

PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK *POLYETHYLENE THEREPHTHALETE* (PET) UNTUK CAMPURAN ASPHALT CONCRETE - WEARING COURSE (AC – WC)

Tantín Pristyawati^{1*}, Hery Susilo², dan Bagas Wahyu Adhi³

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Jl. Sudjono Humardhani No. 1 Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia

²PUPR, Kabupaten Sukoharjo, Jl. Rajawali No. 8 Mojotegalan Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Batik, Jl. Agus Salim No. 10 Sondakan, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia

*tantintsipil@gmail.com

Masuk: 06-02-2025, revisi: 05-03-2025, diterima untuk diterbitkan: 17-03-2025

ABSTRACT

This research is an innovation to reduce asphalt use by adding PET plastic waste to the asphalt mixture. The asphalt mix design uses 60/70 pen asphalt with a certain percentage as well as PET waste. The aim of the research is to find out what is the optimal percentage of using PET in the pen 60/70 asphalt mixture to produce an asphalt mixture that meets the criteria or specifications and what are the stability and flow values with this mixed innovation. The use of PET is being considered because this is expected to reduce plastic waste. Apart from that, PET's properties include being strong, water resistant and easy to recycle. It is hoped that it will be able to contribute to the mixture in terms of ease of implementation in the mixture and providing strength to the mixture. The implementation used the experimental method with data taken directly where the aggregate data, the average density of fine and coarse aggregates was 2.7 and 2.6, gradation analysis using a combination of coarse aggregates (CA): medium aggregates (MA): fine aggregates (FA) obtained 19%: 34%: 46%. Asphalt pen 60/70 which meets specifications and PET waste with percentages of 2%, 4%, 6%, 8% and 10%. The test results of the mixture obtained a stability value between 1100 to 1300 kg and a flow value ranging from 3.00 – 3.70.

Keywords: asphalt innovation; polyethylene therephtalete (PET); stability

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan salah satu inovasi untuk mengurangi penggunaan aspal dengan menambahkan limbah plastik PET pada campuran aspal. Desain campuran aspal menggunakan aspal pen 60/70 dengan persentase tertentu begitu juga limbah PET. Tujuan untuk mengetahui berapa persentase optimal penggunaan PET pada campuran aspal pen 60/70 untuk menghasilkan campuran aspal yang memenuhi kriteria atau spesifikasi dan berapa nilai *stability* dan *flow* dengan inovasi campuran tersebut. Penggunaan PET dipertimbangkan karena dengan ini diharapkan dapat mengurangi limbah plastik, selain itu sifat yang dimiliki PET antara lain kuat, tahan air dan mudah di daur ulang diharapkan mampu memberikan kemudahan pelaksanaan dalam campuran dan memberikan tambahan kekuatan pada campuran aspal. Pelaksanaan menggunakan metode experiment dengan data yang diambil secara langsung dimana data agregat berat jenis rata – rata agregat halus juga kasar adalah 2,7 dan 2,6, analisa gradasi dengan kombinasi *coarse agregates* (CA) : agregat medium (MA) : agregat halus (FA) diperoleh 19% : 34% : 46%. Aspal pen 60/70 yang memenuhi spesifikasi dan limbah PET dengan persentase 2%, 4%, 6%, 8% dan 10 %. Hasil uji dari campuran diperoleh nilai stabilitas di antara 1100 sampai 1300 kg dan nilai flow rentang 3,00 – 3,70.

Kata kunci: inovasi aspal; *polyethylene therephtalete* (PET); stabilitas

1. PENDAHULUAN

Perkerasan lentur atau *flexible pavement* sampai saat ini masih menjadi andalan Indonesia sebagai struktur perkerasan jalan. kemampuan dalam penerimaan beban serta kenyamanan dalam berkendara menjadi salah satu alasannya. Struktur lapisan aspal dari atas tersusun lapis permukaan, lapis pondasi atas (*base*), lapis pondasi bawah (*sub base*) dan tanah dasar (*sub grade*). Lapis permukaan terdiri dari AC-WC, AC-BC dan AC base, AC- WC merupakan lapisan paling atas yang langsung berhubungan dengan beban roda kendaraan. Menurut (Simangunsong, 2021) semakin meningkatnya pembebanan kendaraan bermotor serta kurangnya pemeliharaan perkerasan jalan dapat mempercepat kerusakan pada perkerasan jalan. Perbaikan dan pembangunan jalan yang terus menerus menyebabkan kebutuhan penggunaan aspal sebagai bahan pengikat semakin meningkat.

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan adanya inovasi untuk mendapatkan formula campuran aspal dengan menggunakan penambahan bahan lain atau penggunaan kembali (*reuse*) limbah dengan persentase tertentu sebagai bagian dari aspal tetapi tidak membuat aspal kehilangan sifat – sifatnya. Selain itu juga untuk penghematan penggunaan aspal. Pemilihan penggunaan plastik sebagai campuran karena berlimpahnya plastik yang masih digunakan secara massal. Berdasarkan data pada tahun 2020 di Indonesia menghasilkan sampah plastik sebanyak 3,4 juta ton yang menjadikan Indonesia dalam peringkat ketiga setelah India dan Nigeria sebagai penghasil sampah plastik terbesar.

Ada beberapa jenis plastik yang digunakan dalam keseharian antara lain PET, HDPE, PP dan sebagainya. Beberapa jenis plastik sudah digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran aspal, antara lain pemanfaatan limbah HDPE dalam campuran. Meningkatnya penggunaan kantong plastik sebagai kemasan menyebabkan peningkatan jumlah sampah, oleh karena itu perlu ada pemanfaatan sampah untuk mengurangi penumpukan yang terus bertambah. Penelitian dengan pemanfaatan limbah kantong plastik HDPE sebagai substitusi sebagian bitumen atau aspal pada campuran aspal *Asphalt Concrete–Wearing Course* (AC–WC) dengan variasi kadar HDPE sebesar 2%, 4%, 6%, 8%, 10% menghasilkan kesimpulan kadar aspal optimal (KAO) yang diperoleh adalah 5,7%. (Pinem et al., 2022).

Penggunaan PE dan HDPE pada jenis ini memberikan pengaruh pada campuran laston terhadap berbagai karakteristik Marshall yakni untuk nilai stabilitas, kelelahan dan VFA yang cenderung mengalami peningkatan, sedangkan nilai Flow, VIM, VMA dan MQ yang cenderung mengalami penurunan. Pengaruh campuran aspal-HDPE memberikan nilai atau hasil karakteristik Marshall yang lebih bagus dibandingkan campuran aspal-PE (Rahmawati, 2015). Pengaruh penambahan Plastik HDPE terhadap campuran aspal AC-BC tidak optimal karena semakin besar penambahan plastik HDPE dapat menurunkan kualitas AC-BC. Hasil pembuktian KAO dari nilai karakteristik yang telah diperoleh yang di uji pada kadar HDPE 0% dan di tes pada kadar aspal 4,5% sampai dengan 6,5% didapatkan nilai 5,87% (Khadafi & Fadly, 2021).

Salah satu jenis plastik PET merupakan plastik yang biasanya digunakan untuk kemasan minuman ringan, air mineral, kemasan makanan maupun beberapa untuk kemasan kebutuhan farmasi. Plastik PET merupakan salah satu plastik yang bisa di daur ulang tetapi kegiatan daur ulang belum banyak dilakukan sehingga masih banyak yang limbah yang menumpuk pada lokasi – lokasi pembuangan sampah. Limbah PET juga dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan nanokomposit, semen mortar, dan juga aspal. Penambahan limbah PET (rPET) dalam pembuatan nanokomposit dapat meningkatkan nilai dari konduktivitas termal (GNPs), stabilitas termal (CATAS, GNPs), modulus penyimpanan (CATAS, GNPs), kekuatan tarik dan kekerasan (CNTs). Dalam pembuatan semen mortar, penambahan limbah PET dapat meningkatkan flowability secara signifikan dengan meningkatkan persentase jumlah limbah plastik PET (Utomo & Arfiana, 2023).

