

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK POLYVINYL CHLORIDE PADA CAMPURAN ASPHALT TREATED BASE ATB TERHADAP NILAI PARAMETER MARSHALL TEST

Arif Rizky Andika Pratama¹⁾, Mohammad Erfan²⁾, Ester Priskasari³⁾, Agus Prajitno⁴⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

^{2) 3)} Dosen Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

ABSTRAK

Dalam penelitian ini, dicoba pemanfaatan limbah plastik PVC pada campuran ATB -ditinjau dari karakteristik Marshall Test- dengan menggunakan 6% kadar aspal. Variasi penambahan PVC yang digunakan yakni 2%, 4%, 6% dan 8% dari berat keseluruhan benda uji. Agregat batu pecah diambil dari queri Desa Toyomerto Kecamatan Singosari Kabupaten Malang dengan limbah Polyvinyl chloride bekas baliho.

Dari pengujian tersebut didapatkan nilai optimum PVC sebesar 4,98% pada parameter Marshall Test sebagai berikut: Stabilitas (1004,59 kg), Flow (3,48mm), VIM (3,34%), VMA (17,39%), MQ (288,53 kg/mm), VFA (80,98%) dan IP (88,34%). Nilai ini masuk dalam batas Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur 2018. Untuk pengujian hipotesis parameter Marshall Test seperti stabilitas, flow dan MQ terdapat pengaruh akibat penambahan PVC dan untuk parameter Marshall Test seperti VIM, VMA, VFA tidak terdapat pengaruh akibat penambahan PVC.

Kata kunci: Polyvinyl Chloride, stabilitas, Laston, Parameter Marshall Test

ABSTRACT

In this study, the use of PVC plastic waste in the ATB mixture - in terms of the Marshall Test characteristics - using 6% asphalt content. The variation of the addition of PVC used is 2%, 4%, 6% and 8% of the total weight of the test specimen. The broken stone aggregate was taken from a query of Toyomerto Village, Singosari Subdistrict, Malang Regency with waste of Polyvinyl chloride used in billboards.

From these tests obtained the optimum PVC value of 4.98% on the Marshall Test parameters as follows: Stability (1004.59 kg), Flow (3.48mm), VIM (3.34%), VMA (17.39%), MQ (288.53 kg / mm), VFA (80.98%) and IP (88.34%). This value falls within the limits of the General Specifications of the Public Works Department of Highways in East Java Province 2018. For testing the Marshall Test parameter hypotheses such as stability, flow and MQ there is an effect due to the addition of PVC and for Marshall Test parameters such as VIM, VMA, VFA there is no effect due to the addition PVC.

Keywords: Polyvinyl Chloride, stability, Laston, Marshall Test Parameters

PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi teknologi pada campuran penyusun aspal beton yang merupakan salah satu campuran bergradasi tertutup atau gradasi menerus, yang disusun minimum oleh agregat, filler dan aspal. Karena dicampur dalam keadaan panas sehingga disebut hot mix. Dalam perkembangannya campuran aspal beton juga mulai dicampur dengan bahan aditive yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan, memanfaatkan bahan yang merupakan limbah yang murah dan kurang dapat dimanfaatkan oleh kita seperti limbah plastik, karet ban pecahan limbah industri keramik dan sebagainya. Faktor material ini harus dikaji lebih dalam menyangkut pengaruh dan hubungannya dengan mutu dan kekuatan konstruksi yang direncanakan dan akan dilaksanakan.

Oleh karena itu sangat penting untuk dicari bahan material tambahan yang dapat meningkatkan kekuatan dan membantu perbaikan konstruksi jalan

pada lapisan permukaan perkerasan, dan juga disertai teknik-teknik optimasi yang mendukung, penggunaan bahan additive seperti penggunaan Polyvinyl chloride. Polyvinyl chloride ini sebagai bahan campuran aspal karena dapat meningkatkan elastisitas aspal dan daya tahan terhadap air sedangkan Abu batu merupakan hasil sampingan dalam produksi batu pecah. Menurut Celik dan Marar (1996), agregat halus yang dihasilkan dari lokasi stone crusher mengandung kurang lebih 17% sampai 25% fraksi abu batu, sehingga abu batu memiliki volume produksi yang cukup potensial untuk dimanfaatkan lebih lanjut penggunaannya. Agregat halus yang digunakan bahan pengisi campuran semen memiliki kriteria atau syarat-syarat tertentu. Begitu pula dengan abu batu apakah karakteristiknya sudah sesuai dengan syarat agregat halus yang dapat digunakan sebagai bahan campuran semen, apabila telah memenuhi syarat maka abu batu dari perusahaan batu pecah dapat

dipergunakan sebagai filler pada campuran aspal beton.

Urgensi permasalahan dari penelitian ini adalah berapa besar manfaat Polyvinyl chloride sebagai bahan tambah dengan filler abu batu pada aspal beton ATB dengan pereincian sebagai berikut:

- 1 Apakah Polyvinyl chloride dengan filler abu batu dapat meningkatkan nilai parameter uji marshall?
- 2 Berapa presentase nilai optimum komposisi limbah Polyvinyl chloride pada campuran ATB?

