Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Desember 2017 (ISSN : 0216-7492)

STUDI PENGARUH CAMPURAN 4 %, 4,5 %, DAN 5 % POLYPROPYLENE PADA ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP KEKUATAN TEKAN *(COMPRESSIVE STRENGHT)* DAN UJI PENYERAPAN AIR

Arlan B. Nasution[1], Alfian Hamsi[2], Mahadi[3], Andianto Pintoro[4], A. Husein Siregar[5]
[1.2,3,4,5]Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
E-mail: arlan_nasution@yahoo.com

ABSTRAK

Polypropylene digunakan sebagai bahan campuran aspal dalam penelitian ini karena polypropylene mempunyai titik leleh yang cukup tinggi (160 – 166 ^{o}C), Polypropylene mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (chemical resistance) yang tinggi, polypropylene mempunyai kekuatan benturan (impact strength) yang tinggi dan ketahanan yang tinggi terhadap pelarut organik. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh dan menganalisis kekuatan tekan dan uji penyerapan air pada aspal modifikasi dengan pencampuran 4%, 4,5% dan 5% polypropylene. Hasilnya, diperoleh kekuatan tekan briket untuk aspal murni adalah sebesar 1,427 MPa, aspal campur 4% polypropylene sebesar 1,934 MPa, aspal campur 4,5% polypropylene sebesar 2,013 MPa dan aspal campur 5% polypropylene sabesar 2,236 Mpa.Dari hasil pembahasan disimpulkan bahwa penambahan polypropylene (kadar campuran polypropylene 4 % sampai dengan 5 %) mengakibatkan persentase penyerapan air menjadi lebih kecil dan kekuatan tekan aspal meningkat, sehingga penambahan bahan polypropylene ke dalam campuran aspal tersebut tentunya baik untuk meningkatkan sifat fisik dari campuran aspal

Kata kunci : Polypropylene, aspal penetrasi 60/70, uji kekuatan tekan dan daya serap air.

ABSTRACT

Polypropylene is used as a mixture of asphalt in this study because polypropylene has a fairly high melting point (160-166 ° C), Polypropylene has a high resistance to chemicals (chemical resistance). Polypropylene has a high impact strength (impact strength) and high resistance to organic solvents. The purpose of this study is to obtain and analyze the compressive strength and water absorption test on asphalt modified by mixing 4%, 4.5% and 5% polypropylene. As a result, the compressive strength of the briquettes obtained for pure bitumen is equal to 1,427 MPa, 4% polypropylene asphalt mix at 1.934 MPa, 4.5% polypropylene asphalt mix at 2.013 MPa and 5% polypropylene mix asphalt at 2.236 Mpa. From the result of the research concluded that the addition of polypropylene (a mixture of polypropylene levels 4% to 5%), the percentage of water absorption becomes smaller and asphalt compressive strength increased, so that the addition of polypropylene material into the asphalt mixture improving the physical properties of the asphalt mix.

Keywords : Polypropylene, penetration bitumen 60/70, test the compressive strength and water absorption.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang terdiri dari banyak daerah-daerah dan wilayah yang dihubungkan dengan jalan-jalan aspal yang membentang panjang dari satu wilayah ke wilayah lainnya. Banyak jalan-jalan di Indonesia yang rusak dan retak, disebabkan oleh deformasi (perubahan bentuk) permanen disebabkan adanya tekanan terlalu berat oleh muatan kendaraan yang berlebihan dan tingginya frekuensi lalu lintas kendaraan di jalan raya. Keretakan-keretakan maupun kerusakan pada jalan juga disebabkan karena aspal yang tergenang air pada saat musim hujan. Oleh karena itu

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Desember 2017 (ISSN : 0216-7492)

perlu dibuat dan diusahakan aspal yang lebih baik untuk menghindari atau setidaknya meminimalisir terjadinya keretakan dan kerusakan pada aspal jalan yang ada di Indonesia. [1]

2. TINJAUAN PUSTAKA

Polypropylene merupakan bagian dari plastik *thermoplast* yang mempunyai densitas (berat jenis). Polypropylene mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (*chemical resistance*) yang tinggi, polypropylene mempunyai kekuatan benturan (*impact strength*) yang tinggi dan ketahanan yang tinggi terhadap pelarut organik seperti air, polypropylene sangat tahan terhadap air karena sedikit sekali menyerap air. Selain itu polypropylene juga tahan terhadap keretakan karena tekanan (*stress cracking*), dan memiliki sifat adhesi yang baik.[2]

