemeriksaan material agregat meliputi analisa saringan, berat jenis agregat, keausan agregat
- Penentuan komposisi agregat sesuai spesifikasi
- Penentuan porsi berat masing masing jenis agregat dalam campuran aspal beton

3.3.2 Pemeriksaan aspal

- Pemeriksaan berat jenis aspal
- Titik lembek aspal
- Titik nyala dan titik bakar aspal
- Pemeriksaan penetrasi aspal
- Pemeriksaan daktilitas aspal

Semua pemeriksaan tersebut pengacu kepada standar standar SNI dan British Standard

3.4 Pembuatan benda uji beton aspal

Pembuatan benda uji beton aspal disesuaikan dengan skenario penelitian yang telah ditetapkan yaitu benda uji dengan kadar ATK 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% pada setiap variasi jumlah tumbukan dan variasi suhu pencampuran.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil pemeriksaan agregat

Hasil pemeriksaan untuk setiap jenis agregat ditabelkan pada Tabel 3 sampai Tabel 6.

4.2 Hasil pemeriksaan arang tempurung kelapa

Hasil pemeriksaan arang tempurung kelapa ditabelkan pada Tabel 7.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Kualitas Agregat kasar

No.	Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1	Analisa saringan	-	-	-
2	Abrasi	28,60	Maks. 40	%
3	Penyerapan Agregat Terhadap air	0,570	Maks. 3,0	-
	a. Berat Jenis Bulk	2,678	Min. 2,50	-
	b. Berat Jenis SSD	2,690	Min. 2,50	-
	c. Berat Jenis Apparent	2,720	Min. 2,50	-

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Kualitas Agregat halus Sungai Palu

No.	Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1	Analisa saringan	-	-	-
2	Penyerapan Agregat Terhadap air	1,050	Maks. 3,0	%
	a. Berat Jenis Bulk	2,600	Min. 2,50	-
	b. Berat Jenis SSD	2,626	Min. 2,50	-
	c. Berat Jenis Apparent	2,672	Min. 2,50	-

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Kualitas Abu batu (*dust*)

No.	Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1	Analisa saringan	-	-	-
2	Penyerapan Agregat Terhadap air	1,112	Maks. 3,0	%
	a. Berat Jenis Bulk	2,628	Min. 2,50	-
	b. Berat Jenis SSD	2,657	Min. 2,50	-
	c. Berat Jenis Apparent	2,707	Min. 2,50	-

Tabel 6. Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Material	Berat Jenis			Komposisi Terhadap berat total agregat (%)
	Curah (<i>bulk</i>)	Semu (<i>apparent</i>)	Efektif (<i>effective</i>)	
	a	b	$c = (a+b)/2$	
Fraksi 1/2 & 3/8	2,678	2,719	2,698	58
Abu Batu	2,628	2,707	2,668	27
Pasir Sungai	2,599	2,672	2,635	15

Tabel 7. Hasil Uji Komposisi & Berat Jenis Arang Tempurung Kelapa

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji
Kadar air	%	3,83
Kadar karbon	%	91,38
Kadar abu	%	4,79
Berat jenis	gr/cm ³	0,5722

Tabel 8. Hasil Pemeriksaan Kualitas Aspal Penetrasi 60/70

No.	Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1	Penetrasi sebelum kehilangan berat (25 ⁰)	69,5	60 - 79	0,1 mm
2	Kehilangan berat (163 ⁰ C, 5 jam)	0,12	Maks. 0,8	% Berat
3	Penetrasi setelah kehilangan berat (25 ⁰ C)	71,50	Min. 54	% Semula
4	Berat jenis (25 ⁰ C)	1,028	Min. 1,0	-

4.3 Hasil pemeriksaan aspal

Aspal yang digunakan pada campuran Beton Aspal (AC) adalah aspal keras produksi Pertamina dengan penetrasi 60/70 berasal dari

Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Hasil pengujian yang diperoleh memenuhi spesifikasi campuran beraspal panas yang dapat dilihat pada tabel 8.

4.4 Hasil pemeriksaan campuran beton aspal

4.4.1 pemeriksaan komposisi agregat

Hasil gradasi campuran agregat benda uji beton aspal digambarkan pada Gambar 2.