TINJAUAN PUSTAKA

Aspal Beton

Aspal beton merupakan perkerasan jalan yang berupa berbagai jenis ukuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa aditive. Lapis aspal beton merupakan jenis tertinggi dari perkerasan yang merupakan campuran dari bitumen dengan agregat bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat. Asphalt Traeted Base (ATB) dengan tebal minimum 5 cm digunakan sebagai lapis pondasi atas konstruksi jalan dengan lalu lintas berat.

Material-material pembentuk aspal beton dicampur pada alat pencampur pada suhu tertentu, setelah itu dibawa ke lokasi, dihamparkan merata setebal yang kita inginkan kemudian dipadatkan. Suhu pencampuran semen aspal, suhu pencampuran umumnya antara 145°-155° C, sehingga disebut aspal beton campuran panas. Campuran ini dikenal juga dengan nama hotmix.

Aspal beton harus memiliki karakteristik dalam pencampuran seperti Stabilitas yang merupakan suatu kemampuan perkerasan jalan dalam menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (Deformation permanent), seperti gelombang, alur, dan bleeding; Keawetan atau durabilitas yaitu kemampuan beton aspal menerima beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, air, atau perubahan temperature; Kelenturan atau fleksibilitas adalah suatu kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement); Memiliki ketahanan terhadap kelelahan (fatigue resistance) dalam menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya berupa alur dan retak; kekesatan permukaan atau ketahanan geser yang merupakan kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip; Kedap air; dan Kemudahan pelaksanaan, meskipun dalam pelaksanaannya sulit untuk memenuhi 7 kriteria di atas, tetapi diusahakan untuk mendekati.

Dalam merencanakan campuran aspal beton kita dapat mengacu pada pedoman yang berlaku.

Tabel 1. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12 %
	magnesium sulfat		Maks.18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles ¹⁾	Campuran AC Modifikasi	SNI 2417:2008	100 putaran
			500 putaran
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		100 putaran
			500 putaran
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SNI 7619:2012	95/90 ²⁾
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1 : 5	Maks. 10 %
Material Lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %

Sumber: Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Prov. Jatim 2018

Tabel 2. Ukuran Nominal Agregat Kasar

Jenis Campuran	Ukuran nominal agregat kasar penampung dingin (<i>cold bin</i>) minimum yang diperlukan (mm)			
	5 - 10	10 - 14	14 - 22	22 - 30
Lataston Lapis Permukaan	Ya	Ya		
Lataston Lapis Pondasi	Ya	Ya		
Laston Lapis Permukaan	Ya	Ya		
Laston Lapis Pondasi	Ya	Ya	Ya	Ya

Sumber: Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Prov. Jatim 2018

Tabel 3. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60%
Angularitas dengan Uji Kadar Rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117: 2012	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Prov. Jatim 2018

Tabel 4. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran

Sifat Campuran		Spesifikasi						
		SS	STS	STK	HRS-A	HRS-B	AC	ATB
Kadar Aspal Efektif	Min	8,0	8,3	6,0	6,3	5,5	-	-
Kadar Penyecrapan Aspal	Max	2,0	2,0	2,0	1,7	1,7	1,7	1,7
Kadar Aspal Total (% terhadap berat total)	Min	9,0	9,3	7,0	7,3	6,5	6	5,8
Kadar Rongga Udara dari campuran padat (% terhadap volume total campuran)	Min	3	3	3	4	4	3	3
Rongga diantara mineral agregat (VMA) (%)	Max	9	9	9	6	6	5	5
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min	20	20	20	18	18	15	14
	Min	75	75	75	68	68	65	65
Stabilitas Marshal (SNI-06-2489-1991) (Kg)	Min	200	200	450	450	800	800	800
Pelelehan (Flow), mm	Min	2	2	2	3	3	2	2
	Max	3	3	3	-	-	4	4
Marshall Quotient (SNI-06-2489-1991) (Kg/mm)	Min	80	80	80	250	250	-	-
Stabilitas Marshal tersisa setelah perendaman selama 24 jam pada 60° C (% terhadap stabilitas semula)	Min	75	75	75	75	75	75	75

Sumber: Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Prov. Jatim 2018

Filler

Filler adalah material yang sangat halus, minimum 75% lolos saringan No.200 (0,074 mm). Pada prakteknya fungsi filler adalah untuk meningkatkan viskositas dari aspal dan mengurangi kepekaan terhadap temperatur, meningkatkan kadar filler dalam campuran dapat meningkatkan stabilitas campuran tetapi menurunkan *air void* (rongga udara).

Komposisi filler dalam campuran dibatasi sebesar 4-10% dari berat aspal beton jadi, karena terlalu tinggi kadar filler dalam campuran akan mengakibatkan campuran getas (brittle) dan akan retak (crack) ketika menerima beban lalu lintas. Akan tetapi terlalu rendah kadar filler akan mengakibatkan campuran terlalu lunak pada saat cuaca panas.