Polimer adalah suatu rantai berulang dari atom yang panjang, terbentuk dari pengikat yang berupa molekul identik yang disebut monomer. Sekalipun biasanya merupakan organik (memiliki rantai karbon), ada juga banyak polimer inorganik. Contoh terkenal dari polimer adalah plastik dan DNA.[3]

Aspal penetrasi 60/70 adalah bagian dari aspal keras yang memiliki densitas (berat jenis) sebesar 1,0 gr/cm^3. Aspal penetrasi 60/70 memiliki titik lembek 48-58 ^{o}C, titik leleh 160 ^{o}C dan titik nyala 200 ^{o}C . Pada aplikasinya aspal penetrasi 60/70 ini digunakan untuk pembuatan jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi dan daerah dengan cuaca iklim panas.[4]

Aspal ialah bahan hidro karbon yang bersifat melekat (*adhesive*), berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, dan viskoelastis. Aspal sering juga disebut bitumen merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan lapis perkerasan lentur. Aspal berasal dari aspal alam (aspal buton) atau aspal minyak (aspal yang berasal dari minyak bumi). Berdasarkan konsistensinya aspal dapat diklasifikasikan menjadi aspal padat, dan aspal cair.

Butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen disebut agregat.

Konsep dasar dari metode Marshall dalam campuran aspal dikembangkan Oleh Bruce Marshall seorang insinyur bahan aspal, bersama-sama dengan *The Mississippi State Highway Department*. Kemudian *The U.S. Army Corp of Engineers*, melanjutkan penelitian dengan intensif dan mempelajari hal-hal yang ada kaitannya, selanjutnya meningkatkan dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian Marshall dan pada akhirnya mengembangkan kriteria rancangan campuran pengujiannya, kemudian distandarisasikan di dalam *American Society for Testing and Material* 1989 (ASTM d-1559). Indonesia kemudian mengadopsi standard ini ke dalam SNI 06-2489-1991.

Untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan, harus dilakukan suatu pengujian terhadap bahan tersebut. Ada empat jenis uji coba yang biasa dilakukan, yaitu uji tarik (*Tensile Test*), uji tekan (*Compression Test*), uji torsi (*Torsion Test*), dan uji geser (*Shear Test*). Tapi dalam penelitian ini hanya akan dibahas mengenai uji tekan.

3. METODE PENELITIAN

Proses pengujian aspal dengan bahan campuran 4%,4,5% dan 5% polypropylene.dengan menggunakan proses pengujian kekuatan tekan dan uji penyerapan air.Penelitian ini dilakukan di laboratorium PT. ADHI KARYA (persero) Tbk DIVISI AMP yang beralamat di Basecamp Patumbak Pasar V Medan, Sumatera Utara.

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Desember 2017 (ISSN : 0216-7492)

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Timbangan, Cetakan Specimen, Landasan Pemadat, Alat Pemadat Manual, alat Pengeluaran Spesimen/*Ejector*, Water Bath, alat Uji Marshall.

Alat-alat pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut *Sketmatch*/jangkasorong, *Metall thermometer*, Saringan/ayakan, Kompor gas, Oven, Wajan, Sendok pengaduk dan spatula, Sarung tangan (kulit dan karet), Sekrap, Kantong plastik berkapasitas 2 kg, Ember, Spidol permanen warna putih.

Sebelum pembuatan specimen maka perlu dilakukan persiapan bahan baku terlebih dahulu antara lain:

