



PENGARUH PENAMBAHAN CANGKANG KERANG TERHADAP PEMBUATAN ASPAL GEOPORI

Muhammad Geraeldy Rasyid¹, Rizky Pajar Rhamadon²

¹*P.T.Truba Jaga Cita*

²*Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Musi Banyuasin*

**email@korespondensi : alamhejoyo@gmail.com*

Naskah diterima : 9 Agustus 2024 Disetujui: 15 Agustus 2024. Diterbitkan : 30 September 2024

ABSTRACT

Pavement planning, especially flexible pavement, generally has impermeable properties, which can cause a lack of land for water absorption. Geoporous asphalt is geopolymer asphalt that has pores / cavities, where the use of geoporous asphalt can be an environmentally friendly alternative because the manufacture of geoporous asphalt utilizes waste, and in its application it is expected to help water infiltration into the soil properly. The waste used in the manufacture of geoporous asphalt in this study is clam shells.

Clams are one of the soft animals (Mollusca) of the Bivalve or Pelecypoda class. Clams are usually bilateral symmetry, have a mantle in the form of earlobes or lobes and a cupped shell. The road shoulder is one of the road facilities that has an important role, but the problem that often occurs on the road shoulder is scouring so that the formation of puddles that can make the pavement layer below become damaged due to puddles of water that are absorbed down. The use of gropori asphalt on the shoulder of the road can be an alternative, because later the puddle of water will be absorbed through the geoporous asphalt and then through the drainage channel which is directly absorbed into the ground without damaging the pavement layer below.

The purpose of this research is to determine the level of variation between the mixture of shells as a mixture of coarse aggregates to get the most optimal mixture variation in making geoporous asphalt. This research uses 60/70 penetration asphalt with the optimum asphalt content (KAO) of 4.6%. The test results on the test specimens for the most optimal Marshall parameter value are the variation of the mixture content of 25% Shells: Rough Aggregate 75% with a stability value of 1181.85 kg, flow value of 3.92 mm, VIM (Void In the Mix) value of 19.96%, Marshall Quotient (MQ) value of 117.44 kg/mm, and permeability coefficient value of 0.247 cm/sec. All Marshall parameter values, where the specifications are stability >500 kg, flow 2-6 mm, VIM 18-25%, MQ <400 kg/mm.

Kata kunci : Geoporous Asphalt, Clam Shell, Marshall Test, Permeability

ABSTRAK

Perencanaan Perencanaan perkerasan jalan, terlebih perkerasan lentur (flexible pavement) secara umum memiliki sifat yang kedap air, sehingga dapat menyebabkan kurangnya lahan sebagai resapan air. Aspal geopori merupakan aspal geopolimer yang memiliki pori/rongga, dimana penggunaan aspal geopori ini bisa menjadi alternatif yang ramah lingkungan karena pembuatan aspal geopori ini memanfaatkan limbah, serta dalam pengaplikasiannya diharapkan dapat membantu peresapan air kedalam tanah dengan baik. Limbah yang digunakan dalam pembuatan aspal geopori pada penelitian ini adalah Cangkang Kerang.

Kerang adalah salah satu hewan lunak (Mollusca) kelas Bivalvia atau Pelecypoda. Kerang biasanya simetri bilateral, mempunyai sebuah mantel yang berupa daun telinga atau cuping dan cangkang setangkup. Bahu jalan merupakan salah satu fasilitas jalan yang memiliki peran penting, tetapi permasalahan yang kerap terjadi di

bahu jalan adalah adanya gerusan sehingga terbentuknya genangan air yang bisa membuat lapisan perkerasan dibawahnya menjadi rusak akibat genangan air yang terserap kebawah. Penggunaan aspal gropori di bahu jalan bisa menjadi alternatif, karena nantinya genangan air akan terserap melalui aspal geopori lalu melewati saluran drainase yang langsung terserap kedalam tanah tanpa merusak lapisan perkerasan yang ada dibawahnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar variasi campuran antara cangkang kerang sebagai pecampuran agregat kasar sampai mendapatkan variasi campuran yang paling optimal dalam pembuatan aspal geopori. Penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan hasil kadar aspal optimum (KAO) sebesar 4,6%. Hasil uji pada benda uji untuk nilai parameter Marshall yang paling optimal adalah variasi kadar campuran Cangkang Kerang 25% : Agregat Kasar 75% dengan nilai stabilitas sebesar 1181,85 kg, nilai flow 3,92 mm, nilai VIM (Void In the Mix) 19,96%, nilai Marshall Quotient (MQ) 117,44 kg/mm, dan nilai koefisien permeabilitas 0,247 cm/det. Semua nilai parameter Marshall, dimana spesifikasinya yaitu stabilitas >500 kg, flow 2-6 mm, VIM 18-25%, MQ <400 kg/mm.