Karakteristik yang harus dimiliki oleh material filler (Sheheard P.B) yaitu :

- Tidak reaktif atau mengurangi saat dicampur dengan aspal
- Tidak larut dalam air
- Tidak hygrospik
- Berwarna gelap, untuk menghindari masuknya matahari karena masuknya matahari dapat mempercepat proses oksidasi aspal.
- Tidak hancur saat proses pencampuran dan selama umur pelayanan.

Tabel 5. Gradasi Bahan Pengisi / Filler

Ukuran Saringan	Prosentase Lolos
No.30 (0,590 mm)	100
No.50 (0,279 mm)	95-100
No.100 (0,149)	90-100
No.200 (0,074)	65-100

(Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston))

Limbah bahan Polyvinyl Chloride (PVC) dan Nylon

PVC merupakan polimer termoplastik ketiga dalam hal jumlah pemakaian di dunia. Di seluruh dunia, lebih dari 50% PVC yang diproduksi dipakai dalam konstruksi bangunan. PVC banyak digunakan pada konstruksi bangunan karena PVC relatif murah, tahan lama, dan mudah dirangkai. PVC bisa dibuat lebih elastis dan fleksibel dengan menambahkan plastik sizer. PVC yang memiliki sifat fleksibel umum dipakai sebagai bahan pakaian, perpipaan, atap, dan insulasi kabel listrik. PVC diproduksi dengan cara polimerisasi monomer vinil klorida ($CH_2=chcl$). Dari sifat fisiknya PVC merupakan jenis plastik yang paling sulit didaur ulang. PVC mempunyai sifat keras, kaku, jernih dan mengkilap, sangat sukar ditembus air dan permeabilitas gasnya rendah sehingga sesuai untuk mengemas makanan yang banyak mengandung air, serat nylon yang berfungsi untuk menguatkan struktur vinyl-nya. Menurut Pine,dkk (1988: 1043) polyvinyl clorida adalah polimer yang terbentuk akibat aksi ikat mengikat dengan ciri kuat dan keras. Sedangkan nylon merupakan poliamida buatan yang mempunyai gaya regang yang baik sekali bila dijadikan serat. Berdasarkan pengertian diatas maka dapat disimpulkan bahwa kedua bahan penyusun terpal plastic seperti untuk baliho, poster dan lainnya yaitu polivinyll clorida dan nylon merupakan hasil polimerisasi yang memiliki struktur mirip dengan serat.

Sifat mekanik dari bahan penyusun limbah adalah:

- Kekuatan tarik mengacu kepada ketahanan terhadap tarikan.
- Kekuatan kompresif mengacu kepada ketahanan terhadap patahan, atau patah cepat ketika suatu sampel ditekek (difleks).
- Kekuatan impact adalah ukuran dari keuletan. Yaitu bagaimana suatu sampel akan menahan pukulan stress tiba-tiba.
- Kelelahan (fatigue) yang merupakan ukuran bagaimana suatu sampel bisa menahan aplikasi berulang dari tegangan tarik, fleksur, atau kompresif.

Tabel 6. Sifat-Sifat Polimer

Polimer	Sifat-sifat tarik pada patah					Kekuatan Impak (N/cm)
	Kekuatan (Mpa)	Modulus (Mpa)	Perpanjangan (%)	Kekuatan Kompresif (Mpa)	Kekuatan Fleksur (Mpa)	
Polietylena, massa jenis rendah	8,3 - 31	171-283	100-650			Tidak patah
Polietylena, massa jenis tinggi	2,2-31	1070-1090	10-1200	20-25		0,23-2,3
Polipropilena	31-41	1170-1720	100-600	38-55	41-55	0,23-0,57
Poli (vinil klorida)	41-52	2410-4140	40-80	55-90	69-110	0,23-1,3
Polistirena	36-52	2280-3280	1,2-2,5	83-90	69-101	0,20-0,26
Poli (metil metakrilat)	48-76	2240-3240	2-10	72-124	72-131	0,17-0,34
Politetrafluoro etilena	14-34	400-552	200-400	12		1,7
Nilon 66	76-83		60-300	103	42-117	0,46-1,2
Poli (etilena tereftalat)	48-72	2760-4140	50-300	76-103	96-124	0,14-0,37
Polikarbonat	66	2380	110	86	93	9,1

(Sumber: Stevens dan Malcolm, 2001: 134)

Tabel 7. Spesifikasi Bahan Penyusun limbah terpal plastik

Item	Plastic Frontlit Backlit Vynil Flex PVC Flags
Size	Any size according to customers requests, normal size: 60 x 90cm, 90 x 150cm, 120 x 180cm, etc
Material	100% Vynil material, weight 330gsm, 440gsm, 480gsm, 510gsm, 610gsm etc or customized requests.
Finish	1) Print,with grommets eyelets or sew sleeve for hanging 2) As your requirement
Quality	1) Pass ISO:9001 and SGS. 2) Weather resistant, UV-resistant and can keep at least 5 years for outdoor use
Logo	Can be any customized printing logo
Printing	1) Slik screen printing 2) 4-Color printing (CMYK) 3) Heat sublimation printing 4) Heat transfer printing 5) Digital printing
Use	Used for decoration, advertisement, celebration, display, promoting, etc
Artwork Request	
File Format	PDF, PSD, AI, JPG, TIF
Dpi Quality	High resolution, >= 72dpi
Color	CMYK Model