1. Agregat disaring dengan mesin penyaring dengan ketentuan sebagai berikut:
   Kerikil besar yang lolos saringan 1" dan tertahan pada saringan ¾". Kerikil sedang yang lolos saringan ¾" dan tertahan pada saringan ½". Abu batu yang lolos saringan No. 8 dan tertahan pada saringan No. 16. Pasir yang lolos saringan No. 16 dan tertahan pada saringan No. 30. Semen yang lolos saringan No. 200.
2. Agregat yang terdiri dari agregat kasar (kerikil besar dan kerikil medium/sedang), agregat halus (abu batu dan pasir), dan *filler* (semen) dikeringkan di dalam oven pada suhu 105 ^{o}C-110 ^{o}C selama 24 jam.
3. Agregat yang telah disaring dimasukkan ke dalam kantong plastik berkapasitas 2 kg dengan berat masing-masing agregat, Kerikil besar 125 gr,Kerikil medium 294 gr,Abu batu 520 gr,Pasir 170 gr,Semen 23 gr.
4. Aspal penetrasi 60/70 ditimbang dengan neraca analitik seberat 68 gr.
5. Serbuk polypropylene ditimbang dengan neraca analitik. Untuk campuran 4 % seberat 2.72 gram,Untuk campuran 4,5 % seberat 3.06 gram,Untuk campuran 5 % seberat 3.4 gram.

Setelah persiapan bahan baku selesai maka specimen dapat dibuat dengan tahapan-tahapan berikut:

1. Agregat dipanaskan dalam wajan sampai mencapai suhu 150 ^{o}C.
2. Aspal dan polypropylene dicampurkan kemudian dipanaskan pada suhu 165 ^{o}C sampai mencair.
3. Aspal dan polimer yang telah mencair dituangkan ke dalam wajan berisi agregat yang telah panas dan mencapai suhu 150 ^{o}C kemudian diaduk secara cepat sampai agregat tercampur dan terselimuti aspal secara merata.
4. Cetakan diletakkan pada landasan pemadat kemudian dikunci agar tidak bergerak dan bergeser.
5. Kertas saring yang telah digunting sesuai ukuran cetakan diletakkan di dasar cetakan.
6. Campuran aspal yang telah tercampur rata dimasukkan ke dalam cetakan dan ditusuk-tusuk dengan sepatula sebanyak 15 kali di sekeliling pinggirnya dan 10 kali di bagian tengah kemudian diletakkan kembali kertas saring di bagian atas campuran.
7. Dilakukan pemadatan dengan alat pemadat sebanyak 75 kali tumbukan.
8. Cetakan dilepaskan dari landasan pemadat. Pelat alas dan leher sambung dilepaskan dari cetakan kemudian dibalik dan cetakan dipasang kembali pada landasan pemadat.
9. Dilakukan pemadatan kembali pada permukaan specimen yang telah dibalik sebanyak 75 kali.
10. Cetakan dilepaskan dari landasan pemadat kemudian kertas saring dilepas dan cetakan berikut specimen dipasang pada alat pengeluaran specimen.
11. Specimen dikeluarkan secara hati-hati dari dalam cetakan dan diletakkan pada permukaan rata dan dibiarkan selama 24 jam

Cara pengambilan data pada penelitian ini yaitu dengan melakukan pengujian terlebih dahulu. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis bahan.

Prosedur pengujian kekuatan tekan dengan alat Marshall adalah sebagai berikut:

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Desember 2017 (ISSN : 0216-7492)

1. Briket direndam dalam *water bath* selama 30 menit dengan suhu tetap 60 ^{o}C.
2. Briket yang telah direndam selama 30 menit dikeluarkan kemudian dipasang pada bagian bawah kepala penekan.
3. Bagian Atas kepala penekan dipasang di atas briket, dan diletakkan seluruhnya dalam mesin penguji.
4. Arloji pengukur *flow* dipasang pada salah satu batang penunutun, dan diatur kedudukan jarum penunjuk pada angka 0.
5. Kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
6. Jarum arloji tekan diatur pada kedudukan angka 0.
7. Pembebanan diberikan pada benda uji sampai kegagalan benda uji terjadi (pembebanan maksimum tercapai), atau jarum penunjuk pada *dial* tekan berhenti dan mulai kembali berputar menurun.
8. Catat pembebanan maksimum dan nilai *flow* yang dicapai pada saat pembebanan

Untuk mengetahui besarnya penyerapan air oleh aspal polimer yang telah dibuat mengacu pada SNI 03-1969-1990 dengan dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Ditimbang berat sampel dan dicatat sebagai massa kering
2. Kemudian benda uji direndam di dalam bak perendaman selama 1 x 24 jam, kemudian diangkat dan permukaannya dilap dengan kain halus dan ditimbang disebut dengan massa jenuh.
3. Dihitung nilai uji daya serap air.