4.4.2 Hasil penentuan Perkiraan Kadar Aspal Optimum (PKAO)

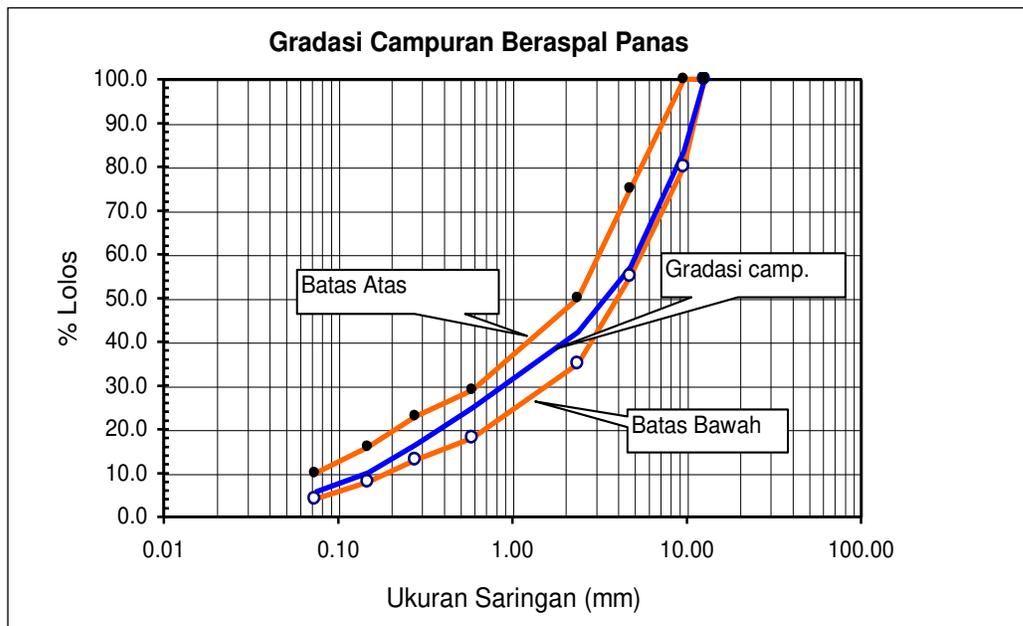
Perkiraan kadar aspal Optimum pada perhitungan empiris sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 CA &= 100 - (\text{Lolos Saringan No.8}) = 100,00 \\
 &\quad - 42,16 = 57,84 \% \\
 FA &= (\text{Lolos Saringan No.8}) - \text{Filler} = 42,16 \\
 &\quad - 5,70 = 36,46 \% \\
 FF &= 5,70 \\
 C &= \text{Konstanta, Diambil } 0,5.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pb/PKAO &= 0,035.(\%CA) + 0,045.(\%FA) \\
 &\quad + 0,18.(\%FF) + C.(\text{konstanta}) \\
 &= 0,035 (57,84) + 0,045 (36,46) + 0,18 \\
 &\quad (5,70) + 0,5 \\
 &= 5,2 \%
 \end{aligned}$$