(Sumber: www.noveltyflag.cn / Xiamen Novelty Flag Co., Ltd)

Pengujian Marshall

Pengujian uji karakteristik marshall dimaksudkan dengan tujuan untuk menentukan ketahanan/stabilitas terhadap kelelahan plastis/flow dari campuran aspal agregat, kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk.

Metode marshall dikembangkan untuk rancangan campuran beton aspal bergradasi baik. Langkah-langkah rancangan campuran metode marshall adalah:

- 1) Mencari gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran pekerjaan.
- 2) Merancang proporsi dari masing – masing fraksi agregat yang tersedia untuk mendapatkan agregat campuran dengan gradasi sesuai butir 1. Rancangan dilakukan berdasarkan gradasi dari masing – masing fraksi agregat yang akan dicampur. Berdasarkan berat jenis masing – masing fraksi agregat dan proporsi rancangan ditentukan berat jenis agregat campuran.
- 3) Menentukan kadar aspal total dalam campuran. Untuk rancangan campuran dilaboratorium dipergunakan kadar aspal tengah / ideal. Kadar aspal tengah yaitu nilai tengah dari rentang kadar aspal dalam spesifikasi campuran. Kadar aspal tengah dapat pula ditentukan dengan mempergunakan rumus dari Spesifikasi Depkimpraswil 2002 dibawah ini:

$$P = (0,035x\% CA)+(0,045x\% FA)+(0,18x\% FF)+K$$

Keterangan :

P = kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran

CA = persen agregat tertahan saringan no. 8

FA = persen agregat lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 200

FF = persen filler

K = konstanta (0,5-1 untuk laston dan 2-3 untuk lataston)

4. Membuat benda uji atau briket beton aspal. Untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) umumnya dibuat 15 buah benda uji dengan 5 variasi kadar aspal masing – masing berbeda 0,5% dimana 2 variasi kurang dari nilai kadar aspal tengah, dan dua lainnya lebih dari nilai kadar aspal tengah. Contoh, jika nilai kadar aspal tengah adalah 6,5%, maka dibuat variasi campuran 5,5% ; 6% ; 6,5% ; 7% ; 7,5%.
5. Melakukan uji *marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*) mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90. Penimbangan dan pengukuran dilakukan terlebih dahulu sebelum uji *marshall* dilakukan.
6. Menghitung parameter *marshall* yaitu VIM, VMA,VFA, Berat volume, dan parameter lain sesuai spesifikasi campuran. Nilai nilai tersebut diisikan ke dalam formulir uji Marshall.

7. Gambarkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan parameter *marshall*.
8. Dari grafik yang telah dibuat, maka ditentukan nilai-nilai yang masuk dalam syarat spesifikasi campuran yang digunakan. Nilai – nilai tersebut kemudian dimasukkan kedalam grafik KAO untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum dan proporsi campuran, yang merupakan rumus campuran hasil perancangan dilaboratorium. Rumus ini kemudian disebut DMF (*Design Mix Formula*).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dan pengamatan terhadap perbandingan nilai karakteristik campuran ATB dengan aspal penetrasi 60/70 dan menggunakan bahan tambah Polyvinyl chloride yang dicampur dengan Nylon dan filler abu batu. Pelaksanaan penelitian bahan, komposisi dan pengujian campuran ATB dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang pada bulan Mei –Agustus 2018.

Persiapan Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam Penelitian ini adalah :

- 1) Aspal Pertamina penetrasi 60/70
- 2) Agregat batu pecah dari wilayah Desa Toyomerto Kecamatan Singosari Kabupaten Malang.
- 3) Filler Abu Batu dari AMP Bululawang.
- 4) Limbah Polyvinyl Chloride dengan jenis vynil diambil dari Satpol PP Kota Batu.