Untuk mengetahui besarnya penyerapan air oleh aspal polimer, dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$W_A = \frac{(M_j M_k)}{M_k} \times 100\ \%$$

Dimana :

W_A = persentase penyerapan air (%)

Mk = massa sampel kering (g)

Mj = massa jenuh air (g)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan ditampilkan data hasil pengujian daya serap air dan uji tekan, kemudian data hasil pengujian dianalisa untuk mendapatkan sifat mekanik dan kegagalan yang terjadi dari spesimen uji.

Specimen yang dihasilkan berbentuk silinder dengan diameter 100 mm dibentuk sesuai SNI 06-2489-1991 dan SNI 03-1969-1990.

Hasil Pengujian terdapat 12 (dua belas) spe cimen yang telah diuji kekuatan tekan dan 12 (dua belas) specimen yang diuji Daya serap air (perendaman selama 24 jam), yang terdiri dari variasi komposisi campuran polypropylene yakni pada campuran 0% (aspal murni), 4 %, 4,5 % dan 5 %. Data lengkap hasil uji tekan dan uji ketahanan rendaman air dapat dilihat pada tabel 4.1. dan tabel 4.2. berikut ini.

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Desember 2017 (ISSN : 0216-7492)

Tabel 4.1 Data hasil uji daya serap air spesimen SNI 03-1969-1990

Kadar Polipropilen	Spesimen	M_k (gr)	M_j (gr)
0% (Aspal murni)	A1	1150,4	1156,4
	A2	1151,3	1157,1
	A3	1157,6	1163,6
4 %	D1	1180,3	1183,1
	D2	1180,4	1183,2
	D3	1179,8	1182,5
4,5 %	E1	1183,2	1185,6
	E2	1183,1	1185,5
	E3	1185,4	1187,9
5 %	F1	1189,1	1191,2
	F2	1189,5	1191,5
	F 3	1189,2	1191,2

Tabel 4.2. Data hasil uji tekan SNI 06-2489-1991

Kadar polypropylene	Spesimen	Diameter (D) (mm)	Panjang (l) (mm)	Gaya max. (kg.f)	*Flow* (mm)
0% (Aspal murni)	A1	100	65,07	1485	3,36
	A2	100	65,09	1485	3,38
	A3	100	65,04	1490,225	3,40
4%	D1	100	65,20	2017,95	4,24
	D2	100	65,10	2018,5	4,25
	D3	100	65,14	2016,3	4,24
4,5%	E1	100	65,19	2101	4,40
	E2	100	65,10	2101	4,40
	E3	100	65,18	2097,7	4,40
	F1	100	65,20	2329,25	4,56

Pembahasan Pengujian Daya Serap Air

Dari tabel 4.1 dapat dicari Persentase Daya Serap Air dengan memasukkan data ke persamaan 2.6.

Diketahui :

M_J = 1156,4 gr

M_K = 1150,4 gr

$$W_A = \frac{(M_j - M_k)}{M_k} \times 100\ \%$$

$$W_A = \frac{(1156,4 - 1150,4)}{1150,4}\ x\ 100\ \% = 0{,}521\ \%$$

Perhitungan uji daya serap yang telah dilakukan, dapat dilihat pada lampiran A. Hasil perhitungan % Daya serap air dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

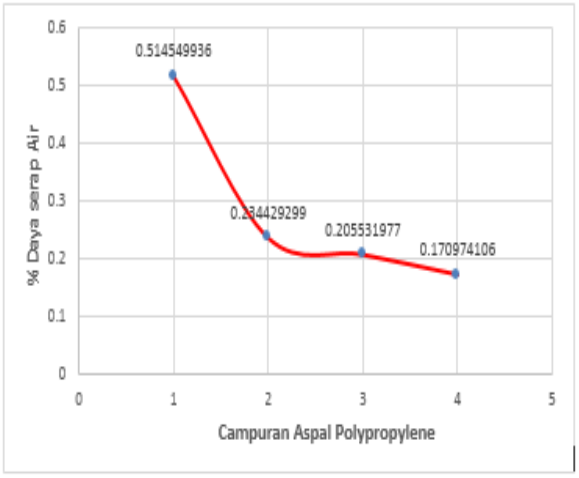
Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Desember 2017 (ISSN : 0216-7492)