Kata kunci : Aspal Geopori, Cangkang Kerang, *Marshall Test*, *Permeabilitas*.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk di Indonesia sangatlah pesat. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk maka akan mengakibatkan peningkatan mobilitas penduduk. Peningkatan jumlah kendaraan membutuhkan suatu prasarana jalan yang memadai dan mampu memperkecil potensi kerusakan yang terjadi. Jalan adalah hal terpenting sebagai prasarana transportasi untuk menunjang laju pertumbuhan ekonomi masyarakat. Saat pembangunan jalan ada beberapa tahapan pengerjaan yang harus dilakukan. Salah satunya adalah tahap perkerasan jalan . Jalan diperkeras dengan menggunakan lapisan konstruksi yang mempunyai kekuatan, ketebalan, kekakuan dan kestabilan tertentu. Tujuannya tak lain supaya jalan bisa menyalurkan beban kendaraan yang melintas di atas permukaan jalan ke tanah bagian dasar dengan aman. Jenis perkerasan jalan raya ini menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Aspal geopori merupakan salah satu teknologi yang diciptakan oleh salah satu dosen Insitut Teknologi Bandung (ITB). Nama geopori/geopore sendiri merupakan akronim dari Geopolymer Porous atau jalan berpori. Pori yang dimaksud dalam geopori inilah yang memungkinkan air pada permukaan dapat terserap kedalam tanah yang dialirkan secara sedikit demi sedikit karena teknologi ini dapat menjadi salah satu cara atau solusi dari meminimalisasi terjadinya banjir. Aspal geopori merupakan aspal penyerap air

yang memiliki daya serap sebesar 1000 liter/m² per menit (Sugiharto, 2019).

Penggunaan aspal geopori pada lapis bahu jalan dapat menjadi alternatif untuk mengurangi genangan air pada bahu jalan. Genangan air yang ada nantinya akan meresap melalui aspal geopori yang diaplikasikan pada bahu jalan, sehingga tidak akan merusak lapisan-lapisan perkerasan yang berada pada badan jalan karena air yang terserap melalui bahu jalan akan langsung terserap kelapisan tanah yang ada dibawahnya tanpa merubah karakteristik dari perkerasan jalan itu sendiri yaitu kedap air. Aspal geopori juga menjadi salah satu alternatif aspal ramah lingkungan karena memanfaatkan limbah fly ash dari sisa pembakaran batu bara yang banyak terdapat di Sumatera Selatan. Berdasarkan penelitian terdahulu fly ash banyak dimanfaatkan sebagai bahan pengisi dalam pembuatan aspal karena memiliki sifat pozzolan yang dapat membantu menambah kekuatan dari aspal geopori tersebut (Yuanda, dkk., 2021). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pengaruh Cangkang Kerang Dara terhadap aspal Geopori menggunakan fly ash sebagai filler.

1.2. Tinjauan Pustaka

Aspal didefinisikan sebagai material perekat berwarna hitam atau coklat, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat



termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan pada suhu tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun (Sukirman, 2007). Sedangkan fly ash atau abu terbang yang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara, yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap yang berbentuk partikel halus dan merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (boiler) akan terbentuk dua jenis abu yaitu abu terbang (fly ash) dan abu dasar (bottom ash). Fly ash memiliki komponen utama yaitu silikon (Si), Aluminium (Al), besi (Fe), dan kalsium (Ca) dengan variasi kandungan karbon, disamping itu fly ash bersifat tahan air atau hydrophobic (Hainin, 2012). Kerang adalah salah satu hewan lunak (Mollusca) kelas Bivalvia atau Pelecypoda. Kerang biasanya simetri bilateral, mempunyai sebuah mantel yang berupa daun telinga atau cuping dan cangkang setangkup. Fungsi dari permukaan luar mantel adalah mensekresi zat organik cangkang dan menimbun kristal-kristal kalsit atau kapur. Berikut beberapa lapisan dari kulit kerang:

- Lapisan luar tipis, hampir berupa kulit dan disebut periostracum, yang melindungi.
- Lapisan kedua yang tebal, terbuat dari kalsium karbonat; dan
- Lapisan dalam terdiri dari mother of pearl, dibentuk oleh selaput mantel dalam bentuk lapisan tipis. Lapisan tipis ini yang membuat cangkang menebal saat hewannya bertambah tua.

Aspal geopori merupakan aspal geopolymer porous atau aspal geopolimer yang memiliki pori. Dikatakan sebagai geopolimer karena aspal geopori ini memanfaatkan limbah yang sudah tidak terpakai sebagai bahan utama dalam pembuatannya. Aspal geopori ini sendiri merupakan salah satu inovasi baru yang diciptakan untuk bidang perkerasan jalan. Aspal geopori ini merupakan inovasi dari seorang dosen dari Institut Teknologi Bandung (ITB), yaitu Prof. Dr. Ir. Bambang Sunendar Purwasasmita. Menurut Prof. Dr. Ir. Bambang

Sunendar Purwasasmita, Geopori ini merupakan bahan racikan dalam pembuatan jalan sebagai pengganti beton ataupun aspal yang mampu menyerap genangan air di jalan. Pengujian Marshall digunakan untuk mencari data dari persyaratan campuran dan memperoleh hasil perhitungan akhir dari sifat-sifat Marshall, seperti:

- Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban yang bekerja tanpa perubahan bentuk. Nilai stabilitas juga menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja.
- Flow (kelelehan) adalah deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi kestabilan maksimum sehingga sampel sampai batas runtuh. Flow merupakan indikator terhadap lentur.
- VIM (Void in Mix) adalah volume rongga di antara butir-butir agregat yang diselubungi aspal atau volume rongga dalam aspal padat. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume aspal padat.
- VMA (Void in Mineral Agregat) adalah banyaknya rongga di antara butir-butir agregat di dalam aspal padat, dinyatakan dalam persentase terhadap volume bulk aspal padat.
- VFA (Void Filled with Asphalt) adalah bagian dari rongga yang berada di antara mineral agregat (VMA) yang terisi aspal, tidak termasuk di dalamnya aspal yang menyerap ke dalam pori masing-masing butir agregat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengujian Material Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya. Material berupa agregat kasar (split) dan agregat halus dari Tanjung Raja. Tahap penelitian, meliputi :

- Tahapan persiapan merupakan awalan dari sebelum memulai atau melakukan penelitian, pengumpulan dan pengolahan data;

- b) Tahapan pengujian material ini adalah tahap pengujian bahan yang bertujuan untuk mendapatkan spesifikasi material yang digunakan dalam penelitian sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan.
- c) Tahap pembuatan benda uji ini dimaksudkan dengan pembuatan benda uji berupa benda uji campuran aspal normal tanpa tambahan cangkang kerang untuk mencari nilai Kadar Aspal Optimum (KAO), dan benda uji campuran aspal dengan Cangkang kerang Dara sebagai pengganti agregat kasar dan Fly Ash sebagai pengganti filler.
- d) Tahap pengujian benda uji berupa pengujian Marshall yang dilakukan untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO), dan karakteristik Marshall dari campuran aspal normal dan campuran aspal dengan Cangkang Kerang serta pengujian permeabilitas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Pengujian sifat fisik agregat dilakukan berdasarkan standar SNI dan berdasarkan prosedur yang sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia). Pengujian sifat fisik agregat dalam penelitian ini terdiri dari agregat kasar, agregat sedang dan juga agregat halus. Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Tanjung Raja dan agregat halus yang digunakan berasal dari Tanjung Raja).

Tabel 1. Hasil Rekapitulasi Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar.

Jenis Pengujian	Hasil		Satuan	Spesifikasi Umum Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)
	Agregat Kasar			
	2-3	1-2		
Analisa Saringan	8,911	7,305	-	SNI 03-1968-1990
Berat Jenis Bulk	2,515	2,718	-	SNI 03-1969-1990 SNI 1969-2008
Berat Jenis SSD	2,554	2,745	-	SNI 03-1969-1990 SNI 1969-2008
Berat Jenis Semu	2,616	2,794	-	SNI 03-1969-1990 SNI 1969-2008
Berat Jenis Efektif	2,656	2,756	-	SNI 03-1969-1990 SNI 1969-2008
Penyerapan Air	1,528	0,999	%	SNI 03-1969-1990 SNI 1969-2008
Kadar Air	1,359	0,210	%	SNI 03-1971-1990 SNI 4141-2015
Kadar Lumpur	1,387	0,641	%	SNI 03-1971-1990 SNI 4141-2015
Bobot Isi Gembur	1,325	1,458	g ^{gr} /cm ³	SNI 03-4804-1998
Bobot Isi Padat	1,462	1,579	g ^{gr} /cm ³	SNI 03-4804-1998
Keausan Agregat	15,9		%	SNI 2417-2008

Rekapitulasi hasil pengujian sifat fisik agregat dapat dilihat pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 5.

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus.

Jenis Pengujian	Hasil	Satuan	Spesifikasi Umum Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)
Analisa Saringan	2,791	-	SNI 03-1968-1990
Berat Jenis Bulk	2,395	-	SNI 03-1970-1990 SNI 1970-2008
Berat Jenis SSD	2,430	-	SNI 03-1970-1990 SNI 1970-2008
Berat Jenis Semu	2,481	-	SNI 03-1970-1990 SNI 1970-2008
Berat Jenis Efektif	2,438	-	SNI 03-1970-1990 SNI 1970-2008
Penyerapan Air	1,461	%	SNI 03-1970-1990 SNI 1970-2008
Kadar Air	14,548	%	SNI 03-1971-1990
Kadar Lumpur	1,718	%	SNI 03-4142-1996
Bobot Isi Gembur	1,100	g ^{gr} /cm ³	SNI 03-4804-1998
Bobot Isi Padat	1,195	g ^{gr} /cm ³	SNI 03-4804-1998

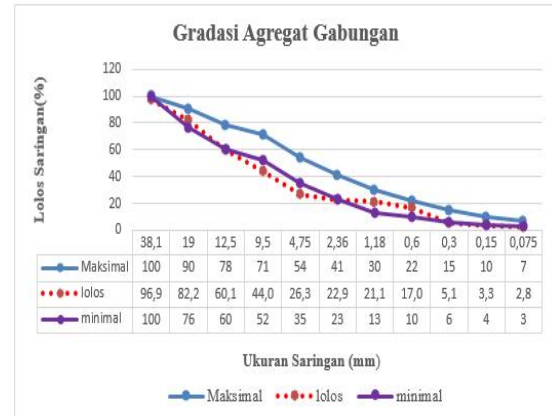
Tabel 3. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar 2/3 Sebanyak 2000 gram.