Tabel 8. Hasil Stabilitas Rendaman 30 Menit

Data yang dihapus

No.	2%	4%	6%	8%
1	800,74	926,01	988,92	799,56
2	771,72	981,65	1035,19	818,72
3	851,69	972,22	964,87	772,13
4	813,29	998,70	994,39	855,38
5	905,05	909,66	1065,51	777,73
Rata"	809,36	969,65	995,84	792,03

Tabel 8. Hasil Flow Rendaman 30 Menit

Data yang dihapus

No.	2%	4%	6%	8%
1	3,20	3,60	3,90	4,60
2	3,30	3,40	4,10	4,13
3	2,90	3,20	3,20	5,00
4	3,60	4,00	3,50	4,80
5	3,70	3,20	3,30	4,60
Rata"	3,45	3,35	3,48	4,75

Tabel 9. Hasil VIM Rendaman 30 Menit

Data yang dihapus

No.	2%	4%	6%	8%
1	2,21	3,48	3,44	2,96
2	3,76	3,34	3,78	3,18
3	1,32	3,01	5,24	3,56
4	2,31	1,16	1,95	0,99
5	3,82	3,88	3,68	5,41
Rata"	3,02	3,43	3,64	3,23

Tabel 10. Hasil VMA Rendaman 30 Menit

Data yang dihapus

No.	2%	4%	6%	8%
1	16,43	17,52	17,48	17,07
2	17,75	17,40	17,77	17,26
3	15,66	17,11	19,02	17,58
4	16,52	15,53	16,20	15,38
5	17,80	17,86	17,68	19,17
Rata"	17,12	17,47	17,65	17,30

Tabel 11. Hasil MQ Rendaman 30 Menit

Data yang dihapus

No.	2%	4%	6%	8%
1	250,23	257,23	253,57	173,82
2	233,86	288,72	252,48	198,24
3	293,69	303,82	301,52	154,43
4	225,91	249,68	284,11	178,20
5	244,61	284,27	322,88	169,07
Rata"	238,65	276,74	272,92	173,70

Tabel 12. Hasil VFA Rendaman 30 Menit

Data yang dihapus

No.	2%	4%	6%	8%
1	86,48	80,04	80,24	82,57
2	78,75	80,70	78,63	81,49
3	91,51	82,34	72,38	79,70
4	85,91	92,44	87,90	93,50
5	78,47	78,19	79,12	71,68
Rata"	82,40	80,32	79,33	81,25

Tabel 13. Hasil Stabilitas Rendaman 24 Jam

Data yang dihapus

No.	2%	4%	6%	8%
1	812,00	882,63	875,92	627,18
2	808,72	862,62	802,70	646,57
3	806,76	875,52	872,76	664,33
4	818,24	841,41	863,39	650,82
5	806,94	871,26	829,74	667,36
Rata"	808,61	873,01	860,46	657,27

Tabel 14. Hasil Flow Rendaman 24 Jam

Data yang dihapus

No.	2%	4%	6%	8%
1	5,40	6,10	6,90	7,70
2	5,30	5,70	6,40	8,30
3	5,50	5,20	5,80	6,80
4	4,30	4,90	6,60	7,20
5	5,20	4,80	6,00	6,40
Rata"	5,35	5,15	6,20	7,03

Tabel 15. Hasil VIM Rendaman 24 Jam

Data yang dihapus

No.	2%	4%	6%	8%
1	3,29	3,29	2,11	1,28
2	0,26	4,13	6,15	4,00
3	1,01	2,98	5,23	2,20
4	3,34	5,92	7,69	2,53
5	2,96	2,59	5,26	2,84
Rata"	2,65	3,25	6,08	2,52

Tabel 16. Hasil VIM Rendaman 24 Jam

Data yang dihapus

No.	2%	4%	6%	8%
1	3,29	3,29	2,11	1,28
2	0,26	4,13	6,15	4,00
3	1,01	2,98	5,23	2,20
4	3,34	5,92	7,69	2,53
5	2,96	2,59	5,26	2,84
Rata"	2,65	3,25	6,08	2,52

Tabel 17. Hasil VMA Rendaman 24 Jam

Data yang dihapus

No.	2%	4%	6%	8%
1	17,35	17,35	16,34	15,63
2	14,76	18,07	19,80	17,96
3	15,41	17,09	19,01	16,42
4	17,39	19,59	21,11	16,70
5	17,07	16,76	19,04	16,97
Rata"	16,80	17,32	19,74	16,70

Tabel 18. Hasil Interval Kepercayaan MQ Rendaman 24 Jam

Data yang dihapus

No.	2%	4%	6%	8%
1	150,37	144,69	126,94	81,45
2	152,59	151,34	125,42	77,90
3	146,68	168,37	150,48	97,70
4	190,29	171,72	130,82	90,39
5	155,18	181,51	138,29	104,27
Rata"	151,21	168,23	130,37	86,86

Tabel 19. Hasil Interval Kepercayaan VFA Rendaman 24 Jam

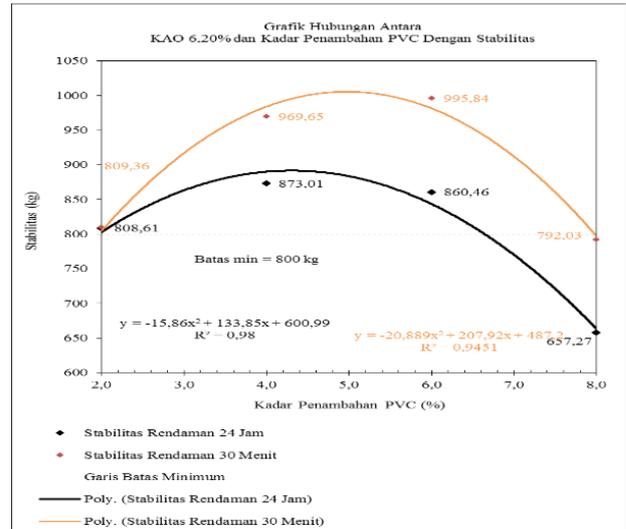
Data yang dihapus

No.	2%	4%	6%	8%
1	80,96	80,96	87,01	91,75
2	98,13	77,08	68,86	77,64
3	93,33	82,46	72,41	86,52
4	80,72	69,75	63,52	84,78
5	82,59	84,44	72,30	83,17
Rata"	84,40	81,23	69,27	84,82