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan % Daya Serap Air

Kadar Polipropilen	Spesimen	Selisih	Daya Serap Air (%)
0% (Aspal murni)	A1	6,0	0,521
	A2	5,8	0,503
	A3	6,0	0,518
4 %	D1	2,8	0,237
	D2	2,8	0,237
	D3	2,7	0,228
4,5 %	E1	2,4	0,202
	E2	2,4	0,202
	E3	2,5	0,210
5 %	F1	2,1	0,176
	F2	2,0	0,168
	F3	2,0	0,168

Dari tabel 4.3 diperoleh nilai rata-rata dari keempat variasi campuran yaitu :

1. Kadar Campuran 0 % polipropilen
   Daya serap air rata-rata = 0,514 %
2. Kadar Campuran 4 % polipropilen
   Daya serap air rata-rata = 0,234 %
3. Kadar Campuran 4,5 % polipropilen
   Daya serap air rata-rata = 0,205%
4. Kadar Campuran 5 % polipropilen
   Daya serap air rata-rata = 0,17%



Gambar 4.3 grafik rata – rata hubungan antara % daya serap Air dengan campuran aspal Polypropylene

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Desember 2017 (ISSN : 0216-7492)

Dari gambar 4.3 dapat dilihat hubungan antara persentase penyerapan air dengan Campuran aspal polypropylene. Dimana terlihat grafik menunjukkan persentase penyerapan air paling minimum pada campuran aspal dan polipropilen 5% sebesar 0,17% dan paling maksimum tanpa penambahan polypropylene sebesar 0,514%.

Pembahasan Pengujian Kuat Tekan berdasarkan tabel 4.1. maka kekuatan tekan specimen (perendaman selama 30 menit) dapat dicari berdasarkan perhitungan berikut:

Kekuatan tekan specimen untuk aspal murni No. 1 adalah sebagai berikut:

1 kg.f = 9,807 N

Diketahui:

D (diameter) = 100 mm

L (Panjang) = 65 ,07 mm

F(gaya maksimum)= 1485 kg.f = 14563,395 N

$$\sigma = \frac{2F}{\pi LD} = \frac{2 \; x \; 14563{,}395 \; N}{3{,}14 \; x \; 65{,}07 \; mm \; x \; 100 \; mm} = 1{,}425 \text{ Mpa}$$

Hasil perhitungan uji tekan seluruhnya dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini:

Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan Uji Tekan

Kadar Polipropilen	Spesimen	Gaya max. (F) (N)	Kekuatan tekan (σ) (Mpa)
0% (Aspal murni)	A1	14563,395	1,425
	A2	14563,395	1,425
	A3	14614,636	1,431
4 %	D1	19790,035	1,935
	D2	19795,429	1,935
	D3	19773,854	1,932
4,5 %	E1	20604,507	2,013
	E2	20604,507	2,015
	E3	20572,144	2,010
5 %	F1	22842,955	2,231
	F2	22896,893	2,240
	F3	22869,924	2,236

Dari data tabel 4.4 diperoleh nilai rata-rata dari keempat variasi campuran yaitu :

1. Kadar Campuran 0 % polipropilen
   Fmax. Rata-rata = 14580,473 N
   σ rata-rata = 1,427 MPa
2. Kadar Campuran 4 % polipropilen
   Fmax. Rata-rata = 19786,439N
   σ rata-rata = 1,934 MPa
3. Kadar Campuran 4,5 % polipropilen
   Fmax. Rata-rata = 20593,719 N

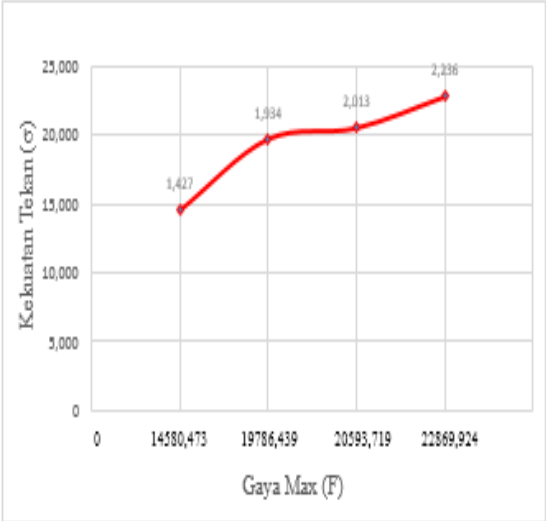
Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Desember 2017 (ISSN : 0216-7492)