Berlimpahnya limbah plastik yang kemudian menjadi dasar untuk bisa memanfaatkan kembali sebagai campuran aspal. Pertimbangan lain adalah beberapa sifat yang dimiliki plastik PET seperti ringan, kuat, jernih, mudah di daur ulang dan mampu bertahan dalam segala kondisi merupakan sifat yang dibutuhkan dalam campuran aspal. Sifat kuat sangat dibutuhkan dalam campuran aspal karena dalam aplikasinya aspal akan menahan beban roda kendaraan secara berulang. Sifat ringan dan mudah di daur ulang lebih kepada kemudahan dalam pelaksanaan, sedangkan sifat mampu bertahan dalam segala kondisi ini akan dibutuhkan aspal dalam beradaptasi menghadapi perubahan cuaca. Seperti pada penelitian (Lombogia et al., 2022) pengaruh dan manfaat substitusi limbah plastik PETE terhadap karakteristik marshall yakni nilai Stabilitas, Flow, VMA, VIM, VFB dan Density pada kadar plastik 5% meningkatkan namun kemudian pada kadar plastik 10%, 15% dan 20% mengalami penurunan.

Berdasarkan dari beberapa pertimbangan diatas oleh karena itu penelitian ini dilakukan, tujuannya adalah untuk mengetahui berapa persentase optimal penggunaan PET pada campuran aspal pen 60/70 untuk menghasilkan campuran aspal yang memenuhi kriteria atau spesifikasi dan berapa nilai *stability* dan *flow* dengan inovasi campuran tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Universitas Veteran Bangun Nusantara (Univet Bantara) dengan tahapan sebagai berikut :

1. Penyiapan agregat, filler, aspal dan peralatan yang akan digunakan dalam kegiatan yaitu saringan untuk gradasi, alat pengujian berat jenis, timbangan, mold, extruder, alat pemanas campuran aspal, waterbath dan marshall test,
2. Pengujian analisa butiran agregat atau analisa saringan untuk mendapatkan berat jenis dan penyerapan dari masing – masing,
3. Pengujian gradasi agregat atau analisa saringan untuk mendapatkan komposisi gabungan (combined grading) dari masing – masing agregat kasar (CA), agregat medium/sedang (MA) dan agregat halus (FA). Besaran persentase

Combine grading diperoleh melalui trial and error dengan batasan minimum dan maksimum sesuai dengan spesifikasi SNI ASTM C136:2012.

4. Pembuatan benda uji yang pertama dengan komposisi agregat sesuai dengan hasil dari tahap 3 untuk agregat dan untuk filler mengikuti peraturan dengan besaran 1-2% dari total berat keseluruhan benda uji. Penentuan Kadar aspal perkiraan dengan menggunakan persamaan $P_b = (0,035 \times \%CA) + (0,045 \times \%FA) + (0,18 \times \%FF) + K$ dimana nilai FF adalah filler dan K adalah konstanta untuk laston nilai 0,5 – 1,0. Jumlah benda uji 5 dengan persentase kadar aspal $\pm 0,5$ dari hasil perkiraan kadar aspal, Berat satu benda uji sesuai dengan peraturan SNI 03-6399-2000 seberat ± 1200 gram.
5. Tahapan ini adalah pengujian benda uji diawali dengan perendaman benda uji pada waterbath dalam suhu 60° C selama kurang lebih 30 menit. Dari waterbath kemudian dikeringkan untuk melihat berat SSD atau jenuh permukaan, tahap berikutnya adalah pengujian dengan marshall untuk menentukan karakteristiknya dan menghitung kadar aspal optimal atau KAO.
6. Hasil KAO digunakan untuk membuat benda uji yang kedua yaitu benda uji yang menggunakan bahan tambah inovasi dari limbah plastik PET. Proses penambahan limbah dilakukan dengan dibersihkan dahulu kemudian dikeringkan, limbah yang sudah kering di potong kecil – kecil. Potongan tersebut akan dicampurkan pada agregat saat kondisi dipanaskan pada suhu kurang lebih 125°C, dengan berat sesuai perhitungan. Penambahan limbah ini tidak menambah berat benda uji atau beratnya tetap, tetapi penambahan PET akan mengurangi berat aspal per 60/70 yang digunakan. Prosentase penambahan limbah plastik PET tidak ada pedoman, secara prinsip dari aspal modifikasi (inovasi) yang kemungkinan dan diharapkan bisa di aplikasikan harus masuk pada spesifikasi umum Bina Marga revisi 3 Tahun 2010 Tabel 6.3.2.5.
7. Selanjutnya pengujian benda uji yang kedua dengan menggunakan alat marshall test, pengujian akan menghasilkan nilai karakteristik, stabilitas dan flow.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian agregat

Pengujian fisik agregat dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat yang akan dan memperoleh nilai berat jenisnya masing - masing. Pedoman pengujian untuk agregat halus SNI 1970:2008 (BSN, 2008) dan agregat kasar SNI 1969:2008. Kelompok agregat halus mempunyai ukuran butiran terbesar tertahan saringan nomor #4 atau ukuran 4,75mm, sedangkan agregat kasar merupakan agregat yang tertahan diatas nomor #4. Hasil pengujian agregat berupa berat jenis dan kemampuan penyerapan pada Tabel 1 dan Tabel 2, yang dihitung dengan menggunakan persamaan 1:

$$\text{berat jenis SSD} = \frac{a}{c+a-d} \quad (1)$$

dengan **a** adalah berat benda uji permukaan jenuh/SSD, **c** adalah Berat piknometer + air dan **d** merupakan Berat piknometer + air + benda uji yang masing – masing satuannya adalah gram.

Tabel 1. Hasil pengujian berat jenis agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil rata – rata
Berat Jenis Bulk	2,654
Berat Jenis Kering permukaan (SSD)	2,698
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	2,777
Penyerapan (<i>absorption</i>)	1,667

Tabel 2. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil rata – rata
Berat Jenis Bulk	2,534
Berat Jenis Kering permukaan (SSD)	2,570
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	2,629
Penyerapan (<i>absorption</i>)	1,437

Hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2, dimana berat jenis bulk agregat kasar dan halus ada pada rentang 2,5 – 2,6 sedangkan berat jenis SSD terdapat rata – rata diperoleh hampir sama dengan berat jenis bulk, sedangkan untuk berat jenis semu rata – rata dari kedua agregat adalah kurang lebih 2,7. Secara umum rata – rata berat jenis antara

2,500 sampai 2,700, dengan nilai tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi pada standar nasional. Penyerapan rata – rata agregat halus dan agregat kasar $\pm 1,5\%$ dimana secara peraturan penyerapan harus $< 3\%$. Sedangkan untuk nilai berat jenis efektif agregat (G_{se}) sebesar 2,628 dan berat jenis total bulk agregar (G_{sb}) adalah 2,607.

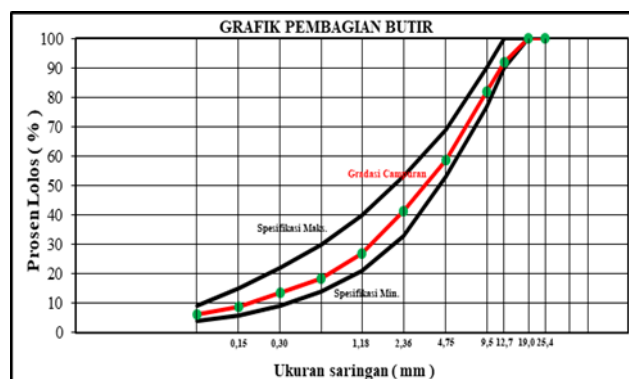
Pengujian gradasi atau analisa saringan untuk mencari persentase masing – masing CA, MA dan FA dengan *trial and error* untuk mendapatkan formula terbaik pada gradasi gabungan yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018. Hasil analisa saringan yang diperoleh adalah 19% untuk CA, 34% untuk MA dan 46% untuk FA. Persentase tersebut kemudian dikalikan dengan hasil pada analisa saringan yang termuat pada Tabel 3 untuk kolom yang berjudul A, B, dan C, dengan di tambahkan persentase filler sehingga diperoleh gradasi gabungan atau *Combined grading*, seperti yang di tunjukkan pada Tabel 3. Hasil tersebut kemudian di plotting pada grafik seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 dengan batasan maksimum dan minumum sesuai dengan Tabel 4. Hasil formula yang baik tidak boleh melewati spesifikasi gradasi yang sudah ditentukan.

Tabel 3. Hasil analisa saringan dan kombinasi gradasi

No Saringan	Ukuran Saringan (mm)	A FA	B MA	C CA	F semen	Gradasi Gabungan
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,7	100,00	100,00	57,22	100,00	91,87
3/8"	9,5	100,00	100,00	6,29	100,00	82,19
#4	4,75	98,36	39,88	0,67	100,00	59,93
#8	2,36	83,65	9,74	0,53	100,00	42,89
#30	0,6	36,28	3,57	0,44	100,00	18,99
#50	0,3	25,87	3,16	0,42	100,00	14,05
#100	0,15	15,34	2,64	0,38	100,00	9,02
#200	0,075	9,87	2,13	0,34	99,86	6,33

Tabel 4. Spesifikasi Bina Marga untuk gradasi

No saringan	Ukuran Saringan (mm)	Spesifikasi	
		min	maks
1"	25	100	100
3/4"	19	100	100
1/2"	12,7	90	100
3/8"	9,5	77	90
#4	4,75	53	69
#8	2,36	33	53
#16	1,18	21	40
#30	0,6	14	30
#50	0,3	9	22
#100	0,15	6	15



Gambar 1. Pembagian butiran

Combined grading diberikan grafik warna merah pada Gambar 1, sedangkan grafik warna hitam merupakan spesifikasi yang tercantum dalam peraturan teknis Bina Marga 2018 sesuai pada Tabel 4. Berdasarkan Gambar tersebut bahwa secara keseluruhan nilai masuk pada spesifikasi. Nilai pada saringan no 200 yang paling mendekati dari spesifikasi tetapi masih masuk dalam rentang dengan selisih terhadap nilai minimum 0,33. Nilai yang lain sebagai salah satu contoh pada agregat kasar dimana nomor saringan 3/8" diperoleh nilai 82,19, sedangkan spesifikasi adalah 77 – 90 dan pada agregat halus dengan nomor saringan #8 hasil gradasi adalah 42,89 masuk pada spesifikasi 33 – 53, bisa diambil kesimpulan bahwa formula yang dipilih sudah sesuai dengan spesifikasi.

Pembuatan benda uji pertama

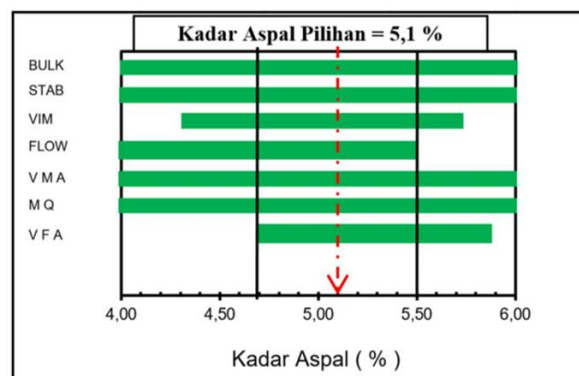
Tabel 5. Komposisi campuran aspal

Nama	A	B	C	D	E
Berat benda uji	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0
Kadar aspal	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3
Berat aspal	51,9	57,9	63,9	69,9	75,9
Filler	10	10	10	10	10
Agregat	1138,1	1132,1	1126,1	1120,1	1114,1

Dengan berdasarkan komposisi pada Tabel 5 tersebut selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Tahapan garis besar pembuatan benda uji yang dilaboratorium adalah sebagai berikut : Persiapan material sesuai dengan komposisi dan persiapan alat yang akan digunakan. Sesuai SNI 06-2489-1991, pemanasan agregat sampai pada suhu $\pm 140^{\circ} - 150^{\circ} \text{C}$ dan pemanasan aspal pen 60/70 sampai suhu kurang lebih sama dengan agregat. Setelah suhu tercapai dilanjutkan pencampuran aspal dengan agregat sampai suhu stabil dengan panas antara $150^{\circ} - 165^{\circ}\text{C}$ dan dipastikan agregat dan aspal tercampur sempurna,. Campuran kemudian di tuangkan cetakan atau *mold*. Memastikan agar campuran tidak memiliki resiko rongga yang besar dalam prosesnya dengan ditusuk – tusuk bagian tengah dan pinggir. Proses berikutnya *mold* dimasukkan dalam compactor untuk dilakukan penumbukan sebanyak dengan 75 kali tumbukan pada satu sisi benda uji dan diulang pada sisi sebaliknya dengan tumbukan yang sama. Jumlah tumbukan berdasarkan SNI yang digunakan untuk lalu lintas berat. Setelah penumbukan selesai kemudian *mold* di lepas dr compactor untuk ditunggu sampai dingin sebelum dipindahkan ke *ekstruder* untuk mengeluarkan benda uji.

Pengujian marshall

Pengujian *marshall* dilakukan setelah proses pendinginan dan perendaman dalam *waterbath* dengan suhu $\pm 60^{\circ} \text{C}$ selama kurang lebih 30 menit. Salah satu hasil diuraikan untuk benda uji dengan kadar aspal 5,3% yang memiliki berat jenis 2,429, nilai VIM diperoleh dengan dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan $\text{VIM} (\%) = \frac{2,429 - 2,321}{2,429} \times 100 = 4,43 \%$.



Gambar 2. Penentuan nilai KAO

Dengan sampel 5 benda uji diperoleh hasil rata – rata adalah 4,57% dimana spesifikasi dengan batas bawah 3% dan batas atas 5%. Nilai VMA dan VFA yang masing – masing dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut : $\text{VMA} (\%) = 100 - \frac{2,321 \times 94,7}{2,607} = 15,69$ dan nilai $\text{VFA} (\%) = \frac{15,69 - 4,43}{15,69} \times 100 = 71,76$. Rata – rata dari perhitungan keseluruhan dengan penggunaan kadar aspal 5,3% diperoleh VMA sebesar 15,85% dan VFA sebesar 71,09% yang secara spesifikasi harus memenuhi persyaratan minimal 15% dan 61%. Perhitungan keseluruhan 5 benda uji di tunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian

No	% kadar aspal	BJ maks camp	BJ maks camp	berat benda uji			BJ. Bulk Camp.	% VIM	% VMA	% VFA	Kadar Aspal Efektif	stabilitas		Flow
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	4,30	2,464	1188,6	699,6	1197,3	497,7	2,388	3,08	12,34	75,05		101	1101,26	3,20
2			1187,5	668,4	1191,5	523,1	2,270	7,87	16,67	52,80		96	1141,55	3,00
3			1180,1	685,8	1184,1	498,3	2,368	3,89	13,07	70,26		104	1128,12	3,10
							2,342	4,94	14,03	66,04	4,01		1123,64	3,10
1	4,80	2,446	1183,7	679,4	1187,8	508,4	2,328	4,82	14,98	67,82		96	1154,98	3,20
2			1187,4	680,4	1191,4	511,0	2,324	5,01	15,15	66,94		93	1007,25	3,40
3			1186,6	680,6	1191,9	511,3	2,321	5,13	15,26	66,38		90	980,39	3,70
							2,324	4,99	15,13	67,05	4,51		1047,54	3,43
1	5,30	2,429	1185,4	677,8	1188,2	510,4	2,322	4,37	15,64	72,04		90	993,82	3,60
2			1187,7	678,4	1190,1	511,7	2,321	4,43	15,69	71,76		89	993,82	3,60
3			1186,7	676,5	1190,4	513,9	2,309	4,92	16,12	69,49		86	1007,25	3,50
							2,318	4,57	15,82	71,10	5,01		998,30	3,57
1	5,80	2,411	1187,6	674,9	1189,9	515,0	2,306	4,37	16,68	73,80		86	1007,25	3,50
2			1185,5	670,7	1189,3	518,6	2,286	5,20	17,41	70,11		80	980,39	3,70
3			1190,3	681,3	1191,9	510,6	2,331	3,33	15,77	78,91		84	966,96	3,80
							2,308	4,30	16,62	74,27	5,52		984,87	3,67
1	6,30	2,394	1190,2	672,7	1193,2	520,5	2,287	4,50	17,82	74,76		82	980,39	3,70
2			1193,8	677,5	1195,1	517,6	2,306	3,67	17,11	78,53		79	980,39	3,70
3			1192,2	673,0	1195,4	522,4	2,282	4,69	17,98	73,94		85	953,53	3,90
							2,292	4,29	17,64	75,74	6,02		971,44	3,77
BATASAN														
								3,0 -	min	min				
								5,0	15	65				
											min	800	2,0 -	
													4,0	

Tabel 7. Hasil Marshall penambahan PET

No	P E T	A	% kadar aspal	BJ maks camp	BJ berat benda uji			isi	BJ. Bulk Camp.	% VIM	% VMA	% VFA	Kadar Aspal Efektif	stabilitas		Flow
					udara	di dalam air	SSD							jarum	beban (Kg)	
BATASAN																
			B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	2		5,10	2,436	1188,6	699,6	1197,3	497,7	2,388	1,95	13,07	85,08		101	1356,43	2,60
2					1187,5	668,4	1191,5	523,1	2,270	6,80	17,37	60,87		96	1289,28	3,30
3					1180,1	685,8	1184,1	498,3	2,368	2,77	13,80	79,94		104	1396,72	3,00
1	4		5,10	2,436	1183,7	679,4	1187,8	508,4	2,328	3,84	14,75	75,29	4,81	96	1347,48	2,97
2					1187,4	680,4	1191,4	511,0	2,324	4,41	15,25	71,09		93	1248,99	3,20
3					1186,6	680,6	1191,9	511,3	2,321	4,72	15,53	69,61		90	1208,70	3,40
1	6		5,10	2,436	1185,4	677,8	1188,2	510,4	2,322	4,58	15,40	70,29	4,81	90	1248,99	3,20
2					1187,7	678,4	1190,1	511,7	2,321	4,65	15,46	69,95		89	1195,27	4,20
3					1186,7	676,5	1190,4	513,9	2,309	5,19	15,95	67,44		86	1154,98	4,40
1	8		5,10	2,436	1187,6	674,9	1189,9	515,0	2,306	4,85	15,64	69,02	4,81	86	1186,32	4,17
2					1185,5	670,7	1189,3	518,6	2,286	5,32	16,06	66,86		86	1154,98	4,30
3					1190,3	681,3	1191,9	510,6	2,331	6,15	16,79	63,39		80	1074,40	4,80
1	10		5,10	2,436	1190,2	672,7	1193,2	520,5	2,308	4,29	15,15	71,67		84	1128,12	4,60
2					1193,8	677,5	1195,1	517,6	2,287	5,25	16,00	67,31	4,81	82	1119,17	4,57
3					1192,2	673,0	1195,4	522,4	2,282	6,12	16,77	63,51		82	1101,26	4,30
									2,306	5,31	16,05	66,93		79	1060,97	5,00
									2,282	6,30	16,93	62,77		85	1141,55	4,50
									2,292	5,91	16,58	64,40	4,81		1101,26	4,60
										3,0 - 5,0	min 15	min 65			min 800	2,0 - 4,0

Setelah diperoleh nilai keseluruhan karakteristik marshall dilanjutkan tahapan berikutnya adalah penentuan kadar aspal optimal (KAO). Nilai KAO diperoleh dari plotting hasil seluruh karakteristik yang ada pada Tabel 6 ke dalam Gambar 2, nilai tersebut berat jenis, stabilitas, VIM, flow, VMA VFA dan MQ. Penentuan KAO dimulai dengan melihat keseluruhan karakteristik yang memiliki nilai rentang sama dijadikan sebagai batasan awal dan akhir pada Gambar 5, selanjutnya mencari nilai tengah dari batasan tersebut dan diperoleh nilai 5,1%. Nilai tersebut yang akan dijadikan persentase kadar aspal pada benda uji 2 yang bisa diartikan bahwa pada penelitian ini kadar aspal terbaik untuk campuran berdasarkan karakteristik adalah sebesar 5,1%.

Pembuatan benda uji kedua dan pengujian marshall

Pembuatan benda uji kedua dengan tahapan yang sama dengan benda uji pertama, yang membedakan adalah pada benda uji kedua kadar aspal menggunakan 5,1% hasil dari KAO dan penambahan limbah plastik PET pada aspal dengan persentase 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% dari total KAO. Setelah proses pembuatan benda uji kedua selesai kemudian dilakukan uji tes marshall dengan tahapan yang sama pada uji sebelumnya. Hasil pengujian seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7 yang merupakan hasil pengujian marshall dengan adanya tambahan limbah plastik PET diperoleh nilai rata – rata VIM antara 3 – 6 yang mana spesifikasi pada peraturan mengharuskan nilai tersebut masuk pada rentang 3 – 5%, sehingga dari nilai tersebut diperoleh hasil bahwa pada penambahan limbah PET sampai 6% masih memenuhi spesifikasi, sedangkan penambahan > 6% sudah tidak memenuhi. Nilai VMA rata – rata dengan minimal 15% memenuhi jika penambahan kadar PET dimulai dari 6%. Sedangkan nilai rata – VFA untuk penambahan di atas 6% tidak memenuhi. Pengujian stabilitas yang dilakukan menghasilkan nilai rata – rata minimal 1101,26 yang jika didasarkan pada batasan minimal semua memenuhi, sedangkan pada nilai flow yang memiliki batasan 2 -4 untuk rata – rata flow yang terpenuhi hanya pada penambahan limbah plastik PET kadar 2% dan 4%.

4. KESIMPULAN

Penambahan limbah plastik PET pada campuran AC-WC dengan persentase 2% sampai maksimal 10% diperoleh bahwa penambahan limbah PET paling optimal sebesar 4%. Hasil dari pengujian dengan kadar penambahan PET 4% pada aspal diperoleh nilai VIM 4,58 dengan VMA 15,40 dan VFA 70,29. Sedangkan nilai stabilitas sebesar 1248,99 dan flow 3,2, yang mana dari seluruh hasil sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018. Saran untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan limbah plastik yang lainnya yang sampai saat ini mendominasi sebagai sampah yang belum banyak dimanfaatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2008). Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970:2008). <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DaftarList>
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar (ASTM C 136-06, IDT) (SNI ASTM C136:2012). <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DaftarList>
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). Metode pengujian campuran aspal dengan alat Marshall (SNI 06-2489-1991). <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DaftarList>
- Pinem, H. K. W. B., Pristyawati, T., & Safarizki, H. A. (2022). Analysis of the influence of additional plastic waste (HDPE) as Mixed Asphalt AC-WC on Marshall Parameters. *ASTONJADRO*, 11(3), 669-679. <https://doi.org/10.32832/astonjadro.v11i3.7507>
- Khadafi, M., & Fadly, I. (2023). Studi penggunaan plastik HDPE (High Density Polyethylene) pada campuran aspal sebagai bahan pengikat konstruksi jalan. *Jurnal Karajata Engineering*, 3(2), 102-106.
- Utomo, L. W., & Arfiana, S. (2023). Pemanfaatan limbah plastik daur ulang dari polietilen tereftalat (PET) sebagai bahan tambahan dalam pembuatan nanokomposit, semen mortar, dan aspal. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(1), 164-179.
- Rahmawati, A. (2015). Pengaruh penggunaan Plastik Polyethylene (PE) dan High Density Polyethylene (HDPE) pada campuran Lataston-WC terhadap karakteristik Marshall. *Semesta Teknika*, 18(2), 147-159.. <https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/1816/1820>
- Simangunsong, J.E. (2021). Pemanfaatan limbah plastik pet sebagai bahan tambah aspal pada campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 5(2), 26-33.. <http://dx.doi.org/10.30872/ts.v5i2.6983>

Tulis

Kotak Masuk 185

Berbintang

Ditunda

Terkirir

Draf 3

Selengkapnya

Label +

Telusuri email



21 dari 406

[JMTS] Submission Acknowledgement



Andy Prabowo, Ph.D. <journal@untar.ac.id>
kepada saya

6 Feb 2025, 20:18

Terjemahkan ke Indonesia

Tantini Pristiyawati:

Thank you for submitting the manuscript, "P PEMAFAATAN LIMBAH PLASTIK POLYETHYLENE THEREPHTHALETE (PET) UNTUK CAMPURAN ASPAL CONCRETE - WEARING COURSE (AC - WC)" to JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Submission URL: <https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/authorDashboard/submission/33112>
Username: tantin

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Andy Prabowo, Ph.D.

Balas Teruskan

Tulis

Kotak Masuk 185

Berbintang

Ditunda

Terkirir

Draf 3

Selengkapnya

Label +

Telusuri email

← [Icons]

18 dari 406 < > ✎

• Catatan Reviewer
karena tujuan belum detail, maka bagian ini menjadi kurang jelas.

1. Referensi
• Jumlah dan keterkaitan referensi dengan penelitian
Cukup

• Catatan Reviewer
sebaiknya jika merujuk pendapat yang bukan jurnal dihindari, kecuali belum ada penelitian tentang hal tersebut.

1. Apakah makalah direkomendasikan untuk dipublikasikan di JMTS?
Dengan Revisi

• Catatan Reviewer
dengan mayor revision

- Tulis
- Kotak Masuk 185
- Berbintang
- Ditunda
- Terkirim
- Draf 3
- Selengkapnya
- Label +

← 📅 ⌚ 🗑️ 📧 📁 ⋮ 5 dari 406 < > ✎

[JMTS] New notification from JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil Kotak Masuk x

A

Ir. Arif Sandjaya, S.T., M.T.
kepada saya ▾

Sen, 28 Apr, 17:19 (7 hari yang lalu) ☆ 😊 ↶ ⋮

You have a new notification from JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil:

An issue has been published.