Menentukan Kadar campuran PVC (KBO)

Berdasarkan data dari tabel 8 sampai 19 di atas dapat dibuat grafik menggunakan program bantu microsoft excel 2010 grafik tersebut menunjukkan hubungan antara lain:

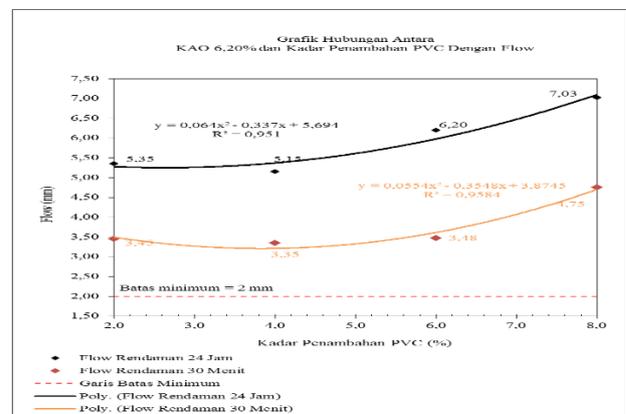
- a) % Kadar penambahan dengan stabilitas
- b) % Kadar penambahan dengan flow
- c) % Kadar penambahan dengan VIM
- d) % Kadar penambahan dengan VMA
- e) % Kadar penambahan dengan MQ
- f) % Kadar penambahan dengan VFA
- g) % Kadar penambahan dengan IP



Gambar 1. Grafik Gabungan Stabilitas Rendaman 30 Menit dan 24 Jam

Terjadi peningkatan nilai stabilitas akibat penambahan limbah baliho. Dari uji hipotesis stabilitas rendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 53,153$ lebih besar dari $F_{tabel} = 3,4902$. Maka H_0 ditolak dan H_a diterima karena ada pengaruh variabel penambahan baliho terhadap nilai stabilitas rendaman 30 menit dan uji hipotesis rendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 250,777$ lebih besar dari $F_{tabel} = 3,4902$. Maka H_0 ditolak dan H_a diterima karena ada pengaruh variasi penambahan baliho terhadap nilai stabilitas pada rendaman 24 jam.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi rendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = -20,889x^2 + 207,92x + 487,2$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9451$ dan analisa regresi rendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = -15,86x^2 + 133,85x + 600,99$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,98$.



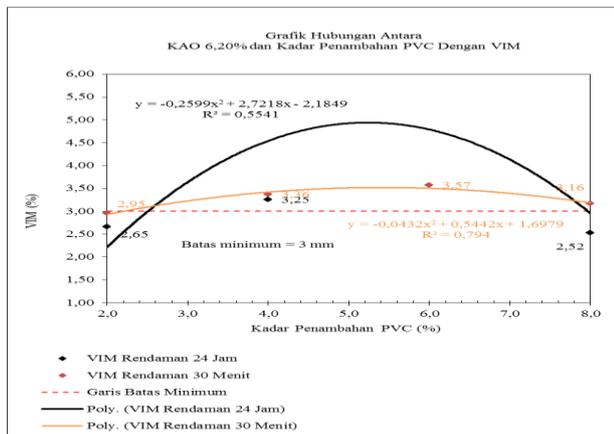
Gambar 2. Grafik Gabungan Flow Rendaman 30 Menit dan 24 Jam

Terjadi peningkatan nilai flow akibat penambahan limbah baliho. Peningkatan nilai flow ini diakibatkan oleh baliho yang memiliki sifat elastis,

sehingga baliho tersebut mudah melekat atau menggumpal pada campuran agregat maka rongga dalam campuran Semakin besar. Hal ini mengakibatkan peningkatan terhadap nilai flow.