σ rata-rata = 2,013 MPa

4. Kadar Campuran 5 % polipropilen
   Fmax. Rata-rata = 22869,924 N
   σ rata-rata = 2,236 Mpa

Tabel 4.5. $F_{rata-rata}$ dan $\sigma_{rata-rata}$ uji tekan SNI 06-2489-19911

Kadar polypropylene	Gaya max. rata-rata (N)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
0%	14580,473	1,427
4%	19786,439	1,934
4,5%	20593,719	2,013
5%	22869,924	2,236



Gambar 4.8 Grafik hubungan antara nilai F dan kuat tekat (σ) dengan campuran polypropylene

Pada gambar 4.8 terlihat bahwa dengan meningkatnya banyak polipropilen pada campuran, gaya yang dihasilkan semakin meningkat pada komposisi aspal dengan polipropilen 5% dengan Fmax 22869,924 N sehingga kekerasannya baik dijadikan aspal polimer. Dengan persentase konsentrasi sampel tersebut didapatkan kombinasi optimum bahan pada aspal polimer.

Dari gambar 4.4 tersebut juga, dapat dilihat nilai kuat tekan yang terbaik adalah Campuran aspal dengan polipropilena 5 % yaitu sebesar 2,236 MPa. Dan nilai kuat tekan terendah yaitu Campuran Aspal dengan polipropilena 0% (aspal murni tanpa menggunakan polypropylene) dengan kuat tekan 1,427 Mpa. Dalam hal ini jelas bahwa penambahan polistirena mempengaruhi kekuatan pada campuran aspal.

Edisi Cetak Jurnal Dinamis, Desember 2017 (ISSN : 0216-7492)

5.KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat di ambil kesimpulan bahwa :

1. Pemanfaatan polypropylene dalam campuran aspal penetrasi 60/70 mampu meningkatkan sifat mekanik, dengan menggunakan uji tekan SNI 06-2489-1991 diperoleh hasil yang paling baik yakni :
   a.untuk aspal murni sebesar 1,427 Mpa,
   b.aspal dengan campuran 4% polypropylene sebesar 1,934 Mpa,
   c.aspal dengan campuran 4,5% polypropylene sebesar 2,013 Mpa
   d.aspal dengan campuran 5% polypropylene sebesar 2,236 Mpa.
2. Dari hasil pengujian daya serap air SNI 03-1969-1990 diperoleh nilai yakni : a.aspal murni sebesar 0,514%.
   b.aspal campuran 4% polypropylene sebesar 0,234 %.
   c.aspal campuran 4,5% polypropylene sebesar 0,204 %.
   d.aspal campuran 5% polypropylene sebesar 0,17 %
3. Untuk penyerapan air penambahan polypropylene mengakibatkan persentase penyerapan air menjadi lebih kecil,sehingga penambahan bahan polypropylene ke dalam campuran aspal tersebut tentunya baik untuk meningkatkan sifat fisik dari campuran aspal.Penambahan polypropylene mempengaruhi kekuatan tekan pada campuran aspal. Hal ini disebabkan karena polypropylene yang memiliki sifat-sifat mekanis yang keras, kaku dan mempunyai kekuatan permukaan relatif lebih keras dibandingkan dengan jenis termoplastik lain.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Brown, E. R., Rowlett, R. D., & Boucher, J. L. 1990. *Highway Research: Shearing the Benefit.* Proceeding of the United States Strategic Highway research Program Conference: London

[2] Anam, Irsyadul. 2011. *Pemanfaatan Polipropilena Daur Ulang Sebagai Bahan Aditif Dalam Pembuatan Aspal Polimer Menggunakan Proses Ekstruksi.* Universitas Sumatera Utara: Medan

[3] Anonim. 2011. http://www..Wikipedia.com/polimer.html. Diakses tanggal 14 November 2011

[4] Darunifah, Nurhayati. 2007. *Pengaruh Bahan Tambahan Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC).* Tesis Program Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro: