

PEMANFAATAN SEDIMEN TRANSPORT ABU VULKANIK (GUNUNG SOPUTAN) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PADA ABU BATU DALAM CAMPURAN ASPAL HRS – WC GRADASI SEMI SENJANG

Charlie Valentino Tombeg

Mecky R. E. Manoppo, Theo K. Sendow

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email : charlietombeg@yahoo.com

ABSTRAK

Sediment Transport abu Vulkanik dalam penelitian ini berasal dari sungai kaki gunung Soputan di desa Silian. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggantian sediment transport abu vulkanik gunung soputan terhadap abu batu dengan menggunakan campuran HRS-WC gradasi semi senjang terhadap nilai karakteristik Marshall dan apakah memenuhi syarat Spesifikasi teknik 2010 revisi 3 devisi 6.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dilakukan di laboratorium dengan variasi kadar aspal 5%, 6%, 7%, 8%, dan 9% serta kadar abu Soputan 0%, 50%, dan 100% terhadap abu batu pada setiap variasi kadar aspal. Sampel yang di gunakan berjumlah masing-masing 3 buah. Sebelum pembuatan benda uji, sediment transport abu Soputan harus di saring terlebih dahulu dan lolos saringan no. 4. Pengujian yang di gunakan mendapatkan hubungan nilai karakteristik Marshall dengan variasi kadar Abu Soputan.

Hasil dari keseluruhan perhitungan bahwa penggantian Abu Soputan pada kadar aspal optimum 7,3%, 7,5%, 7,95% merupakan campuran HRS-WC yang memenuhi pesyaratan karakteristik Marshall sesuai Spesifikasi teknik 2010 revisi 3. Dari hasil perhitungan dengan kadar aspal optimum diperoleh substitusi 0% dengan nilai stabilitas 1675 kg, Flow 3,3 mm, VIM 4,4%, VMA 18%, VFB 75,2%, Density 2,33 gr/cc, Marshall Quotient 520 kg/mm. Untuk substitusi 50% dengan nilai stabilitas 1601 kg, Flow 3,6 mm, VIM 4,9%, VMA 18,4%, VFB 74,9%, Density 2,32 gr/cc, Marshall Qoutient 441 kg/mm. Substitusi 100% dengan nilai stabilitas 1500 kg, Flow 4,2 mm, VIM 4,2 %, VMA 19,2%, VFB 70%, Density 2,3 gr/cc, Marshall Qoutient 360 kg/mm.

Penggantian sediment transport Abu Soputan memenuhi syarat Spesifikasi teknik 2010 revisi 3 devisi 6, sehingga dapat di gunakan dalam perkerasan campuran beraspal panas dan dengan membuat benda uji berdasarkan gradasi yang sesuai dengan ketentuan untuk campuran HRS-WC gradasi semi senjang.

Kata kunci : Sediment Transport Abu Soputan, Marshall.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Gunung Soputan merupakan gunung api yang masih aktif di Indonesia, gunung soputan terletak di Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Abu vulkanik terbentuk dari pembekuan magma yang dierupsikan secara eksplosif. Sebagian butiran dari abu ini mempunyai bentuk runcing, karena kandungan silikanya yang besar, abu ini mempunyai sifat absorsi yang tinggi. Abu Vulkanik yang keluar akan jatuh di sekitaran gunung, kemudian berpindah tempat di sepanjang permukaan miring. Hal tersebut di sebabkan pengaruh gravitasi serta pengaruh gerakan fluida terjadi di sungai yang berada di sekitaran gunung.

Abu Vulkanik yang telah yang telah berpindah tempat dan telah bercampur dengan

partikel-partikel yang berada di tempat sedimen itu tertahan disebut *Sediment Transport*. Kebutuhan abu batu yang cukup mahal, dan pemanfaatan bahan lokal pada daerah yang susah mendapatkan agregat halus sebagai bahan alternatif untuk mengatasi keterbatasan tersedianya bahan standar adalah suatu hal yang penting agar keterbatasan material dan biaya konstruksi perkerasan jalan dapat diatasi. Sehingga perlu dipikirkan cara memanfaatkan *Sediment Transport* abu Soputan ini sebagai bahan yang bermanfaat dan berguna. Penelitian tentang pemanfaatan *Sediment Transport* abu vulkanik ini belum begitu digalakkan apalagi di bidang jalan raya.