Link: <https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/issue/current>

Andy Prabowo, Ph.D.

↶ Balas

↷ Teruskan

😊

Tulis

Kotak Masuk 185

Berbintang

Ditunda

Terkirim

Draf 3

Selengkapnya

Label +

Telusuri email



10 dari 406

[JMTS] Editor Decision Kotak Masuk x

A Andy Prabowo, Ph.D.
kepada saya ▾

Sel, 8 Apr, 21.26 ☆ 😊 ↶ ⋮

🗉 Terjemahkan ke Indonesia ✕

Tantin Pristyawati:

The editing of your submission, "P PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK POLYETHYLENE THEREPHTHALETE (PET) UNTUK CAMPURAN ASPAL CONCRETE - WEARING COURSE (AC – W/C)," is complete. We are now sending it to production.

Submission URL: <https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/authorDashboard/submission/33112>

t tantin pris <tantintsipil@gmail.com>
kepada Ph.D. ▾
terimakasih banyak atas bantuannya bapak.

Rab, 9 Apr, 09.01 ☆ 😊 ↶ ⋮

✍️ Tulis

- 📁 Kotak Masuk 185
- ☆ Berbintang
- 🕒 Ditunda
- 📤 Terkirim
- 📄 Draf 3
- ⌵ Selengkapnya

Label +

← 📅 ⌚ 🗑️ 📧 📁 ⋮

16 dari 406 < > ✎ ⌵



tantin pris <tantintinsipil@gmail.com>
kepada Jurnal ▾

berikut kami kirimkan file revisi terbaru dengan tanggapan dari revisi lama. terimakasih bapak/ibu

Rab, 5 Mar, 13.00 ☆ 😊 ↶ ⋮

2 Lampiran • Dipindai dengan Gmail ⓘ

📄 untar tantin kirim ... 📄 tanggapan 1.docx

↶ Balas ↷ Teruskan 😊

Workflow

Publication

Submission

Review

Copyediting

Production

Submission Files

Q Search

▶



100214

untar tantin kirim.docx

6

February 2025

Article Text

Download All Files

Pre-Review Discussions

Add discussion

Name	From	Last Reply	Replies	Closed
Tindak Lanjut Penerbitan Artikel	andyprabowo 12-02-2025 00:43	tantin 12-02-2025 04:23	1	☐



Submission

Review

Copyediting

Production

Round 1

Round 2

Notifications

[\[JMTS\] Editor Decision](#)

20-02-2025 04:09

[\[JMTS\] Editor Decision](#)

17-03-2025 11:22

[\[JMTS\] Editor Decision](#)

08-04-2025 14:23

Reviewer's Attachments

[Q Search](#)

No Files

Revisions

[Q Search](#)[Upload File](#)

No Files

Review Discussions

[Add discussion](#)

Name	From	Last Reply	Replies	Closed
Hasil Review Ke-1	andyprabowo 20-02-2025 04:09	-	0	☐
▶ bertanya	tantin 27-02-2025 04:08	andyprabowo 27-02-2025 10:07	1	☐

untar tantin kirim.pdf

by Jasa Turnitin

Submission date: 02-Feb-2025 08:17PM (UTC+0530)

Submission ID: 2550163551

File name: untar_tantin_kirim.pdf (558.61K)

Word count: 3924

Character count: 18378

PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK POLYETHYLENE TEREPTHALETE (PET) UNTUK CAMPURAN ASPAL CONCRETE - WEARING COURSE (AC – WC)

Tantin Pristiyawati¹, Hery Susilo², dan Bagas Wahyu Adhi³

10
¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Jl. Sudjono Humardhani No.1 Sukoharjo,
Jawa Tengah, Indonesia
tantintsipil@gmail.com

²PUPR, Kabupaten Sukoharjo, Jl. Rajawali No.8 Mojotegalan Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia
laredukuh@gmail.com

12
³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Batik, Jl. Agus Salim No.10 Sondakan, Surakarta, Jawa Tengah,
Indonesia

Masuk: dd-mm-yyyy, revisi: dd-mm-yyyy, diterima untuk diterbitkan: dd-mm-yyyy

UTILIZATION OF POLYETHYLENE TEREPTHALETE (PET) PLASTIC WASTE FOR CONCRETE ASPHALT MIX - WEARING COURSE (AC – WC)

26
This research is an asphalt mixture experiment using PET (Polyethylene Terephthalate) type of plastic. PET is often used as raw material for packaging products such as beverage bottles, cooking oil, etc. The consideration for choosing is to reduce plastic waste, apart from that based on the properties of PET, namely clear, strong, solvent resistant, gas and water impermeable and easy to recycle (<https://perpustakaan.peradaban.ac.id/2021>). There are properties of PET that are almost the same as asphalt, namely strong and resistant to water. Therefore, the aim is to determine the characteristics of asphalt with the addition of PET material and its effect on the Marshall characteristic value of the AC-WC mixture. Using the experimental method with stages of aggregate testing and design mix creation to testing using a Marshall tool. The aggregate test results obtained specific gravity with a range between 2.5 – 2.6 for coarse aggregate and 2.6 – 2.7 for fine aggregate. Meanwhile, for the results from mixing PET waste with asphalt, the stability results were 1137.07 kg, 1226.61 kg, 1271.37 kg, 1262.42 kg, 1253.47 kg and the flow was 3.00 – 3.70. These results are the result of adding PET with variations in asphalt content of 2%, 4%, 6%, 8%, 10%.

Keywords: AC-WC, PET, Marshall

ABSTRAK

16
Penelitian ini merupakan percobaan campuran aspal dengan menggunakan plastik jenis PET (Polyethylene Terephthalate). PET sering digunakan sebagai bahan baku untuk kemasan produk seperti minuman botol, minyak goreng dll. Pertimbangan pemilihan adalah mengurangi sampah plastic selain itu berdasarkan sifat yang dimiliki PET yaitu jernih, kuat, tahan pelarut, kedap gas dan air dan mudah di daur ulang (<https://perpustakaan.peradaban.ac.id/2021>). Ada sifat PET hampir sama dengan sifat aspal yaitu kuat dan tahan terhadap air. Oleh karena itu tujuannya adalah untuk mengetahui karakteristik sifat aspal dengan penambahan bahan PET dan pengaruhnya terhadap nilai karakteristik Marshall pada campuran AC-WC. Menggunakan metode experiment dengan tahapan pengujian agregat dan pembuatan mix desain sampai pengujian menggunakan alat marshall. Hasil pengujian agregat diperoleh berat jenis dengan rentang antara 2,5 – 2,6 untuk agregat kasar dan 2,6 – 2,7 untuk agregat halus. Sedangkan untuk hasil dari pencampuran limbah PET dengan aspal diperoleh hasil stabilitas 1137,07 kg, 1226,61 kg, 1271,37 kg, 1262,42 kg, 1253,47 kg dan flownya 3,00 – 3,70. Hasil tersebut merupakan hasil dari penambahan PET dengan variasi kadar aspal 2%, 4%, 6%, 8%, 10%.

27
Kata kunci: AC-WC, PET, Marshall

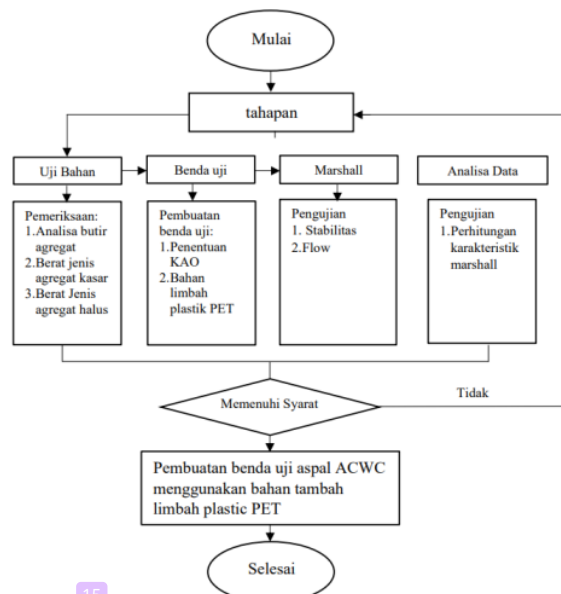
1. PENDAHULUAN

Perkerasan lentur atau flexible pavement sampai saat ini masih menjadi andalan Indonesia sebagai struktur perkerasan jalan. kemampuan dalam penerimaan beban serta kenyamanan dalam berkendara menjadi salah satu alasannya. Menurut (Simangunsong, J.E 2021) semakin meningkatnya pembebanan kendaraan bermotor serta kurangnya pemeliharaan perkerasan jalan dapat mempercepat kerusakan pada perkerasan jalan. Perbaikan dan pembangunan