Ukuran Saringan (mm)	Berat Saringan (gr)	Berat Saringan + Agregat (gr)	Agregat Tertahan		% Kumulatif Agregat	
			Gram	%	Tertahan	Lolos
38,1	800	955,4	155,4	7,77	7,77	92,2
19	800,5	1522,5	722	36,1	43,9	56,1
12,5	563,1	1123,1	560	28	71,9	28,1
9,5	798,3	1110,3	312	15,6	87,5	12,5
4,75	772	1022,6	250,6	12,5	100	0
2,36	710	710	0	0	100	0
1,18	651,1	651,1	0	0	100	0
0,6	598,6	598,6	0	0	100	0
0,3	549,5	549,5	0	0	100	0
0,15	513,3	513,3	0	0	100	0
0,075	513,3	513,3	0	0	100	0
Pan	481,1	481,1	0	0	-	0
Total	-	-	2000	100	910,98	-



Tabel 4. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar $1/2$ Sebanyak 2000 gr.

Ukuran Saringan (mm)	Berat Saringan (gr)	Berat Saringan + Agregat (gr)	Agregat Tertinggal		% Kumulatif Agregat	
			Gram	%	Tertahan	Lolos
38,1	790,2	790,2	0	0	0	100
19	824,8	824,8	0	0	0	100
12,5	590,4	1123,2	532,8	26,6	26,6	73,4
9,5	773,4	1258,6	485,2	24,3	50,9	49,1
4,75	769,3	1387,5	618,2	30,9	81,8	18,2
2,36	715,3	879,9	164,6	8,2	90,0	10,0
1,18	357,9	425,1	67,2	3,4	93,4	6,6
0,6	589,1	632,7	43,6	2,2	95,6	4,4
0,3	548,3	565,1	16,8	0,8	96,4	3,6
0,15	516,4	535,8	19,4	1,0	97,4	2,6
0,075	517,8	535,6	17,8	0,9	98,3	1,7
Pan	472,9	507,3	34,4	1,7	-	0
Total	-	-	2000	100	730,5	-



Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat Gabungan

Dari grafik pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa masih ada gradasi yang keluar dari batas maksimal dan minimal lolos saringan, namun berdasarkan peraturan ini masih dapat digunakan.

Tabel 5. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus (Pasir) 1000 gram

Ukuran Saringan (mm)	Berat Saringan (gr)	Berat Saringan + Agregat (gr)	Agregat Tertinggal		% Kumulatif Agregat	
			Gram	%	Tertahan	Lolos
9,5	798,3	798,3	0	0	0	100
4,75	772	773,4	1,4	0,14	0,14	99,86
2,36	710	715,5	5,5	0,55	0,69	99,31
1,18	651,1	676,4	25,2	2,52	3,21	96,79
0,6	598,6	790,6	192	19,2	22,41	77,59
0,3	549,5	1231	681,5	68,15	90,56	9,44
0,15	524,8	603,9	79,1	7,91	98,47	1,53
0,075	513,3	523,8	10,5	1,05	99,52	0,48
Pan	481,1	485,8	4,8	0,48	-	0
Total	-	-	1000	100	315	-

Dari hasil pengujian analisa saringan didapatkan Gradasi Agregat Gabungan seperti pada Gambar 1.

3.2. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat

Hasil pengujian Berat Jenis dan penyerapan agregat dapat dilihat pada Tabel 6 sampai dengan Tabel 9.

Tabel 6. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar $2/3$

Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Uji Setelah Perendaman (B_i)	510,4	Gram
Berat Uji Agregat Konstan (B_k)	498	Gram
Berat Kering Permukaan Jenuh Air (B_s)	313,4	Gram
Berat Benda Uji	500	Gram

Tabel 7. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar $1/2$

Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Uji Setelah Perendaman (B_i)	485,1	Gram
Berat Uji Agregat Konstan (B_k)	472,3	Gram
Berat Kering Permukaan Jenuh Air (B_s)	295,6	Gram
Berat Benda Uji	500	Gram

Tabel 8. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Cangkang Kerang

Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Uji Setelah Perendaman (Bj)	470,1	Gram
Berat Uji Agregat Konstan (Bk)	462,3	Gram
Berat Kering Permukaan Jenuh Air (Ba)	294,3	Gram
Berat Benda Uji	500	Gram

Tabel 9. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.

Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Uji Setelah Perendaman (Bi)	500	Gram
Berat Uji Agregat Konstan (Bk)	490,8	Gram
Berat Piknometer + Agregat + Air (W1)	1585,3	Gram
Berat Piknometer+Air (W2)	1279,6	Gram

3.3. Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat.

Hasil Pengujian kadar air dan kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 10 sampai Tabel 12.

Tabel 10. Hasil Pengujian Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat Kasar $1/2$

Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Agregat (W1)	1000	Gram
Berat Agregat Konstan sebelum dicuci (W2)	975,3	Gram
Berat Agregat Konstan setelah dicuci (W3)	962,9	Gram

Tabel 11. Hasil Pengujian Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat Kasar $2/3$

Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Agregat (W1)	1000	Gram
Berat Agregat Konstan sebelum dicuci (W2)	997,9	Gram
Berat Agregat Konstan setelah dicuci (W3)	991,5	Gram

Tabel 12. Hasil Pengujian Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Agregat (W1)	1000	Gram
Berat Agregat Konstan sebelum dicuci (W2)	967,2	Gram
Berat Agregat Konstan setelah dicuci (W3)	946,3	Gram

3.4. Bobot Isi Gembur dan Padat Agregat

Hasil Pengujian Bobot Isi Gembur dan Bobot Isi Padat agregat dapat dilihat pada Tabel 13 dan Tabel 14.