Penggunaan agregat halus merupakan bagian yang dominan dalam campuran HRS-WC. Hal tersebut mendorong penulis untuk memanfaatkan

abu vulkanik sebagai bahan pengganti pada abu batu dalam campuran perkerasan HRS-WC gradasi semi senjang. Pemanfaatan *sedimen transport* abu Sopotan sebagai bahan pengganti pada abu batu ini diharapkan dapat menghasilkan perpaduan yang baik antaran agregat kasar, agregat halus, aspal yang akan diperoleh lapisan permukaan yang lentur dan dapat mendukung beban lalu lintas dengan baik dan nyaman tanpa mengalami deformasi atau kerusakan yang berarti dalam jangka waktu tertentu. serta dapat sebagai alternatif yaitu menggunakan bahan lokal.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka diadakan penelitian untuk mengetahui apakah penggantian abu vulkanik pada abu batu dalam campuran HRS-WC gradasi semi sejang dapat memenuhi persyaratan karakteristik marshall Spesifikasi teknik 2010 revisi 3 devisi 6.

Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini:

1. *Sediment transport* Abu Vulkanik yang digunakan lolos saringan No.4
2. Persyaratan karakteristik Marshall berdasarkan Spesifikasi teknik 2010 revisi 3 devisi 6.
3. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui apakah penggantian abu vulkanik pada abu batu campuran HRS-WC gradasi semi senjang dapat di gunakan dalam perkerasan aspal panas.
2. Mengetahui dan menganalisis pengaruh pemanfaatan Sedimen Transport abu vulkanik Gunung Sopotan sebagai bahan pengganti pada abu batu terhadap nilai uji Marshall campuran HRS-WC.

Manfaat Penelitian

- a. Menambah pengetahuan sejauh mana sedimen abu vulkanik Gunung Sopotan dapat di gunakan sebagai perkerasan HRS WC.
- b. Mengatasi masalah pemanfaatan abu vulkanik Gunung Sopotan terhadap lingkungan.
- c. Untuk mengetahui nilai uji Marshall dengan mengguankan sedimen transport abu vulkanik pada perkerasan HRS-WC. Sehingga dapat di jadikan pertimbangan dalam pemilihan jenis perkerasan.

LANDASAN TEORI

Abu Vulkanik

Abu vulkanik, sering disebut juga pasir vulkanik atau jatuhan piroklastik adalah bahan material vulkanik jatuhan yang disemburkan ke udara saat terjadi suatu letusan, terdiri dari batuan berukuran besar sampai berukuran halus. Batuan yang berukuran besar (bongkah - kerikil) biasanya jatuh disekitar kawah sampai radius 5 – 7 km dari kawah, dan yang berukuran halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan km bahkan ribuan km dari kawah karena dapat terpengaruh oleh adanya hembusan angin. Yang akan digunakan dalam penelitian adalah *Sediment Transport* abu Sopotan.

Sediment Transport Abu Vulkanik

Sediment Transport adalah pergerakan partikel padat, biasanya karena kombinasi gravitasi yang bekerja pada sedimen, dan / atau pergerakan fluida di mana sedimen itu tertahan. Pengangkutan sedimen terjadi dalam sistem alami di mana partikelnya adalah batuan klastik (pasir, kerikil, batu besar, dll.), Lumpur, atau tanah liat; cairannya adalah udara, air, atau es; dan gaya gravitasi bertindak untuk memindahkan partikel di sepanjang permukaan miring tempat partikel tersebut bertumpu. Pengangkutan sedimen karena gerakan fluida terjadi di sungai, lautan, danau, laut, dan badan air lainnya karena arus dan pasang surut. Transportasi juga disebabkan oleh gletser saat mereka mengalir, dan pada permukaan darat di bawah pengaruh angin. Pengangkutan sedimen hanya karena gravitasi dapat terjadi pada permukaan yang miring pada umumnya, termasuk lereng bukit, selendang, tebing, dan landas kontinen batas lereng benua. *Sediment transport* yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk pasir dan lolos saringan no.4 .

Campuran Beraspal Panas

Campuran beraspal adalah suatu kombinasi campuran antara agregat dan aspal. Dalam campuran beraspal, aspal berperan sebagai pengikat atau lem antar partikel agregat, dan agregat berperan sebagai tulangan. Sifat-sifat mekanis aspal dalam campuran beraspal diperoleh dari friksi dan kohesi dari bahan-bahan pembentuknya.

Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course(HRS-WC)

Hot rolled sheet (HRS) adalah salah satu jenis campuran beraspal panas yang terbuat dari

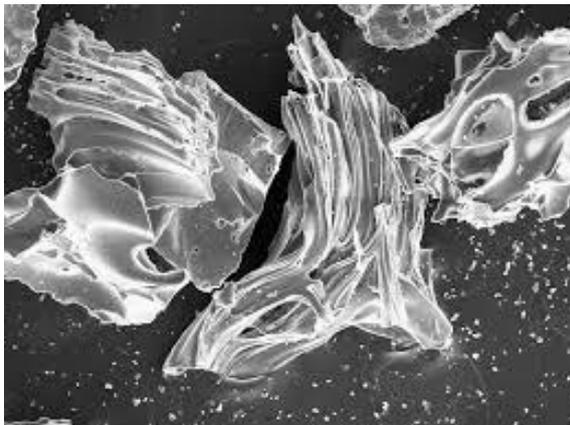
campuran agregat halus, agregat kasar dan *filler* dengan aspal sebagai bahan pengikat. Menurut Spesifikasi Bina Marga terakhir tahun 2010 campuran beraspal panas jenis HRS terbagi atas 2 jenis yaitu lapis HRS-BC dan lapis HRS-WC yang susunan agregatnya bergradasi senjang atau pun semi senjang.

Agregat

Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya pada konstruksi perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan.

Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran beraspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serat mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat interlocking yang baik dengan material yang lain.



Gambar 1. Bentuk abu vulkanik dilihat dengan mikroskop

Agregat Halus

Agregat halus merupakan hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian (interlocking) Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Agregat halus yang akan di gunakan sebagai pengganti abu batu adalah abu vulkanik gunung soputan .

Bahan Pengisi (Filler)

Bahan pengisi (filler) merupakan material yang harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan merupakan bahan yang 75% lolos ayakan no. 200 dan mempunyai sifat non plastis

Aspal

Aspal pada lapis perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar dari kekuatan masing-masing agregat.

Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran partikel agregat dan dinyatakan dalam persentase terhadap total beratnya. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat ditimbang dan dipersentasekan agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan terhadap berat total. Gradasi agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi semi senjang. Gradasi senjang / Semi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali

Tabel 1. Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran							
	Latasir (SS)		Lataston (HRS)				Laston (AC)	
			Gradasi Senjang		Semi Senjang			
	WC	Base	WC	Base	WC	Base	WC	BC
37,5								
25								100
19	100	100	100	100	100	100	100	90-100
12,5			90-100	90-100	87-100	90-100	90-100	75-90
9,5	90-100		75-85	65-90	55-88	55-70	77-90	66-82
4,75							53-69	46-64
2,36		75-100	50-72	35-55	50-62	32-44	33-53	30-49
1,18							21-40	18-38
0,6			35-60	15-35	20-45	15-35	14-30	12-28
0,3					15-35	5-35	9-22	7-20
0,15							6-15	5-13
0,075	10-15	8-13	6-10	2-9	6-10	4-8	4-9	4-8

Sumber : Spesifikasi teknik 2010 revisi 3

Karakteristik Campuran Beraspal

1. Stabilitas (Stability)
Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding.
2. Keawetan (Durability)
Keawetan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk mencegah terjadinya perubahan pada aspal dari kehancuran agregat dan

mengelupasnya selaput aspal pada batuan agregat akibat cuaca, air, suhu udara dan keausan akibat gesekan dengan roda kendaraan.

3. Kelenturan (Flexibility)

Kelenturan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atastanah asli.

4. Ketahanan Terhadap Kelelahan (Fatigue Resistance)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser (Skid Resistance)

Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran.

6. Kedap Air (Impermeability)

Kedap air adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

7. Kemudahan Pelaksanaan (Workability)

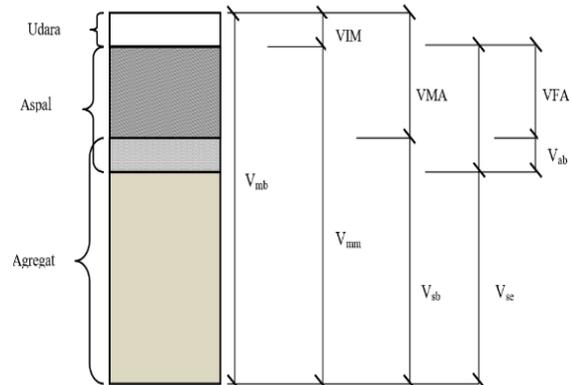
Kemudahan pelaksanaan adalah kemampuan campuran aspal beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat

Volumetrik Campuran Beraspal

Perhitungan Berat Jenis dan Volume Rongga campuran beraspal adalah menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

1. Berat Jenis Bulk Agregat

Berat jenis bulk adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula. dapat dirumuskan sebagai berikut :



Gambar 2. Volumetrik Campuran Beraspal

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots \dots \quad (1)$$

2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhuter tertentu pula, yang dirumuskan :

$$G_{sb} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \dots \quad (2)$$

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan berat jenis efektif (Gse) rata-rata sebagai berikut :

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots \quad (3)$$

4. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total tidak terhadap campuran yang dirumuskan sebagai berikut

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{se}} \times G_b \dots \quad (4)$$

5. Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{be} = P_b \times \frac{ba}{100} \times P_s \dots \quad (5)$$

6. Rongga diantara Mineral Agregat (VMA)

Rongga diantara mineral agregat (VMA) adalah ruang diantara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Perhitungan VMA terhadap campuran total dengan persamaan :

a. Terhadap Berat Campuran Total

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots \quad (6)$$

b. Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \quad (7)$$

7. Rongga di Dalam Campuran (VIM)

Rongga di dalam campuran atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$V_a = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots \quad (8)$$

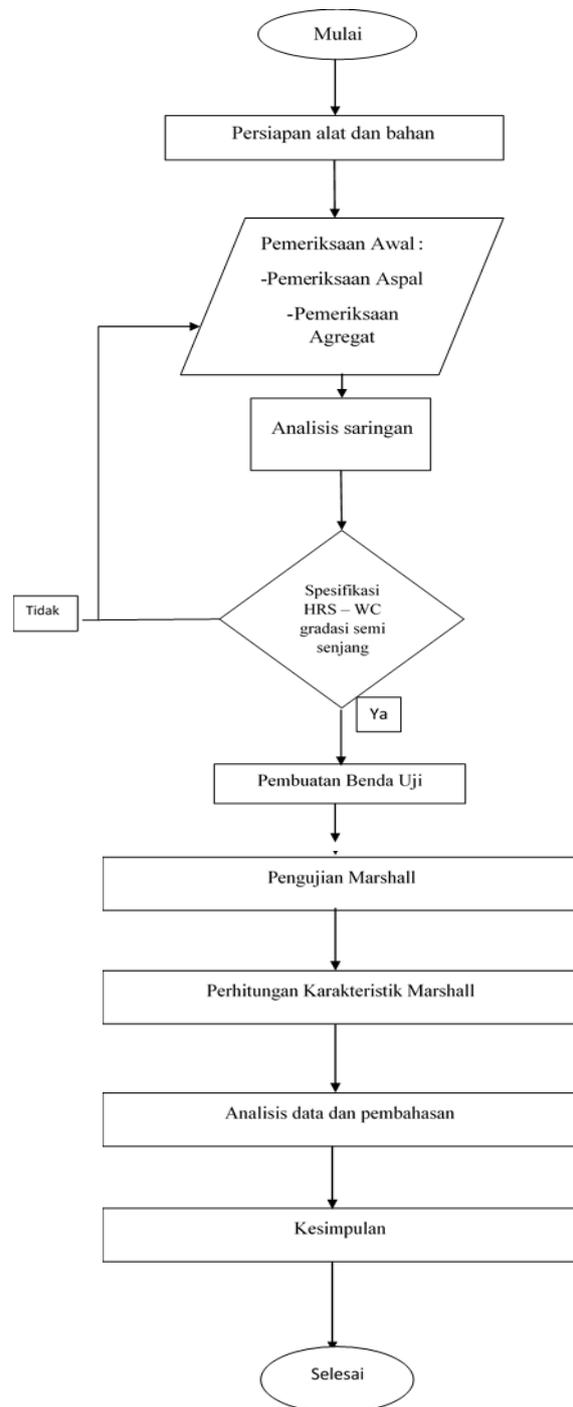
8. Rongga Terisi Aspal (VFA)

Rongga terisi aspal adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk mendapatkan rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$VFA = \frac{100 (VMA - V_a)}{G_{mm}} \quad (9)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Benda Uji

Jumlah benda uji dalam penelitian ini dibuat sebanyak 45 buah, seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Benda uji

Kadar Aspal	Komposisi		Jumlah Benda Uji
	Abu Vulkanik	Abu Batu	
5%	0 %	100%	3
	50 %	50%	3
	100%	0%	3
6%	0%	100%	3
	50 %	50%	3
	100%	0%	3
7%	0%	100%	3
	50 %	50%	3
	100%	0%	3
8%	0%	100%	3
	50 %	50%	3
	100%	0%	3
9%	0%	100%	3
	50 %	50%	3
	100%	0%	3
Total Benda Uji			45

Prosedur Pelaksanaan

Pembuatan Benda Uji

- Tahap I**
Mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan. Menentukan presentase masing-masing butiran untuk mempermudah pencampuran dan melakukan pertimbangan secara kumulatif untuk mendapatkan proporsi campuran yang lebih tepat.
- Tahap II**
Pemeriksaan aspal yang terdiri dari pengujian penetrasi, titik lembek, titik bakar, titik nyala, dan daktilitas. Pengujian agregat yang terdiri dari pengujian abrasi, berat jenis, *impact test*.
- Tahap III**
Pemeriksaan lanjutan yaitu analisa saringan. Perancangan komposisi abu vulkanik ditentukan dengan bahan substitusi pada abu batu dengan presentase 0%, 50%, dan 100%. Dengan asumsi 100% abu batu dan 0% sediment transport abu vulkanik gunung soputan, 50% abu vulkanik 50% sediment transport abu vulkanik gunung soputan, dan 100% sediment transport abu vulkanik gunung soputan dan 0% abu batu.
- Tahap IV**
Setelah itu dilakukan perancangan gradasi gabungan yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji yaitu menggunakan spesifikasi campuran HRS-WC gradasi semi senjang.
- Tahap V**
Benda uji di buat berdasarkan variasi kadar sediment transport abu vulkanik gunung