jalan yang terus menerus menyebabkan kebutuhan penggunaan aspal sebagai bahan pengikat semakin meningkat. Oleh karena itu diperlukan adanya penelitian untuk mengurangi atau penghematan terhadap aspal dengan memberikan campuran bahan tertentu dengan formula campuran tetapi tidak membuat aspal kehilangan sifat – sifatnya. Pemilihan penggunaan plastik sebagai campuran karena plastik masih digunakan secara massal di dunia. Berdasarkan data yang dijelaskan Guru Besar Pengelolaan Udara dan Limbah ITB, Prof. Enri Damanhuri, pada tahun 2019 sebanyak 5,6 juta ton plastik digunakan. Ia juga menyampaikan bahwa ada beberapa jenis plastik yang kerap menjadi andalan untuk di daur ulang, salah satunya adalah plastik PET. Plastik jenis PET yang tidak berwarna lebih banyak didaur ulang karena penggunaannya yang lebih fleksibel. Pada penelitian ini limbah plastik PET digunakan sebagai bahan campuran aspal. Penelitian yang pernah dilakukan dengan menggunakan plastik HDPR dengan hasil: *The best range of HDPE content is in the percentage of 4%-6% because it can increase the stability value with a more flexible mixture and optimum bitumen absorption. The use of HDPE plastic waste is an alternative in wastetreatment and can reduce the use of asphalt. It can be concluded that HDPE plastic bag waste can be used as an alternative to bitumen substitution* (HKWB Pinem. T Pristyawati, HA safarizki, 2022). *The addition of waste rubber used in tires (crumb rubber) affects the value of Marshall Characteristics, asphalt mixture asphalt concrete wearing course (AC-WC) meets the specifications while the analysis of residual stability value/index of retained strength (IRS), duration 24-hours immersion meets the specifications. Still, for the duration of immersion, 48 hours, and 72 hours* (K. Hidayat, T Pristyawati, HA Safarizki, 2023). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh yang dihasilkan dengan penambahan limbah PET terhadap uji marshall dan untuk melihat karakteristik campuran aspal apakah masih memenuhi spesifikasi sesuai ketentuan Bina Marga tahun 2018 untuk aspal modifikasi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Universitas Veteran Bangun Nusantara (Univet Bantara) di Sukoharjo. Tahapan pelaksanaan seperti ditunjukkan pada Gambar 1, diawali dengan persiapan bahan dan alat yang akan digunakan. Bahan berupa Aspal pen 60/70, agregat kasar (CA), agregat medium (MA) dan agregat halus (FA) beserta filler (FF). Peralatan yang digunakan adalah antara lain peralatan grading berupa saringan, peralatan pengujian berat jenis seperti oven, piknometer. Peralatan yang diperlukan dalam pembuatan sampel antara lain mold, tempat pencampur material, compactor, extruder dan alat untuk melakukan pengujian marshall. Tahapan selanjutnya adalah pemeriksaan bahan material berupa analisa butir agregat, berat jenis agregat. Tahapan berikutnya adalah pembuatan benda uji dengan campuran aspal, agregat dan filler, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap benda uji dengan menggunakan alat marshall sehingga diperoleh nilai atau karakteristik marshall. Hasil pengujian dianalisa untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimal (KAO). Tahapan selanjutnya dengan proses yang sama dengan menggunakan tambahan limbah PET pada prosentase kadar aspalnya, dan analisa data dilakukan untuk memperoleh prosentase optimal aspal dan limbah PET yang digunakan.



Gambar 1. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

PENGUJIAN AGREGAT

Pengujian fisik agregat dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat yang akan dipakai sampai menentukan persentase fraksi agregat. Pedoman pengujian untuk agregat halus SI 1970:2008 dan agregat kasar SNI 1969:2008. agregat halus mempunyai ukuran butiran terbesar tertahan saringan nomor #4, sedangkan agregat kasar merupakan agregat yang tertahan diatas nimoc #4. Hasil pengujian agregat halus dan kasar setelah dilakukan perhitungan dengan persamaan (1), diperoleh seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil Rata – rata
Berat Jensi Bulk	2,654
Berat Jenis Kering permukaan (SSD)	2,698
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	2,777
Penyerapan (<i>absorption</i>)	1,667

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil Rata – rata
Berat Jensi Bulk	2,534
Berat Jenis Kering permukaan (SSD)	2,570
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	2,629
Penyerapan (<i>absorption</i>)	1,437

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2, dimana berat jenis bulk agregat kasar dan halus ada pada range 2,5 – 2,6 sedangkan berat jenis SSD terdapat rata – rata diperoleh hampir sama dengan berat jenis bulk, sedangkan untuk berat jenis semu rata – rata dari kedua agregat adalah kurang lebih 2,7. Secara umum rata – rata berat jenis antara 2,500 sampai 2,700, dengan nilai tersebut sudah sesuai dengan pedoman SNI. Penyerapan rata – rata agregat halus dan agregat kasar $\pm 1,5\%$ dimana penyerapan $< 3\%$. Sedangkan untuk nilai berat jenis efektif agregat (G_{se}) sebesar 2,628 dan berat jenis total bulk agregat (G_{sb}) adalah 2,607.

Analisa saringan untuk mendapatkan fraksi agregat yang sesuai spesifikasi. Setelah analisa saringan mencari prosentase masing – masing dengan *trial and error* untuk mendapatkan formula terbaik pada gradasi gabungan yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018. Kombinasi agergat kasar, medium dan halus diperoleh 46% untuk FA, 34% untuk MA dan 19% untuk CA. Prosentase tersebut kemudian dikalikan dengan hasil pada analisa saringan Tabel 3 kolom A, B, dan C, dengan tambahan filler diperoleh perhitungan gradasi gabungan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisa Saringan dan Kombinasi Gradasi

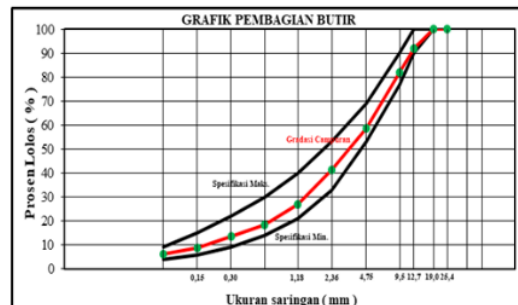
No Saringan	Ukuran Saringan (mm)	A FA	B MA	C CA	F semen	Gradasi Gabungan
1"	25	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,7	100,00	100,00	57,22	100,00	91,87
3/8"	9,5	100,00	100,00	6,29	100,00	82,19
#4	4,75	98,36	39,88	0,67	100,00	59,93
#8	2,36	83,65	9,74	0,53	100,00	42,89

No Saringan	Ukuran Saringan (mm)	A	B	C	F	Gradasi Gabungan
#30	0,6	36,28	3,57	0,44	100,00	18,99
#50	0,3	25,87	3,16	0,42	100,00	14,05
#100	0,15	15,34	2,64	0,38	100,00	9,02
#200	0,075	9,87	2,13	0,34	99,86	6,33

Tabel 4. Spesifikasi Bina Marga untuk Gradasi

No saringan	Ukuran Saringan (mm)	Spesifikasi	
		min	maks
1"	25	100	100
3/4"	19	100	100
1/2"	12,7	90	100
3/8"	9,5	77	90
#4	4,75	53	69
#8	2,36	33	53
#16	1,18	21	40
#30	0,6	14	30
#50	0,3	9	22
#100	0,15	6	15
#200	0,075	4	9

Hasil dari Tabel 3 pada kolom gradasi gabungan kemudian di bandingkan dengan spesifikasi yang ada pada Tabel 4, hasil perbandingan disebut dengan pembagian butiran ditunjukkan dengan grafik berikut.



Gambar 1. Pembagian Butiran

Gradasi gabungan diberikan grafik warna merah pada Gambar 1, sedangkan grafik warna hitam merupakan spesifikasi yang tercantum dalam peraturan teknis Bina Marga 2018. Berdasarkan Gambar tersebut sebagai salah satu contoh bahwa pada agregat kasar dimana nomor saringan 3/8" diperoleh nilai 82,19, sedangkan spesifikasi adalah 77 – 90 dan pada agregat halus dengan nomor saringan #8 hasil gradasi adalah 42,89 masuk pada spesifikasi 33 – 53. Dari hasil selengkapnya yang disajikan pada Gambar 1, maka tahapan bisa dilanjutkan.