Tabel 13. Hasil Pengujian Bobot Isi Gembur dan Bobot Isi Padat Agregat Kasar

Pengujian	Agregat 2-3 (gr)	Agregat 1-2 (gr)
Berat Bejana + Agregat Gembur (C)	5440,7	6031,7
	5507,6	5877,6
	5779,3	6213,4
Berat Bejana + Agregat Padat (D)	5798,1	6378,7
	5715,3	6350,2
	5701,0	6358,8

Tabel 14. Hasil Pengujian Bobot Isi Gembur dan Padat Agregat Halus

Pengujian	Agregat Halus (gr)
Berat Bejana + Agregat Gembur (C)	3361,7
	3352,9
	3356,8
Berat Bejana + Agregat Padat (D)	3648,7
	3652,1
	3680,2

3.5. Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Los Angles.

Hasil pengujian keausan agregat kasar dengan mesin Los Angles dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Pengujian Keausan Agregat

Berat Contoh	
Berat Awal (A)	5000
Berat Setelah diayak saringan no. 2,36 mm (B)	4484,4
Berat Sesudah (A-B)	515,6

3.6. Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

Hasil pengujian sifat fisik aspal dapat dilihat pada Tabel 16 sampai Tabel 21.



Tabel 16. Hasil Rekapitulasi Pengujian Sifat Fisik Aspal.

Jenis Pengujian	Hasil	Satuan	Spesifikasi	Spesifikasi Umum Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)
Berat Jenis Aspal	1,009	-	≥1,0	SNI 2441:2011
Titik Lembek Aspal	49	°C	48-58	SNI 2434:2011
Penetrasi	63,6	mm	60-70	SNI 06-2456-1991
Daktilitas	148,2	cm	≥100	SNI 2432:2011

Tabel 17. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal

Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Bejana Gelas (A)	180,9	Gram
Berat Bejana Gelas + Air (B)	309,4	Gram
Berat Bejana Gelas + Aspal (C)	232,3	Gram
Berat Bejana Gelas + Air + Aspal (D)	310,9	Gram

Tabel 18. Hasil Pegujian Titik Lembek Aspal

Suhu yang diamati (°C)	Waktu (detik)		Titik Lembek (°C)	
	I	II	I	II
5	0	0		
10	1'54"	1'54"		
15	2'55"	2'55"		
20	4'15"	4'15"		
25	6'16"	6'16"		
30	9'24"	9'24"		
35	12'32"	12'32"		
40	13'57"	13'57"		
45			(43°C) 14'41"	(46°C) 15'12"
Rata - rata			29'53"	

Tabel 19. Hasil Pengujian Penetrasi Aspal

Penetrasi Setelah 5 Detik Pembacaan Ke-	Sampel	
	A	B
1	60	68
2	61	60
3	63	63
4	67	61
5	69	64
Rata-Rata	63,6	

Tabel 20. Hasil Pengujian Daktilitas Aspal

Sampel	Waktu (...°... '...")	Panjang Putus (cm)
I	0° 33' 05"	148
II	0° 36' 56"	148

Tabel 21. Hasil Pengujian *Filler*.

Pemeriksaan	Berat (gram)
Berat <i>fly ash</i> (W1)	249,63
Berat <i>fly ash</i> + minyak tanah + labu takar (W2)	780,69
Berat labu takar + minyak tanah (W3)	617,41

Dari rekapitulasi hasil pengujian sifat fisik aspal pada Tabel 16 dapat dilihat bahwa seluruh sifat fisik aspal telah memenuhi standar SNI yang menjadi acuan dalam perencanaan.

3.7. Hasil Pengujian Benda Uji Marshall

Hasil uji Marshall dapat dilihat pada Tabel 22 dan Tabel 23.

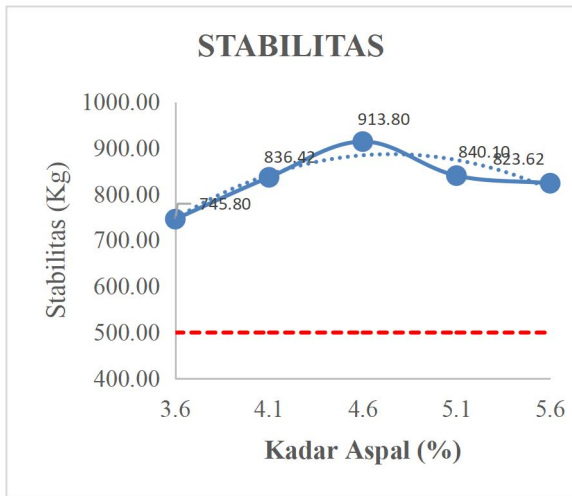
Tabel 22. Rekapitulasi Hasil Rencana Campuran Untuk Mendapatkan KAO.