soputan. Campuran dipadatkan dengan pemadat sebanyak 75 kali tumbukan untuk masing- masing sisinya . Selanjutnya benda uji didinginkan pada suhu ruang selama ± 2 jam , barulah di keluarkan dari mould dengan bantuan dongkrak hidroliis.

6. Tahap VI

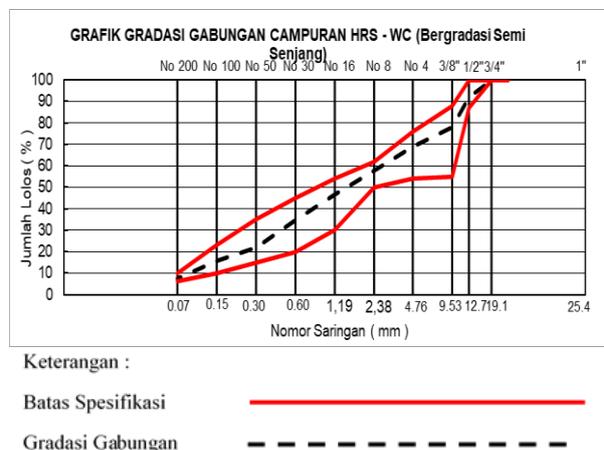
Setelah benda uji di keluarkan dari mould, kemudian dilakukan pengujian *volumetrik test* dan pengujian dengan alat uji *Marshall*

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Sebelum pembuatan benda uji , dilakukan pembuatan rancang campur (*mix design*). Perencanaan rancang campur meliputi perencanaan gradasi agregat, penentuan aspal perkiraan dan pengukuran komposisi masing-masing fraksi baik agregat, aspal, abu vulkanik dan *filler* . Untuk gradasi rencana campuran dapat di lihat pada tabel 3. di bawah ini :

Tabel 3. Gradasi Rencana Campuran

Ukuran Saringan	Spesifikasi (% Lolos)	Hasil Analisis Saringan (% Lolos)
1"	100	100
3/4"	100	100
1/2"	87-100	92,01
3/8"	55-88	77,87
#4	54-76	69,03
#8	50-62	57,91
#16	30-54	46,54
#30	20-45	34,55
#50	15-35	21,70
#100	10-23	15,59
#200	6-10	7,30



Gambar 4. Grafik Gradasi

Perkiraan kadar aspal didapat dari gradasi rencana campuran.

CA = 42,09% (Agregat kasar tertahan saringan no.8)

FA = 50,61% (Agregat halus lolos saringan no.8 dan tertahan saringan 200)

Filler= 7,3% (Agregat halus lolos saringan no.200)

PB = 0,0355 (CA%) + 0,045 (%FA) + (Angka Konstanta)
 = 0,0355 (42,09%) + 0,045 (%50,61) + (2)

PB = 7,06 %

Sehingga kadar aspal perkiraan (PB dibulatkan menjadi 7,0%)

Hasil Pengujian Marshall untuk Mendapatkan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan pengujian marshall, yaitu karakteristik campuran diperoleh akan di tentukan kadar aspal optimum yang akan digunakan dalam rancangan campuran HRS-WC.

Tabel 4. Karakteristik Hasil Pengujian Marshall Subtitusi 0% sediment transport abu vulkanik gunung soputan terhadap abu batu

No.	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal				
			5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
1.	Stabilitas (kg)	Min 800	1105	1454	1658	1647	1548
2.	Flow (mm)	Min 3	2,4	2,9	3,2	3,4	3,7
3.	VIM (%)	4 - 6	10,8	8,2	5,6	3,3	2,0
4.	VMA (%)	Min 18	18,5	18,2	18,1	18,1	19,1
5.	VFB (%)	Min 68	41,7	55,1	68,9	82,0	89,4
6.	Density(gr/cc)	-	2,26	2,29	2,32	2,34	2,34
7.	MQ	Min 250	416,9	509,6	525,1	483,6	410,2
8.	BC	1 - 1,4	2,0	1,5	1,2	1,0	0,9

Tabel 5. Karakteristik Hasil Pengujian Marshall Subtitusi 50% sediment transport abu vulkanik gunung soputan terhadap abu batu