PEMBUATAN BENDA UJI

Pembuatan Benda Uji Atau Sampel Pertama Sebanyak 3 Buah Dengan Berat Masing – Masing 1200 Gr, Sesuai Dengan Sni 03-6757-2002. Tiap Benda Uji Terdiri Dari Agregat, Filler Dan Aspal. Berat Aspal Diperoleh Dengan Menghitung Kadar Aspal Sementara Menggunakan Rumus (2). Hasilnya Kadar Aspal Pilihan Sebesar 5,3% Atau 63,9 Gr. Sedangkan Untuk Benda Uji Lainnya Kadar Aspal Digunakan $\pm 0,5$ Dari Kadar Aspal Pilihan. Hasil Komposisi Campuran Aspal Masing- Masing Ditunjukkan Pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi Campuran Aspal

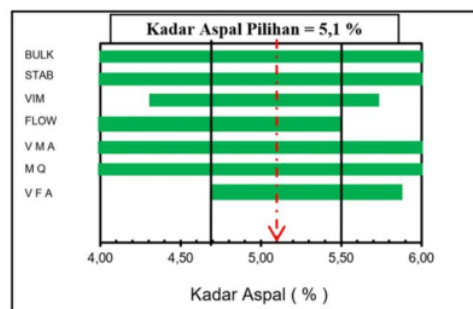
Nama	A	B	C	D	E
Berat benda uji	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0
Kadar aspal	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3
Berat aspal	51,9	57,9	63,9	69,9	75,9
Filler	10	10	10	10	10
Agregat	1138,1	1132,1	1126,1	1120,1	1114,1

Setelah diperoleh komposisi campuran selanjutnya adalah pembuatan benda uji, secara garis besarnya pembuatan benda uji yang dilaboratorium adalah sebagai berikut : Persiapan material sesuai dengan ukurannya, persiapan alat yang akan digunakan dalam proses pembuatan benda uji sampai pengujian, Pencampuran agregat dan aspal pada suhu $\pm 140^{\circ}\text{C}$, agregat kemudian aspal dan masukkan ke dalam cetakan yang sudah dipanaskan pada suhu tertentu, saat memasukkan campuran dengan ditusuk – tusuk bagian tengah dan pinggir untuk mengurangi resiko rongga yang besar, dilakukan pemadatan dengan 75 kali tumbukan pada satu muka benda uji.

PENGUJIAN MARSHALL

Pengujian *marshall* dilakukan setelah benda uji selesai direndam dalam *waterbath* dengan suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ selama kurang lebih 30 menit. Hasil pengujian di tunjukkan pada Tabel 6 adalah seluruh hasil pengujian dengan komposisi sesuai Tabel 5. Salah satu hasil diuraikan untuk benda uji dengan kadar aspal 5,3% yang memiliki berat jenis 2,429, sedangkan VIM dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus (3) $\text{VIM} (\%) = \frac{2,429 - 2,321}{2,429} \times 100 = 4,43 \%$.

Dengan sampel 3 benda uji diperoleh hasil rata – rata adalah 4,57% dimana spesifikasi dengan batas bawah 3% dan batas atas 5%. Nilai VMA dan VFA yang masing – masing dihitung dengan menggunakan rumus (4) dan (5) dengan salah satu perhitungan sebagai berikut : $\text{VMA} (\%) = 100 - \frac{2,321 \times 94,7}{2,607} = 15,69$ dan nilai $\text{VFA} (\%) = \frac{15,69 - 4,43}{15,69} \times 100 = 71,76$. Secara rata – rata dari perhitungan keseluruhan dengan penggunaan kadar aspal 5,3% diperoleh VMA sebesar 15,85% dan VFA sebesar 71,09% yang secara spesifikasi harus memenuhi persyaratan minimal 15% dan 61%. Perhitungan selanjutnya di tunjukkan pada Tabel 6. Tahapan berikutnya adalah penentuan kadar aspal optimal (KAO). Nilai KAO diperoleh dari plotting hasil uji. Nilai KAO berdasarkan Gambar yang diperoleh adalah 5,1 dimana dalam penentuan KAO adalah dilihat pada tiap hasil uji yang masuk untuk menentukan batas kanan dan kiri, setelah itu penentuan nilai KAO merupakan nilai tengah dari hasil plotting tersebut. Penyajian lebih lengkap plotting ada pada Gambar 2.



Gambar 2. Penentuan nilai KAO

Tabel 6. Hasil Pengujian

		%	BJ	berat benda uji			BJ.	%	%	%	Kadar	stabilitas		
No	kadar	maks	di	dalam	SSD	isi	Bulk	VIM	VMA	VFA	Aspal	bacaan	beban	Flow
	aspal	camp	udara	air			Camp.				Efektif	jarum	(Kg)	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	4,30	2,464	1188,6	699,6	1197,3	497,7	2,388	3,08	12,34	75,05		101	1101,26	3,20
2			1187,5	668,4	1191,5	523,1	2,270	7,87	16,67	52,80		96	1141,55	3,00
3			1180,1	685,8	1184,1	498,3	2,368	3,89	13,07	70,26		104	1128,12	3,10
							2,342	4,94	14,03	66,04	4,01		1123,64	3,10
1	4,80	2,446	1183,7	679,4	1187,8	508,4	2,328	4,82	14,98	67,82		96	1154,98	3,20
2			1187,4	680,4	1191,4	511,0	2,324	5,01	15,15	66,94		93	1007,25	3,40
3			1186,6	680,6	1191,9	511,3	2,321	5,13	15,26	66,38		90	980,39	3,70
							2,324	4,99	15,13	67,05	4,51		1047,54	3,43
1	5,30	2,429	1185,4	677,8	1188,2	510,4	2,322	4,37	15,64	72,04		90	993,82	3,60
2			1187,7	678,4	1190,1	511,7	2,321	4,43	15,69	71,76		89	993,82	3,60
3			1186,7	676,5	1190,4	513,9	2,309	4,92	16,12	69,49		86	1007,25	3,50
							2,318	4,57	15,82	71,10	5,01		998,30	3,57
1	5,80	2,411	1187,6	674,9	1189,9	515,0	2,306	4,37	16,68	73,80		86	1007,25	3,50
2			1185,5	670,7	1189,3	518,6	2,286	5,20	17,41	70,11		80	980,39	3,70
3			1190,3	681,3	1191,9	510,6	2,331	3,33	15,77	78,91		84	966,96	3,80
							2,308	4,30	16,62	74,27	5,52		984,87	3,67
1	6,30	2,394	1190,2	672,7	1193,2	520,5	2,287	4,50	17,82	74,76		82	980,39	3,70
2			1193,8	677,5	1195,1	517,6	2,306	3,67	17,11	78,53		79	980,39	3,70
3			1192,2	673,0	1195,4	522,4	2,282	4,69	17,98	73,94		85	953,53	3,90
							2,292	4,29	17,64	75,74	6,02		971,44	3,77
BATASAN								3,0 - 5,0	min 15	min 65			min 800	2,0 - 4,0

Dari Gambar 2 diperoleh nilai KAO 5,1%, nilai ini yang akan digunakan sebagai kadar aspal pada pembuatan benda uji yang kedua. Pembuatan benda uji akan di tambah dengan limbah plastik PET sebesar 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% dari total KAO. Tahapan pembuatan benda uji yang dilakukan sama dengan tahapan pembuatan benda uji yang pertama, perbedaan yang terjadi pada tahap kedua ini ada penambahan limbah PET. Limbah PET yang digunakan adalah plastik bekas pembungkus minyak dan makanan – makanan ringan. Sebelum limbah digunakan dibersihkan dahulu kemudian dikeringkan. Limbah yang sudah kering di potong kecil – kecil. Potongan tersebut akan dicampurkan pada agregat saat kondisi dipanaskan pada suhu kurang lebih 125°C, dengan berat sesuai perhitungan. Dari hasil perhitungan formula campuran dengan tambahan limbah PET, prosentase formula agregat kasar dan halus 94%, filler 0,9% dan kadar aspal optimal KAO 5,1%. Prosentase kadar aspal nanti akan dikurangi dengan pemakaian limbah dengan prosentase diatas. Tahapan selanjutnya adalah pengujian dengan menggunakan alat marshall dengan proses yang sama seperti yang dilakukan pada benda uji yang pertama. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Marshall Penambahan PET