Material		Kadar Aspal				
		Berat (gr)				
		3,6%	4,1%	4,6%	5,1%	5,6%
Agregat 2-3	40,5%	520,6	517,9	515,2	512,5	509,8
Agregat 1-2	40,5%	416,4	414,3	412,1	410,0	407,8
Pasir	17%	196,7	195,6	194,6	193,6	192,6
<i>Filler</i>	2%	23,1	23,0	22,9	22,8	22,7
Aspal	-	43,2	49,2	55,2	61,2	67,2
Total		1200	1200	1200	1200	1200

Tabel 23. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall Untuk Mendapatkan Kadar Aspal Optimun.

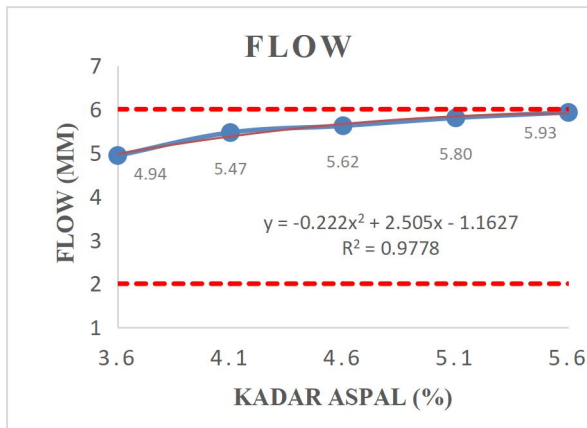
Karakteristik Campuran	Satuan	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
		3,6%	4,1%	4,6%	5,1%	5,6%	
Stabilitas	kg	745,80	836,42	913,80	840,10	823,62	Min. 500
<i>Flow</i>	mm	4,94	5,47	5,62	5,80	5,93	2 - 6
VIM	%	20,34	19,01	18,77	18,35	18,29	18 - 25
<i>Marshall Quotient</i>	kg/mm	150,96	152,91	162,54	144,84	138,89	Maks. 400

Nilai stabilitas dapat dilihat pada grafik pada Gambar 2.



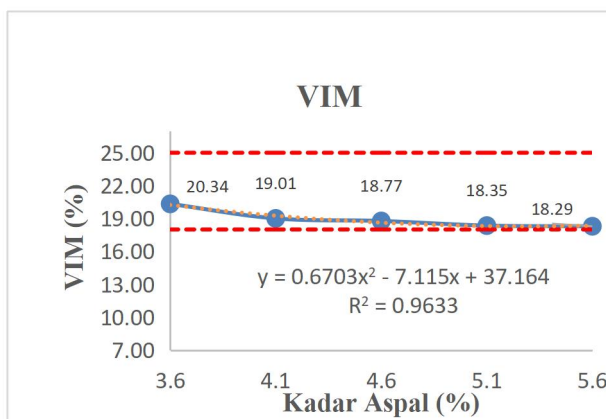
Gambar 2. Grafik Stabilitas Aspal

Nilai flow dapat dilihat pada grafik pada Gambar 3.



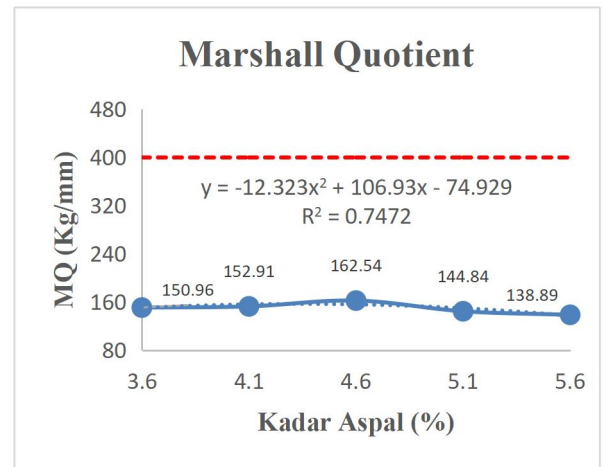
Gambar 3. Grafik Flow

Nilai VIM dapat dilihat pada grafik pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Nilai VIM

Nilai Marshall Quotient dapat dilihat pada grafik pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Nilai Marshall Quotient

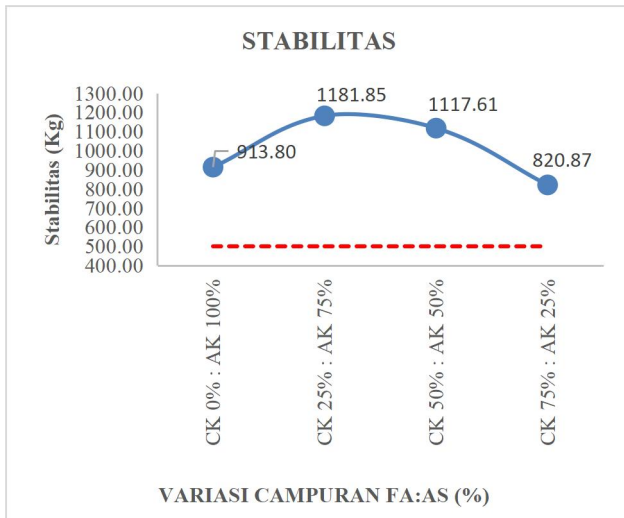
3.8. Analisa Variasi Campuran Cangkang Kerang dan Agregat Kasar.