No.	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal				
			5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
1.	Stabilitas (kg)	Min 800	1039	1375	1589	1604	1522
2.	Flow (mm)	Min 3	2,8	3,0	3,5	3,8	4,3
3.	VIM (%)	4 - 6	11,7	9,0	5,9	3,9	2,7
4.	VMA (%)	Min 18	19,3	19,0	18,3	18,7	19,7
5.	VFB (%)	Min 68	39,5	52,4	67,8	79,5	86,5
6.	Density (gr/cc)	-	2,23	2,27	2,31	2,324	2,321
7.	MQ	Min 250	367,4	451,3	451,5	410,3	341,5
8.	BC	1 - 1,4	2,0	1,5	1,2	1,0	0,9

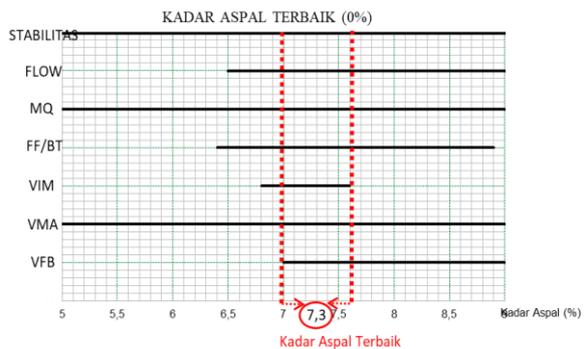
Tabel 6. Karakteristik Hasil Pengujian Marshall Subtitusi 100% sediment transport abu vulkanik gunung soputan terhadap abu batu

No.	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal				
			5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
1.	Stabilitas (kg)	Min 800	935	1236	1482	1484	1405
2.	Flow (mm)	Min 3	3,0	3,7	4,1	4,2	4,5
3.	VIM (%)	4 - 6	12,8	9,8	6,9	4,7	3,3
4.	VMA (%)	Min 18	20,4	19,7	19,2	19,3	20,2
5.	VFB (%)	Min 68	37,0	50,6	64,1	75,7	83,9
6.	Density (gr/cc)	-	2,20	2,25	2,28	2,30	2,31
7.	MQ	Min 250	309,5	335,9	357,4	349,6	317,2
8.	BC	1 - 1,4	2,0	1,5	1,2	1,0	0,9

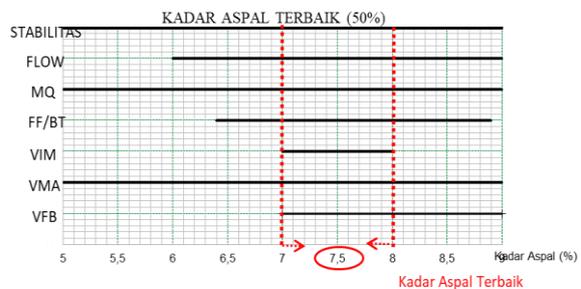
Dari hasil pengujian Marshall pada Campuran HRS - WC diperoleh nilai seperti, stabilitas, flow, Ratio Filler Bitumen Content, VMA, VIM, VFB yang merupakan acuan untuk mendapatkan kadar aspal terbaik.

Kadar Aspal Terbaik Dari Pengujian Marshall Campuran HRS-WC

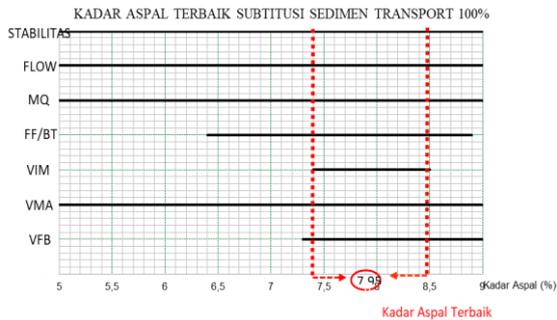
Dari hasil pengujian Marshall di atas kadar aspal terbaik untuk campuran HRS – WC di dapat pada subtitusi 0%,50%,100% terhadap abu batu dan pada kadar aspal 7,3%, 7,5%, 7,95% bisa di lihat pada gambar 4.2



Gambar 5. Kadar Aspal Terbaik Campuran HRS – WC Subtitusi 0%



Gambar 6. Kadar Aspal Terbaik Campuran HRS – WC Subtitusi 50%

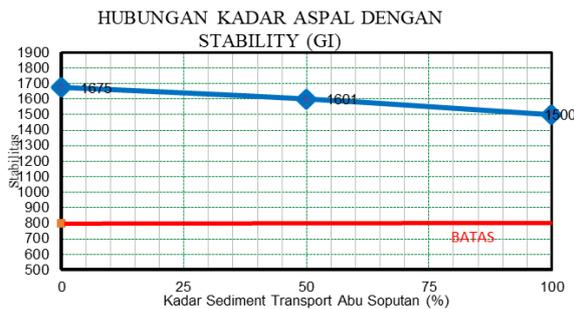


Gambar 7. Kadar Aspal Terbaik Campuran HRS – WC Substitusi 100%

Grafik Hubungan Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Sediment Transport