No	P E T	%	BJ	berat benda uji				BJ.	%	%	%	Kadar	stabilitas		Flow		
		kadar	maks	di	dalam	SSD	isi	Bulk	VIM	VMA	VFA	Aspal	bacaan	beban			
		aspal	camp	udara	air			Camp.				Efektif	jarum	(Kg)			
A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		
1	2	5,10	2,436	1188,6	699,6	1197,3	497,7	2,388	1,95	13,07	85,08		101	1356,43	2,60		
2														96	1289,28	3,30	
3															104	1396,72	3,00
								2,342	3,84	14,75	75,29	4,81		1347,48	2,97		
1	4	5,10	2,436	1183,7	679,4	1187,8	508,4	2,328	4,41	15,25	71,09		96	1289,28	3,00		
2														93	1248,99	3,20	
3															90	1208,70	3,40
								2,324	4,60	15,42	70,18						
								2,321	4,72	15,53	69,61						
								2,324	4,58	15,40	70,29	4,81		1248,99	3,20		
1	6	5,10	2,436	1185,4	677,8	1188,2	510,4	2,322	4,65	15,46	69,95		90	1208,70	3,90		
2														89	1195,27	4,20	
3															86	1154,98	4,40
								2,318	4,85	15,64	69,02	4,81		1186,32	4,17		
1	8	5,10	2,436	1187,6	674,9	1189,9	515,0	2,306	5,32	16,06	66,86		86	1154,98	4,30		
2														80	1074,40	4,80	
3															84	1128,12	4,60
								2,308	5,25	16,00	67,31	4,81		1119,17	4,57		
1	10	5,10	2,436	1190,2	672,7	1193,2	520,5	2,287	6,12	16,77	63,51		82	1101,26	4,30		
2														79	1060,97	5,00	
3															85	1141,55	4,50
								2,292	5,91	16,58	64,40	4,81		1101,26	4,60		
				BATASAN					3,0 - 5,0	min	min			min	2,0 - 4,0		
										15	65			800			

Berdasarkan Tabel 7 yang merupakan hasil pengujian marshall dengan adanya tambahan limbah PET pada campurannya, pada campuran 8 dan 10% nilai rongga udara dalam campuran (VIM) melebihi batas atas rentang spesifikasi yaitu di atas 5. Sedangkan nilai VMA atau rongga dalam agregat mineral tidak terpenuhi pada kadar 2% campuran PET. Pada rongga terisi aspal atau VFA kadar campuran 10% tidak memenuhi karena nilai prosentasenya dibawah 65%. Pembacaan stabilitas menunjukkan nilai yang masih memenuhi spesifikasi dimana minimal harus 800 kg, hasil pengujian menunjukkan rata – rata 1200,64 kg. Pembacaan flow diperoleh sesuai dengan spesifikasi dalam rentang 2 – 4 untuk kadar campuran 2 dan 4%, untuk kadar aspal lainnya nilai flow tidak memenuhi karena nilai diatas 4 atau diatas batasan maksimal dari spesifikasi yaitu sebesar rata – rata 4,45.

4. KESIMPULAN (DAN SARAN – JIKA ADA)

Penambahan PET dengan jumlah semakin banyak maka akan memberikan pengaruh terhadap bertambah besarnya VIM dalam campuran. Sedangkan nilai VMA akan menjadi semakin kecil pada saat prosentase pengurangan prosentase PET. Stabilitas dengan penambahan limbah ini cenderung stabil dan memenuhi spesifikasi sedangkan pada nilai flow atau kelelahan semakin besar prosentase PET maka nilai flow akan semakin tinggi dan tidak sesuai

spesifikasi. Berdasarkan analisa karakteristik tersebut pada penelitian pemanfaatan limbah PET sebagai campuran aspal pada perkerasan yang sepenuhnya memenuhi spesifikasi hanya pada kadar 4%.

3

DAFTAR PUSTAKA

ASTM (American Society for Testing andMaterial) D6927-15. (n.d.). *Standard Test Method for Marshall Stability of Asphalt Mixtures*. US.

5

HKWB PINEM, T PRISTYAWATI, HA SAFARIZKI. (2022). *ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF ADDITIONAL PLASTIC WASTE (HDPE) AS MIXED ASPHALT AC-WC ON MARSHALL PARAMETERS*. ASTONJADRO, 669 - 679

8

K Hidayat, T Pristyawati, HA Safarizki. (2023). *A Change in the Indeks of Retained Strength in the AC-WC Mixture with the Additional Waste Rubber from Used Tires (Crumb Rubber)*, JPM 10-18

1

.RAHMAWATI, A. (2015). PENGARUH PENGGUNAAN PLASTIK POLYETHYLENE (PE) DAN HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) PADA CAMPURAN LATASTON-WC TERHAAP KARAKTERISTIK MARSHALL. *JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIKA*, 147-159.

1

Simangunsong, J.E. (2021). Pemanfaatan Limbah Plastik PET Sebagai Bahan Tambah Aspal Pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). *Jurnal Teknologi*, 26-33.

3

SNI (Standar Nasional Indonesia) 1970:2016. (2016). *Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*.

SNI (Standar Nasional Indonesia) ASTM C136:2012. (n.d.). *Metode Uji untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agergat Kasar (ASTM C 136-06, IDT)*.

Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Edisi Revisi 2. (2020). Jakarta.

untar tantin kirim.pdf

ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

17%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	ejournal.uika-bogor.ac.id Internet Source	3%
2	Submitted to Universitas Islam Lamongan Student Paper	2%
3	Submitted to Universitas Sebelas Maret Student Paper	2%
4	ts.ft.unmul.ac.id Internet Source	1%
5	eprints.univetbantara.ac.id Internet Source	1%
6	news.detik.com Internet Source	1%
7	lib.ui.ac.id Internet Source	1%
8	sinta.ildikti6.id Internet Source	1%
9	repository.its.ac.id Internet Source	<1%

10

Submitted to Universitas Muhammadiyah
Surakarta

Student Paper

<1 %

11

repository.umy.ac.id

Internet Source

<1 %

12

Ahmad Hidayawan, Andri Kurniawan, Bagas
Wahyu Adhi, Beni Setiyanto, Hayu Rahayu.
"Analisis Sattlement Puncak Bendungan
Akibat Proses Konsolidasi dalam Penentuan
Camber", MoDuluS Media Komunikasi Dunia
Ilmu Sipil, 2023

Publication

<1 %

13

Submitted to LL DIKTI IX Turnitin Consortium
Part II

Student Paper

<1 %

14

repository.ubaya.ac.id

Internet Source

<1 %

15

Restu Andika, Hendramawat Aski Safarizki.
"PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG
KERANG DARA (ANADARA GRANOSA)
SEBAGAI BAHAN TAMBAH DAN KOMPLEMEN
TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL",
MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil,
2019

Publication

<1 %

16

Submitted to Universitas Bina Darma

Student Paper

<1 %

17	publikasiilmiah.ums.ac.id Internet Source	<1 %
18	repository.poliupg.ac.id Internet Source	<1 %
19	123dok.com Internet Source	<1 %
20	core.ac.uk Internet Source	<1 %
21	ejurnal.poliban.ac.id Internet Source	<1 %
22	journal.stieamkop.ac.id Internet Source	<1 %
23	jurnal.poltekba.ac.id Internet Source	<1 %
24	ojs.unm.ac.id Internet Source	<1 %
25	teras.unimal.ac.id Internet Source	<1 %
26	Eunike Desnia, Edwand Rosie, Sandy Budi Hartono, Wiyanti Fransisca Simanullang, Adriana Anteng Anggorowati, Suratno Lourentius. "Optimization of pyroliysis of polypropylene and polyethylene based plastic waste become an alternative oil fuel using	<1 %

bentonite catalyst", E3S Web of Conferences, 2024

Publication

27

Ida Bagus Wirahaji, AAA Made Cahaya Wardani. "Pengaruh Air Hujan terhadap Karakteristik Marshall Campuran Aspal Panas pada Lapis Permukaan Jalan", Widya Teknik, 2019

Publication

<1 %

28

de.scribd.com

Internet Source

<1 %

29

digilib.unila.ac.id

Internet Source

<1 %

30

dspace.umkt.ac.id

Internet Source

<1 %

31

journal.ubb.ac.id

Internet Source

<1 %

32

media.neliti.com

Internet Source

<1 %

33

www.scribd.com

Internet Source

<1 %

34

em-ridho.blogspot.com

Internet Source

<1 %

35

eprints.itn.ac.id

Internet Source

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off