Rekapitulasi hasil pengujian dari variasi campuran cangkang kerang dengan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 24. Rekapitulasi hasil pengujian dari variasi campuran cangkang kerang dengan agregat kasar

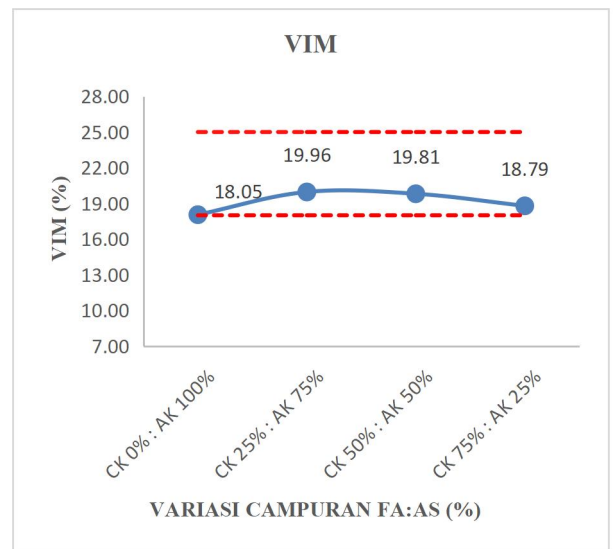
Variasi Kadar Campuran Agregat Kasar	Parameter Nilai Marshall			
	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	Marshall Quotient (kg/mm)
CK 0 % : AK 100%	913,80	5,62	18,05	135,82
CK 25% : AK 75%	1181,85	3,92	19,96	117,44
CK 50% : AK 50%	1117,61	3,15	19,81	80,03
CK 75% : AK 25%	820,87	2,84	18,79	79,42

Nilai dari Tabel 24 dimasukkan ke dalam Grafik, seperti pada Gambar 6 sampai Gambar 10.



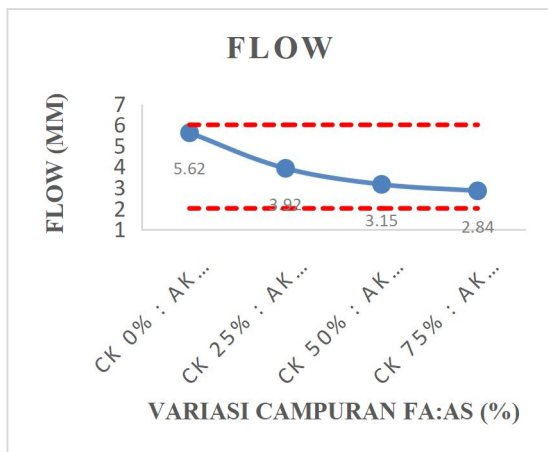
Gambar 6. Grafik Analisa Stabilitas dengan variasi campuran cangkang kerang dengan agregat

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas optimum terdapat pada campuran cangkang kerang 25% : agregat 75%.



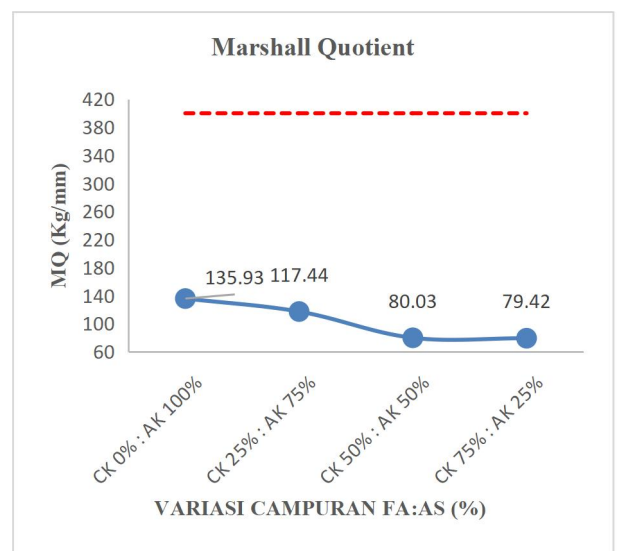
Gambar 8. Grafik Analisa VIM dengan variasi campuran cangkang kerang dengan agregat

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai VIM optimum terdapat pada campuran cangkang kerang 25% : agregat 75%.



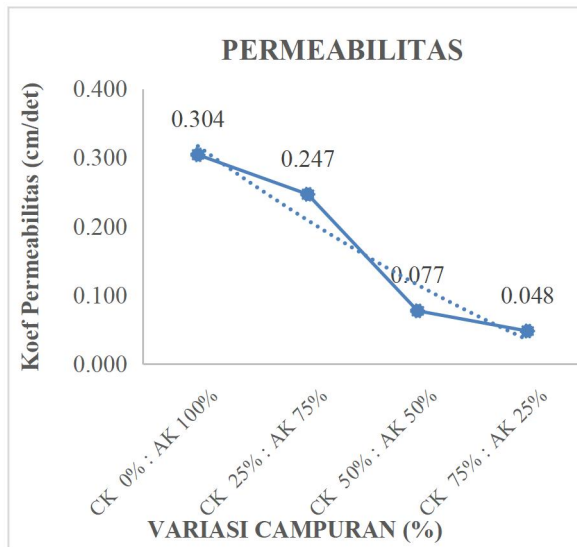
Gambar 7. Grafik Analisa Flow dengan variasi campuran cangkang kerang dengan agregat

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai flow optimum terdapat pada campuran cangkang kerang 0% : agregat 100%.