1) Stabilitas

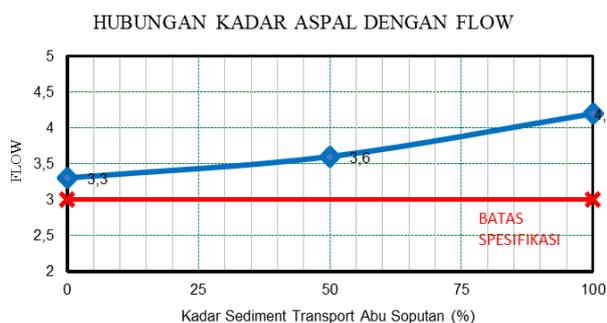
Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa memiliki nilai Stabilitas yang tinggi pada kadar *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan 0% dengan nilai stabilitas 1675 kg.



Gambar 8. Hubungan Kadar Aspal dengan Stability

Pada kadar *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan 50% dan 100% yaitu 1601 kg dan 1500 kg. Spesifikasi memberikan syarat minimum untuk stabilitas yaitu sebesar 800 kg.

2) Flow

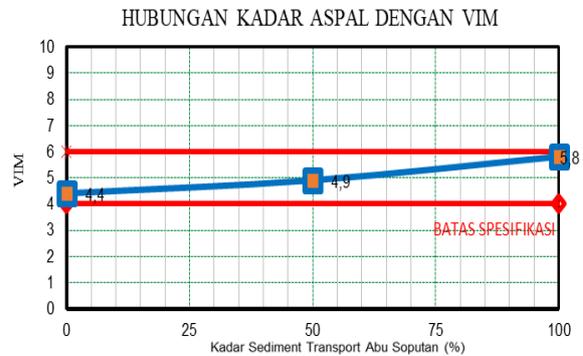


Gambar 9. Hubungan Kadar Aspal dengan Flow

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa memiliki nilai flow yang pada kadar *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan 0% dengan nilai flow 3,3 mm. Pada kadar *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan 50% dan 100% yaitu 3,6 mm dan 4,2 mm. Spesifikasi memberikan syarat minimum untuk flow yaitu sebesar 3 mm.

3) VIM

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa memiliki nilai VIM yang pada kadar *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan 0% dengan nilai VIM 4,4%.

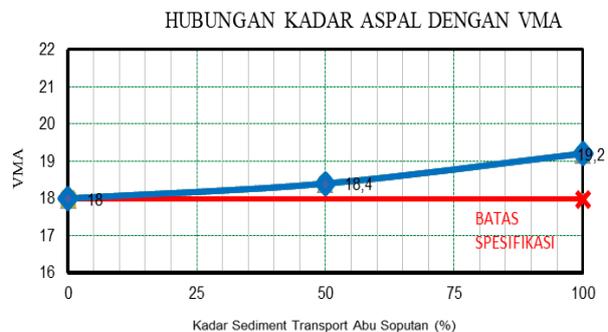


Gambar 10. Hubungan Kadar Aspal dengan VIM

Pada kadar abu soputan 50% dan 100% yaitu 4,9 dan 5,8%. Spesifikasi memberikan syarat minimum untuk VIM yaitu sebesar 4– 6%

4) VMA

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa memiliki nilai VMA pada kadar *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan 0% dengan nilai VMA 18%.

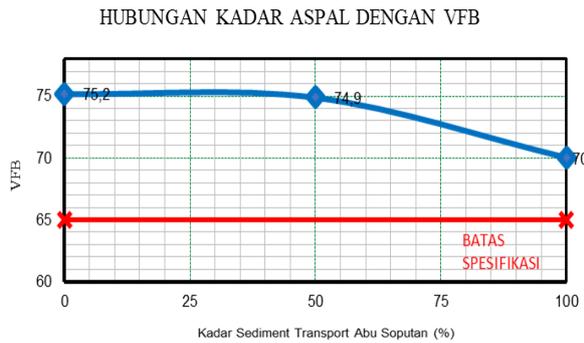


Gambar 11. Hubungan Kadar Aspal dengan VMA

Pada kadar *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan 50% dan 100 yaitu 18,4% dan 19,2%. Spesifikasi memberikan syarat minimum untuk VIM yaitu sebesar 18% .

5) VFB

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa memiliki nilai VFB yang tinggi pada kadar *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan 0% dengan nilai VFB 76,2%.



Gambar 12. Hubungan Kadar Aspal dengan VFB

Pada kadar *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan 50% dan 100 yaitu 74,9% dan 70%.