4.4.3 Hasil pemeriksaan Marhall pada Kadar Aspal Optimum (KAO)

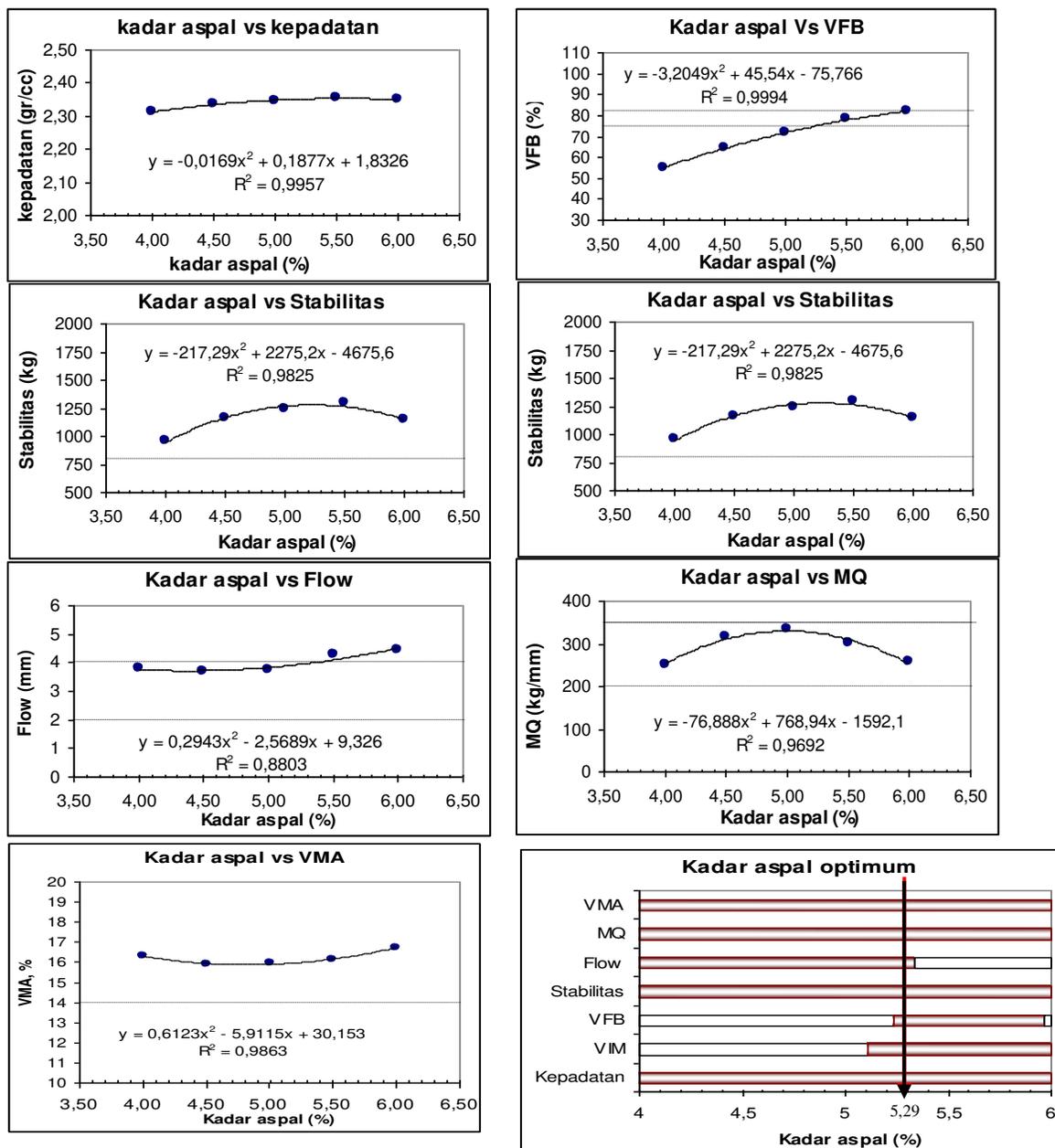
Berdasarkan Perkiraan Kadar Aspal Optimum (PKAO), dibuatlah benda uji beton aspal dengan variasi kadar aspal : 4,0% , 4,5% , 5,0%, 5,5%, 6,0%.. Berdasarkan hasil Uji Marshall terhadap setiap benda uji pada setiap kadar aspal maka diketahui karakteristik campuran beton aspal seperti pada diperlihatkan pada tabel 9 dan Gambar 3.