Dari uji hipotesis flow rendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 31,303$ lebih besar dari $F_{tabel} = 3,4902$. Maka H_0 ditolak dan H_a diterima karena ada pengaruh variasi penambahan baliho terhadap nilai flow rendaman 30 menit dan uji hipotesis flow rendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 18,992$ lebih besar dari $F_{tabel} = 3,4902$. Maka H_0 ditolak dan H_a diterima karena ada pengaruh variasi penambahan baliho terhadap nilai flow rendaman 24 jam.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi flow rendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = 0,0554x^2 - 0,3548x + 3,8745$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9584$ dan analisa regresi flow rendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = 0,046x^2 - 0,091x + 5,095$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,987$



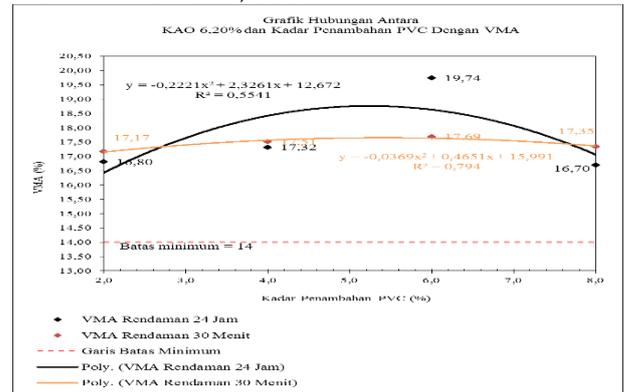
Gambar 3. Grafik Gabungan VIM Rendaman 30 Menit dan 24 Jam

Terjadi peningkatan nilai VIM akibat penambahan limbah baliho. Peningkatan nilai VIM disebabkan oleh bertambahnya kadar penambahan yang membuat rongga dalam campuran (VIM) menjadi besar.

Dari uji hipotesis VIM rendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 0,8016$ lebih kecil dari $F_{tabel} = 3,7082$. Maka H_0 diterima dan H_a ditolak karena tidak ada pengaruh variasi penambahan baliho terhadap nilai VIM pada rendaman 30 menit dan uji hipotesis VIM rendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 12,9075$ lebih besar dari $F_{tabel} = 3,5874$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima karena ada pengaruh variasi penambahan baliho terhadap nilai VIM pada rendaman 24 jam.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi rendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = -0,0432x^2 + 0,5442x + 1,6979$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,794$ Dan analisa regresi perendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = -$

$0,2599x^2 + 2,7218x - 2,1849$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,5541$

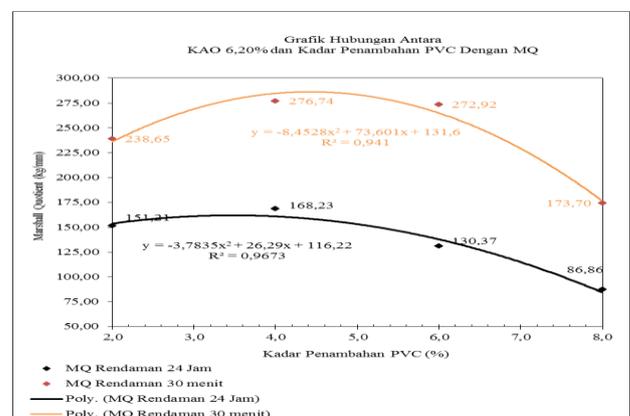


Gambar 4. Grafik Gabungan VMA Rendaman 30 Menit dan 24 Jam

Terjadi peningkatan nilai VMA akibat penambahan limbah pvc dan nylon. Peningkatan nilai VMA disebabkan oleh bertambahnya kadar penambahan yang membuat rongga dalam campuran agregat (VMA) menjadi besar.

Dari uji hipotesis VMA rendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 0,8016$ lebih kecil dari $F_{tabel} = 3,7082$. Maka H_0 diterima dan H_a ditolak karena tidak ada pengaruh variabel penambahan baliho terhadap nilai VMA pada rendaman 30 menit dan dari uji hipotesis VMA rendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 1,4098$ lebih kecil dari $F_{tabel} = 3,7082$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak karena tidak ada pengaruh variabel penambahan baliho terhadap nilai VMA pada rendaman 24 jam.

Sedangkan berdasarkan analisa regresi VMA rendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = -0,0369x^2 + 0,4651x + 15,991$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,794$ dan analisa regresi VMA rendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = -0,2221x^2 + 2,3261x + 12,672$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,5541$

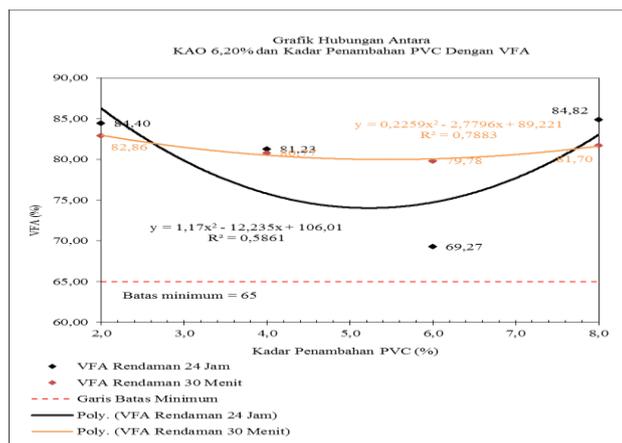


Gambar 4. Grafik Gabungan MQ Rendaman 30 Menit dan 24 Jam

Terjadi penurunan nilai MQ akibat penambahan limbah PVC . MQ (*Marshall Quotient*) adalah rasio dari stabilitas dibandingkan dengan flow. Semakin jauh perbedaan nilai stabilitas dan flow, maka nilai MQ Semakin tinggi.