Spesifikasi memberikan syarat minimum untuk VIM yaitu sebesar 65%.

6) Densitas

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa memiliki nilai Densitas yang tinggi pada kadar *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan 0% dengan nilai Densitas 2,33%.

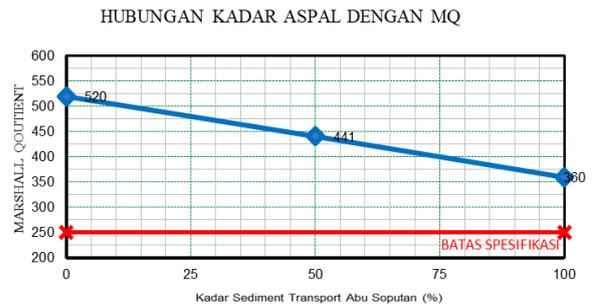


Gambar 13. Hubungan Kadar Aspal dengan Density

Pada kadar *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan 50% dan 100 yaitu 2,32% dan 2,3%.

7) Marshall Quotient

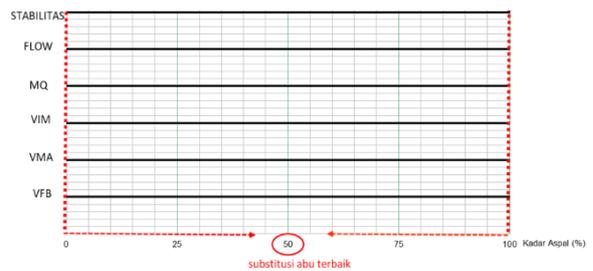
Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa nilai MQ yang tinggi pada kadar *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan 0% dengan nilai MQ 520 kg/mm.



Gambar 14. Hubungan Kadar Aspal dengan MQ

Pada kadar *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan 50% dan 100 yaitu 441 kg/mm dan 360 kg/mm. Spesifikasi memberikan syarat minimum untuk MQ yaitu sebesar 250 kg/mm

Substitusi Abu Terbaik Pada Campuran HRS-WC



Gambar 15. Substitusi Abu Terbaik

PENUTUP

Kesimpulan

1. Dengan membuat benda uji berdasarkan spesifikasi campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course* (HRS-WC) gradasi Semi Senjang, dengan kadar substitusi abu Soputan 0%, 50%, 100% dan kadar aspal optimum 0%

abu vulkanik=7,3%, 50% abu vulkanik= 7,5%,
100% abu vulkanik= 7,95%.

2. Dari hasil perhitungan dengan kadar aspal optimum diperoleh substitusi 0% dengan nilai *Marshall Quotient* 520 kg/mm. Untuk substitusi 50% dengan nilai *Marshall Quotient* 441 kg/mm. Substitusi 100% dengan nilai *Marshall Quotient* 360 kg/mm. Dengan ini dapat di simpulkan dengan penambahan presentase sediment transport abu vulkanik gunung Soputan mengakibatkan nilai *Marshall Quotient* semakin menurun.
3. *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan dapat digunakan dalam pekerasan beraspal panas.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka disarankan untuk campuran HRS-WC dengan substitusi *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan menggunakan kadar aspal dengan rentan 7% sampai 8,5% , dan untuk penggunaan *sediment transport* abu vulkanik gunung Soputan bisa digunakan sampai 100% tapi untuk hasil yang ideal disarankan menggunakan Substitusi 50% pada abu batu kaena mengurangi penggunaan aspal dan lebih ekonomis. Perlu dikembangkan lagi untuk penggunaan Sedimen transport Abu Soputan dengan campuran aspal dan gradasi yang lain

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 2012, *Perancangan Tebal Perkerasan Lentur*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston) untuk Jalan dan Jembatan*. Direktorat Jendral Bina Marga. Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2002. *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pt T-01-2002-B*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Korompis, Steward P., Oscar Kaseke, Sompie Diantje, 2015. Kajian Laboratorium Penggunaan Material Agregat Bersumber dari kaki Gunung Soputan untuk Campuran Beraspal Panas, *Jurnal Sipil Statik*. Volume 3 No. 2 Februari 2015 ISSN: 2337-6732 Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Manoppo, Mecky R.E., Servie O. Dapas, Deane R. Walangitan, 2017. Pemanfaatan Tras sebagai Bahan Tambahan pada Agregat Halus dalam Campuran Aspal Panas HRS-WC Semi Senjang, *Jurnal Sipil Statik*. Volume 5 No. 10. Desember 2017 (663-668) ISSN: 2337-6732 Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Spesifikasi Teknik Tahun 2010 Revisi 3 Devisi 6.
- Sukirman, S. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova. Bandung.
- Sukirman, S. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan lentur*, Penerbit Nova, Bandung.