Gambar 9. Grafik Analisa Marshall Quotient dengan variasi campuran cangkang kerang dengan agregat

Dari Gambar 9, dapat dilihat bahwa nilai Marshall Quotient optimum terdapat pada campuran cangkang kerang 0% : agregat 100%.



Gambar 10. Grafik Analisa Permeabilitas dengan variasi campuran cangkang kerang dengan agregat

Dari Gambar 10, dapat dilihat bahwa nilai Permeabilitas optimum terdapat pada campuran cangkang kerang 0% : agregat 100%.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah ;

- 1) Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal 3,6%, 4,1%, 4,6%, 5,1%, dan 5,6%, didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu sebesar 4,6% dengan nilai stabilitas yang didapat sebesar 913,80 kg, nilai flow sebesar 5,62 mm, nilai VIM 18.05%, dan nilai Marshall Quotient (MQ) sebesar 135,82 kg/mm. Nilai koefisien permeabilitas yang diperoleh sebesar 0,304 cm/det.
- 2) Hasil penelitian ini menunjukkan campuran yang paling optimum adalah variasi kadar campuran Cangkan Kerang 25% : Agregat Kasar 75%. Nilai parameter Marshall yang diperoleh yaitu nilai stabilitas 1181,85 kg, nilai flow 3,92 mm, nilai VIM 19,96%, nilai Marshall Quotient 117,44 kg/mm, dan nilai koefisien permeabilitas 0,247 cm/det. Semua nilai yang diperoleh variasi kadar

campuran Cangkang Kerang 25% : Agregat Kasar 75% memenuhi spesifikasi AAPA 2004, dimana standar spesifikasi untuk nilai stabilitas 500 kg, nilai flow 2-6 mm, nilai VIM 18- 25%, MQ 400 kg/mm.

- 3) Nilai koefisien permeabilitas yang paling tinggi yaitu 0,304 cm/det pada campuran aspal normal. Untuk nilai permeabilitas dari campuran Cangkang Kerang dan Agregat Kasar mengalami penurunan dari nilai permeabilitas terhadap aspal normal, hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan aspal dalam mengalirkan air semakin rendah, sehingga campuran cangkang kerang dara tidak dapat digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan aspal geopori. Namun dari hasil pengujian Stabilitas dan Void In Mixture menunjukkan bahwa Hasil Optimum Aspal Geopori Variasi Campuran Cangkang Kerang berada pada Campuran Kerang 25% : 75% Agregat Kasar.

Daftar Pustaka

- [1] Standar Nasional Indonesia, 2015. No 6388. Spesifikasi agregat untuk lapis fondasi, lapis fondasi bawah, dan bahu jalan.
- [2] Standar Nasional Indonesia, 1990. No 03-1969. Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.
- [3] Standar Nasional Indonesia, 1990. No 03-1969. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.
- [4] Standar Nasional Indonesia, 2008. No 03-1969. Cara uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.
- [5] Standar Nasional Indonesia, 1990. No 03-1970. Cara uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.
- [6] Standar Nasional Indonesia, 2008. No 03-1970. Cara uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.



- [7] Standar Nasional Indonesia, 1990. No 03-1971. Metode Pengujian Kadar Air Agregat.
- [8] Standar Nasional Indonesia, 2015. No 4141. Metode Uji Gumpalan Lempung dan Butiran Mudah Pecah Dalam Agregat.
- [9] Standar Nasional Indonesia, 2011. No. 2439. Cara Uji Penyelimutan dan Pengelupasan pada Campuran Agregat-aspal.
- [10] Standar Nasional Indonesia, 2008. No 2417. Cara uji Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles.
- [11] Standar Nasional Indonesia, 1991. No 03-2531. Metode pengujian Berat Jenis Semen Portland.
- [12] Standar Nasional Indonesia, 2011. No 2441. Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat.
- [13] Standar Nasional Indonesia, 1991. No 06-2456. Metode Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen.
- [14] Standar Nasional Indonesia, 2011. No 2432. Metode Pengujian daktilitas BahanBahan Bitumen.
- [15] Standar Nasional Indonesia, 2011. No 2434. Cara uji Titik Lembek dengan Alat Cincin dan Bola (ring and ball).
- [16] Standar Nasional Indonesia, 1991. No 06-2489. Metode Pengujian campuran Beraspal dengan Alat Marshall.
- [17] Wahyuningsih, Lia. (2007). Komparasi Penggunaan Filler Fly Ash (Abu Batubara), Filler Abu Sekam Padi (Rice Husk Ash), dan Filler Abu Batu pada Kinerja Lapis Beton (LASTON). Skripsi. Universitas Islam Indonesia. Jogjakarta.
- [18] Yuanda, G. P., Jaya, Z., & Gani, F. A. (2021). Uji Karakteristik Aspal Geopori Dengan Penambahan Fly Ash PLTU Pangkalan Susu. Sipil Sains Terapan, 4(2). 755-762.