Dari uji hipotesis MQ rendaman 30 menit didapatkan $F_{hitung} = 23,913$ lebih besar dari $F_{tabel} = 3,490$. Maka H_0 ditolak dan H_a diterima karena ada pengaruh variasi penambahan baliho terhadap nilai MQ pada rendaman 30 menit dan dari uji hipotesis MQ rendaman 24 jam didapatkan $F_{hitung} = 69,5941$ lebih besar dari $F_{tabel} = 3,4903$, Maka H_0 ditolak dan H_a diterima karena ada pengaruh variasi penambahan pvc terhadap nilai MQ pada rendaman 24 jam

Sedangkan berdasarkan analisa regresi MQ rendaman 30 menit didapatkan persamaan $y = -8,4528x^2 + 73,601x + 131,6$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,941$ dan analisa regresi MQ rendaman 24 jam didapatkan persamaan $y = -3,7835x^2 + 26,29x + 116,22$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9673$.



Gambar 4. Grafik Gabungan VFA Rendaman 30 Menit dan 24 Jam

Kadar Baliho Optimum

Dari serangkaian analisa data yang dilakukan, penentuan nilai optimum penambahan baliho berdasarkan nilai optimum stabilitas benda uji dengan penambahan baliho dengan rendaman 30 menit.

Titik puncak stabilitas pada kadar penambahan optimum

$$y = -20,889x^2 + 207,92x + 487,2$$

nilai regresi diatas akan diturunkan untuk mencari nilai X yaitu kadar optimum baliho

$$f(x) = -20,889x^2 + 207,92x + 487,2$$

$$f'(x) = -41,778x + 207,92$$

$$x = 4,98$$

Jadi nilai kadar baliho optimum yaitu 4,98%.

Setelah mendapatkan nilai optimum kadar penambahan baliho dapat dihitung nilai stabilitasnya dengan memasukkan nilai optimum kadar baliho ke nilai regresi diatas

$$y = -20,889x^2 + 207,92x + 487,2$$

$$y = -20,889 \times (4,98)^2 + 207,92 \times 4,98 + 487,2$$

$$y = 1004,59 \text{ Kg}$$

Jadi nilai Stabilitas optimum dengan kadar penambahan baliho 4,98% adalah 1004,59 Kg.

KESIMPULAN

- 1) Terjadi peningkatan nilai stabilitas akibat penambahan limbah PVC.
- 2) Proporsi penggunaan bahan tambah baliho pada campuran ATB didapatkan nilai optimum 4,98% dari berat keseluruhan. Dengan nilai parameter marshall test :

- a. Stabilitas = 1004,83 Kg (Syarat ≥ 800 Kg)
- b. Flow = 3,48 mm (Syarat 2 – 4)
- c. VIM = 3,34 % (Syarat 3 – 5)
- d. VMA = 17,39 % (Syarat ≥ 14 %)
- e. MQ = 288,53 Kg/mm
- f. VFA = 80,98 % (Syarat ≥ 65 %)
- g. IP = 88,34 % (Syarat ≥ 75 %)

Dari nilai parameter diatas dapat dinyatakan limbah polivinyl clorida layak dicampurkan ke campuran ATB.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. Buku Panduan Praktikum Bahan Jalan Institut Teknologi Nasional Malang. Malang
 Anonim. 2018. Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur. Surabaya
 Direktorat Jendral Bina Marga. 1987. Departemen Pekerjaan Umum RI Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya SKBI-2.3.26 PU. Jakarta
 Kholisoh, Luluk. Statistika dan Probabilitas. Gunadarma. Jakarta
 Linggo, JF. Soandrijanie., dan Kurniawan, Julius Yoga. 2015. Pengaruh PVC sebagai bahan tambah campuran aspal beton. Yogyakarta
 Oktaviastuti, Blima., Wijaya, Handika Setya dan Indrawan, Prana. Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Bekas Untuk Bahan Tambah Campuran ATB (Asphalt Treated Base). Malang
 Rahmawati, Anita., dan Rama Rizana. 2012. Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Polipropilena Sebagai Pengganti Agregat Pada Campuran Laston Terhadap Karakteristik Marshall. Yogyakarta
 Sugiyono. 2015. Metode Penelitian Pendidikan. Alfabeta. Bandung
 Sukirman, S. 1992 . Perkerasan Lentur Jalan Raya. Nova. Bandung
 Sukirman, S. 1999 . Perkerasan Lentur Jalan Raya. Nova. Bandung
 Sukirman, S. 2003 . Beton Aspal Campuran Panas. Granit. Jakarta
 Zhain, Irfan., Analisa Karakteristik Marshall Lapisan Aspal Beton AC-BC Dan ATB Dengan Tambahan Abu Batu Sebagai Filler. Surabaya