Gambar 2. Gradasi Campuran Beraspal Panas (AC)

Tabel 9. Hasil Pengujian Marshall

Kadar aspal	(%)	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	Spesifikasi
Kepadatan	(gr/cm ³)	2,313	2,336	2,347	2,355	2,350	min 2,00
VIM	(%)	8,063	6,443	5,297	4,276	3,768	3 - 5 %
VMA	(%)	16,31	15,91	15,96	16,12	16,74	min 14
VFB	(%)	55,169	64,251	71,530	78,145	81,950	75 - 82 %
Stabilitas	(kN)	953,000	1159,500	1250,000	1292,000	1142,500	min 800 kg
Flow	(mm)	3,800	3,680	3,730	4,290	4,430	2 - 4 mm
MQ	(kN/mm)	250,789	315,082	335,121	301,166	257,901	200 - 350 kg/mm



Gambar 3. Grafik KAO Gradasi Trial mix Campuran Benda Uji

Dari gambar 3, diketahui kadar aspal optimum adalah : 5,29 %. Setelah diperoleh kadar aspal optimum (KAO) kemudian dibuat benda uji dengan proporsi agregat, kadar serbuk arang tempurung kelapa dan KAO yang telah ditentukan.

4.5 Analisa Hasil pemeriksaan Marshal Campuran Beton Aspal kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO) pada Variasi Jumlah Tumbukan

4.5.1 Analisa nilai stabilitas campuran

Hasil pemeriksaan Stabilitas Marshall pada kondisi kadar aspal optimum, untuk campuran aspal beton tanpa dan dengan serbuk arang

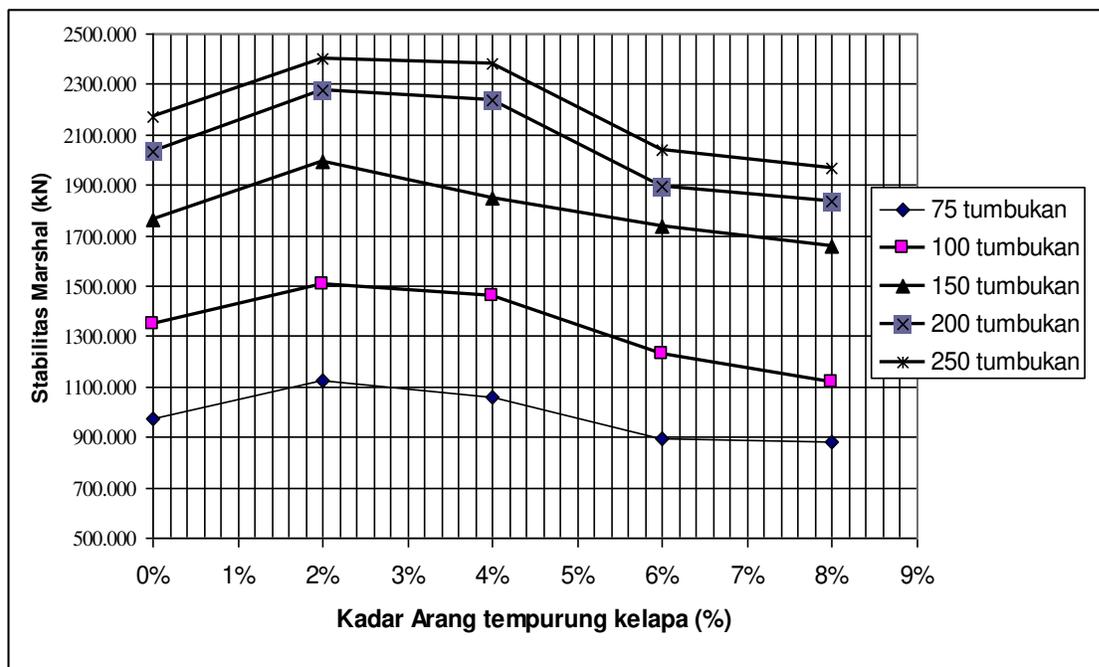
tempurung kelapa pada variasi jumlah tumbukan disajikan pada tabel 10.

Berdasarkan Tabel 10 dan Gambar 4 dapat diketahui bahwa penambahan Serbuk arang tempurung dari 0% sampai dengan 8% masih memenuhi Nilai Minimum Stabilitas Marshal (Min. 800Kg). Namun juga terlihat bahwa semakin banyak kadar arang tempurung kelapa yang

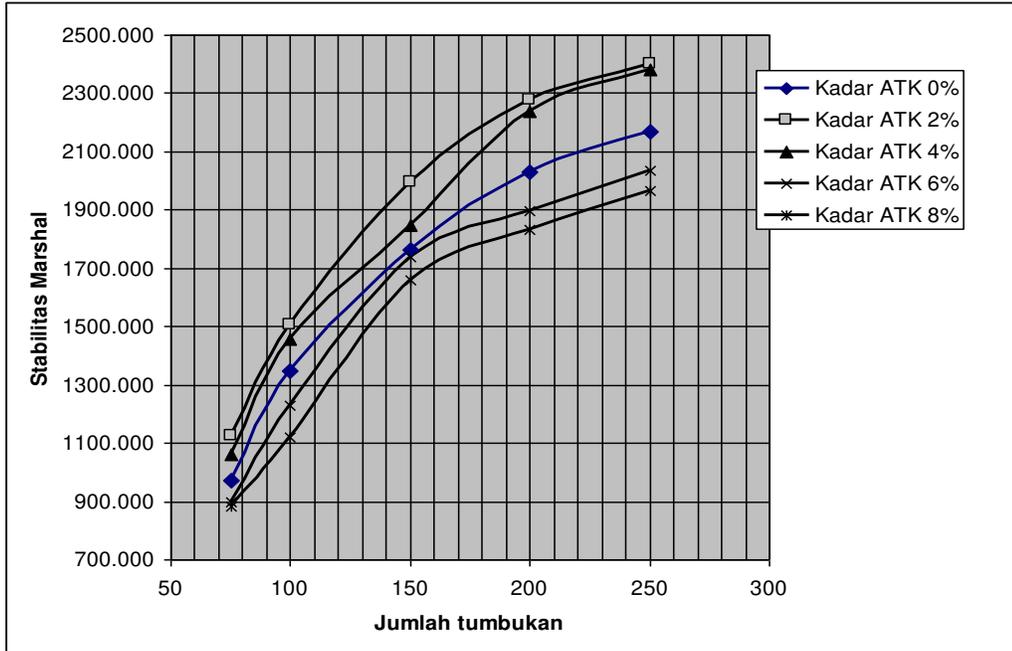
ditambahkan ke dalam campuran aspal akan cenderung menurunkan nilai Stabilitas Marshal Campuran. Sementara di sisi lain, penambahan jumlah tumbukan dari 2x75 sampai dengan 2x 250 tumbukan cenderung menaikkan nilai stabilitas campuran aspal.

Tabel 10. Hasil pemeriksaan stabilitas Marshall untuk variasi jumlah tumbukan

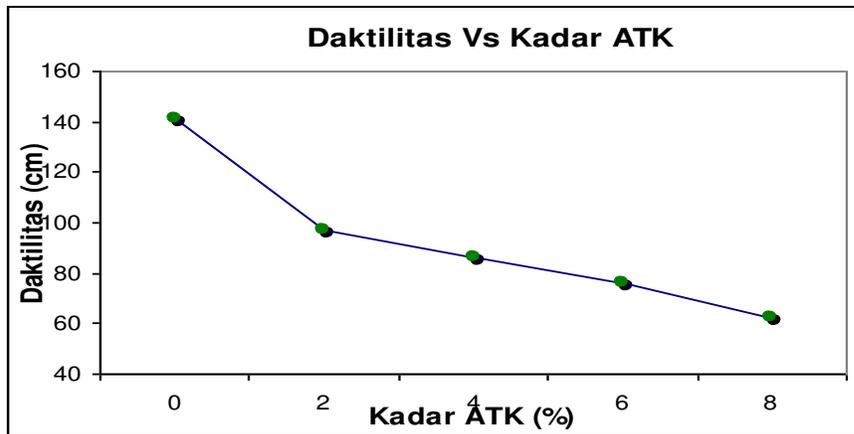
Karakteristik Marshall	Kadar Arang	Variasi Tumbukan (2x)					Spesifikasi	
		75	100	150	200	250		
Stabilitas	(kN)	0%	973.500	1348.500	1765.500	2030.500	2168.000	min 800 kg
		2%	1123.000	1504.500	1996.000	2275.500	2399.000	
		4%	1061.500	1459.000	1846.000	2236.500	2379.500	
		6%	897.000	1229.000	1737.500	1898.000	2036.500	
		8%	882.000	1120.500	1657.500	1834.500	1967.500	



Gambar 4. Grafik kecenderungan Perubahan Nilai Stabilitas Campuran Beton Aspal akibat penambahan serbuk arang tempurung kelapa



Gambar 5. Grafik kecenderungan Perubahan Nilai Stabilitas Campuran Beton Aspal akibat Variasi jumlah tumbukan benda Uji dan %ATK



Gambar 6. Hubungan Kadar ATK dan Daktilitas

Pada Gambar 5, dapat diketahui bahwa Nilai Stabilitas Marshal akan cenderung mengalami peningkatan bila jumlah tumbukan yang dilakukan ke benda uji campuran beton aspal ditambah tetapi bila jumlah tumbukan tersebut semakin banyak akan menyebabkan turunnya Nilai stabilitas Marshal benda uji. Menurunan stabilitas ini disebabkan hancurnya agregat agregat kasar dalam

campuran menjadi butiran butiran yang lebih kecil sehingga daya saling mengunci antar agregat dalam campuran aspal menjadi kecil juga.

Untuk skenario variasi jumlah tumbukan, bila dilihat dari nilai Stabilitas Marshalnya maka persentase kadar serbuk arang tempurung kelapa yang memberikan Nilai stabilitas tertinggi terjadi pada kadar 2% (lihat tabel 10).

4.5.2 Nilai Kelelahan Beton Aspal

Berdasarkan Gambar 7 diketahui bahwa meningkatnya kadar serbuk arang tempurung kelapa di dalam campuran aspal akan menyebabkan nilai flow/kelelahan plastis benda uji beton aspal menjadi menurun. Hal tersebut disebabkan oleh berkurangnya nilai daktilitas aspal akibat bertambahnya unsur karbon di dalam aspal dari yang berasal dari serbuk arang tempurung kelapa. Fenomena ini sejalan dengan hasil penelitian kami sebelumnya seperti terlihat pada Gambar 6.

4.5.3 Nilai Marshall Quotion (MQ) campuran beton aspal variasi jumlah tumbukan

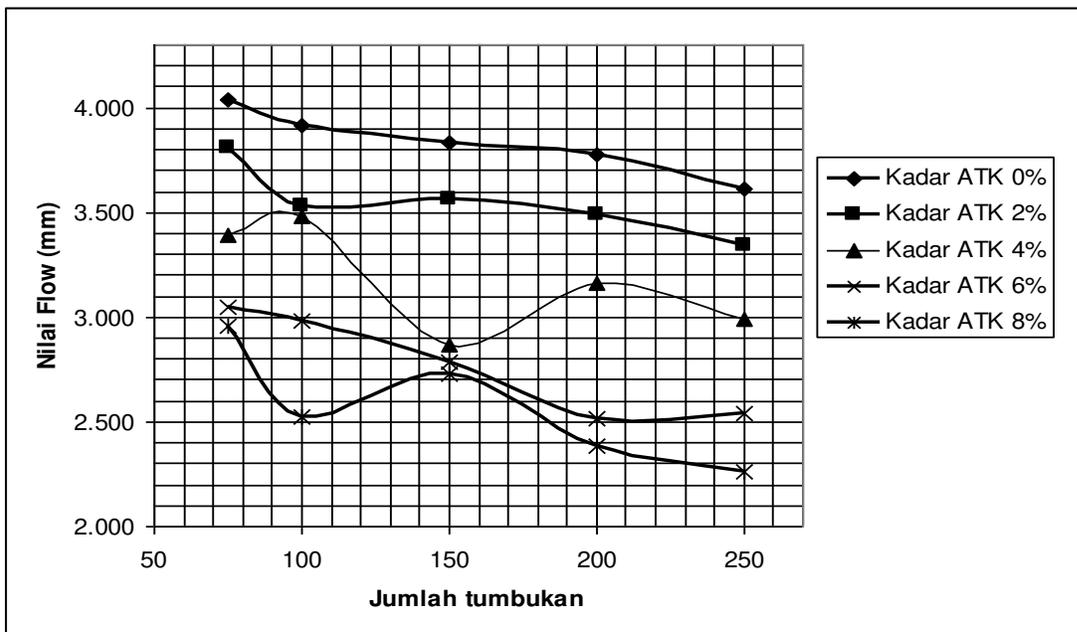
Dilihat dari spesifikasi nilai MQ, %ATK yang bisa digunakan dalam campuran beton aspal adalah 2% - 4% pada jumlah tumbukan sebanyak 2x75 kali. Namun dilihat dari Nilai Stabilitas marshalnya maka kadar ATK 2% memberikan Nilai Stabilitas tertinggi (Gambar 5).

4.5.4 Nilai Stabilitas Sisa campuran pada variasi nilai tumbukan

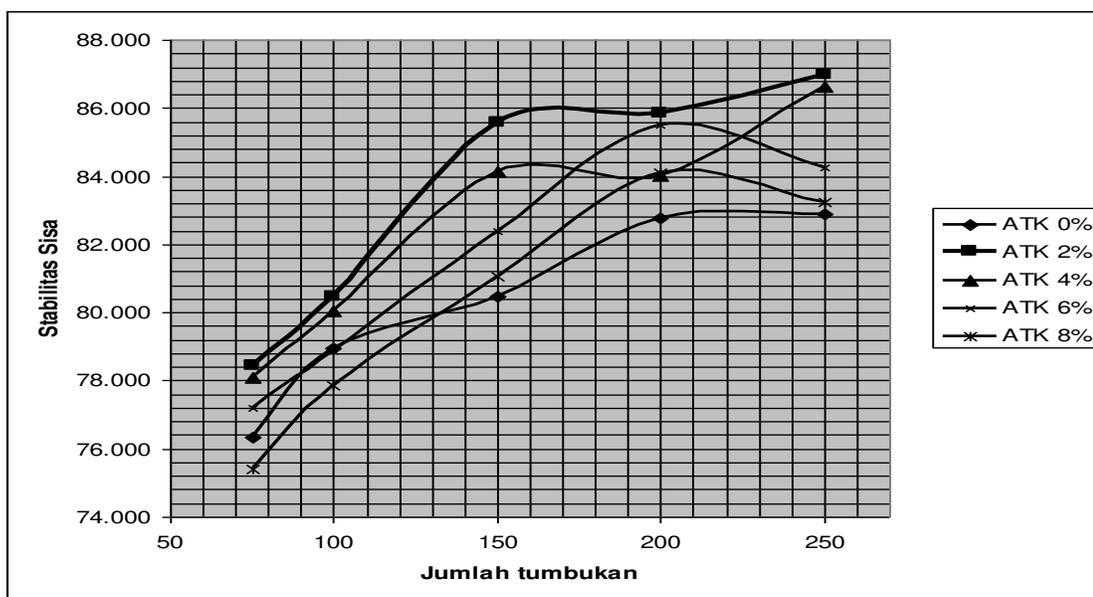
Dari hasil percobaan seperti diperlihatkan pada Gambar 8, diketahui bahwa kecenderungan yang paling bagus terdapat pada kadar serbuk arang

tempurung kelapa sebesar 2%. Pada Gambar 8 juga memberikan informasi bahwa :

- Penambahan serbuk arang tempurung kelapa yang berlebihan akan menyebabkan Nilai Stabilitas sisa menjadi semakin kecil. Hal ini disebabkan sifat serbuk arang tempurung kelapa sebagai bahan organik yang rentang dengan pengaruh air.
- Semakin banyak tumbukan yang diaplikasikan ke benda uji juga mempunyai kecenderungan Nilai stabilitas sisa menjadi semakin turun. Ini disebabkan karena aplikasi tumbukan yang berlebihan menyebabkan agregat agregat kasar di dalam campuran mengalami proses degradasi (berubah menjadi butiran butiran yang lebih halus) sehingga permukaan agregat yang diselimuti aspal menjadi lebih luas sehingga film aspal menjadi tipis yang menyebabkan ikatan antar agregat dengan aspal menjadi kecil dan pada akhirnya air mudah masuk ke dalam permukaan agregat.



Gambar 7. Grafik kecenderungan perubahan nilai flow akibat jumlah tumbukan dan % ATK



Gambar 8. Grafik kecenderungan nilai Stabilitas sisa akibat jumlah tumbukan dan %ATK

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa ditarik dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Pemakaian serbuk arang tempurung kelapa pada campuran beton aspal dapat meningkatkan kinerja stabilitas, kelelahan plastis dan durabilitas beton aspal pada kondisi kadar serbuk arang tempurung kelapa sebesar 2% pada skenario jumlah tumbukan 2 x 75 kali.
- 2) Peningkatan jumlah tumbukan dapat meningkatkan nilai MQ campuran beton aspal baik tanpa serbuk arang tempurung kelapa maupun dengan serbuk arang tempurung kelapa yang berarti aspal semakin kaku dan cenderung getas dan akhirnya mudah hancur.
- 3) Peningkatan jumlah tumbukan tertentu pada pembuatan benda uji beton aspal dan penambahan serbuk arang tempurung kelapa di atas 2% dapat mengurangi besarnya nilai stabilitas sisa (durabilitas campuran beton aspal menjadi rendah).

5.2 Saran

Untuk menggunakan serbuk arang tempurung kelapa sebagai bahan aditif pada campuran beton aspal perlu ketelitian yang baik

dikarenakan sedikit saja berlebih kadar arang tempurung kelapa dalam campuran beton aspal (> 2% ATK) akan menyebabkan kinerja campuran menjadi jelek.

6. Daftar Pustaka

- Anonymous, (1983), *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton, Juklak Laston No. 13/PT/B/ 1983*, Departemen Pekerjaan Umum, Bina Marga, Indonesia
- Anonymous, (1987), SNI No. 1737 – 1989-F. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonymous, (1996), *Manual Penelitian Bahan Jalan No. 01/ MN/ BM/1976*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Arifin, Syamsul, (2004), *Kinerja Stabilitas AC Yang Diperkuat BP-a® Pada Kondisi KAMax, KAO, dan KAMin, Menggunakan Variasi Metode Pencampuran*, Usulan Proposal Program Penelitian Dasar di Perguruan Tinggi

- Tahun Anggaran 2005, Universitas Tadulako, Palu
- Atkins, N., Harold, (1997), *Highway Material, Soils, and Concrete*, Third Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio.
- Berry, C., UPT dan Gunawan, D., (1999), *Filler Arang Tempurung Kelapa (ATK) dalam Campuran "Hot Rolled Sheet"* Makalah Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil ITB
- British Standard Institution, BS 812 Part 1, Part 2, Part 3, dan Part 4 (1985) *Method for Sampling dan Testing of Material Aggregates, Sands, dan Filler*.
- Mashuri (2006), Sifat-sifat Mekanis Aspal yang Ditambahkan Serbuk Arang Tempurung Kelapa, *Jurnal Media Komunikasi Teknologi* Edisi Januari 2006, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu
- Rifki Maimun A., Arifin M.Zainul , Djafar Ludfi, (2004), *Kajian Laboratorium Pemanfaatan Agregat Slag Baja Sebagai Komponen Campuran Aspal Beton Dengan Variasi Filler*, Makalah disampaikan pada Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi (FSTPT – VII) 4 September 2004, Universitas Katolik Parahiyangan, Bandung
- Sebayang Nusa, Nainggolan Togi H., (2004), *Kajian Laboratorium Pemanfaatan Pasir Vulkanik Untuk Rancangan Campuran Beton Aspal*, Makalah disampaikan pada Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi (FSTPT – VII) 4 September 2004, Universitas Katolik Parahiyangan, Bandung
- Forum Transportasi Antar Perguruan Tinggi II, (1999), *Menuju Sistem Transportasi Yang Efisien dan Akrab Lingkungan*, Kumpulan Makalah FSTPT II, Graha 10 Nopember ITS, Surabaya
- Warintek 9000, (2005), *Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa*, PDII – LIPI, [www_warinte...arang_aktif.htm](http://www.warinte...arang_aktif.htm) , 5 Agustus 2005.