

BAB IV.
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan dalam pengujian ini merupakan aspal buton hasil ekstraksi yaitu Aspal Retona Blend 55 yang merupakan hasil produksi dari PT. Olah Bumi Mandiri. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil dari pengujian Aspal Retona Blend 55

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil rata-rata	Spesifikasi Pengujian		Standar
				Min	Maks	
1	Berat Jenis	gr/cm ³	1,1	1	-	SNI 2441 : 2011
2	Titik Lembek	°C	54,25	53	-	SNI 2434 : 2011
3	Daktilitas	cm	166	100	-	SNI 2432: 2011
4	Kehilangan Berat Minyak	%	0,125	-	0,8	SNI 2441 : 2011
5	Penetrasi	0,1 mm	50,7	50	-	SNI 2432 : 2011

Dari Tabel 4.1 hasil pengujian aspal didapat nilai pengujian berat jenis rata-rata adalah 1,1 sudah memenuhi syarat minimal 1. Sedangkan untuk titik lembek rata-rata didapat hasil 54,25 °C, hasil tersebut pun sudah memenuhi syarat sesuai dengan Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu $\geq 53^{\circ}\text{C}$. Untuk pengujian daktilitas didapat hasil rata-rata 166 cm sudah melebihi batas minimal yaitu 100 cm. Pengujian kehilangan berat minyak mendapatkan hasil rata-rata 0,125% masih sesuai dengan peraturan yaitu kurang dari 0,8%. Dan untuk pengujian penetrasi didapat hasil rata-rata 50,7 mm sudah diatas dari yang seharusnya yaitu lebih dari 50 mm, metode pada pengujian ini pun sudah sesuai dengan yang tertera di peraturan Standar Nasional Indonesia, yaitu pada SNI 2432 – 2011.

4.2 Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal Optimum merupakan kadar aspal yang memberikan nilai stabilitas tertinggi terhadap campuran diiringi dengan persyaratan yang lainnya terpenuhi. Besarnya kadar aspal optimum pun berbeda-beda tergantung dari material yang dipakai seperti agregat dan aspal, dan juga dari gradasi si agregat tersebut. Kadar aspal optimum harus memenuhi nilai-nilai karakteristik marshall seperti nilai VFWA (*Voids Filled with Asphalt*), VMA (*Voids in the Mineras Aggregate*), kelelahan plastis (*Flow*), kerapatan (*Density*), VITM (*Voinds In The Mix*), MQ (*Marshall Quotient*), dan stabilitas. Hasil pengujian kadar aspal optimum pun dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil pengujian kadar aspal optimum

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal		
			5,5%	6%	6,5%
1	VFWA	Min 65%	62,6123	72,2939	86,4231
2	VMA	Min 15%	17,8186	17,0775	15,7987
3	<i>Flow</i>	2 – 4	3,82667	2,54	4,07333
4	<i>Density</i>	-	2,23133	2,26343	2,31063
5	VITM	3 – 5	6,66197	4,73142	2,14498
6	MQ	Min 250 kg/mm	426,107	642,575	399,264
7	<i>Stability</i>	Min 800 kg	1630,57	1632,14	1626,33

Dari hasil pengujian marshall tersebut penentuan nilai kadar aspal optimum dilakukan berdasarkan banyaknya parameter karakteristik marshall yang telah memenuhi spesifikasi. Berikut ini merupakan hasil dari masing-masing kadar aspal berikut dengan parameter-parameternya disajikan dalam Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil pengujian KAO dengan parameternya

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar		
			5,50%	6%	6,50%
1	VFWA	Min 65%	v	v	v
2	VMA	Min 15%	v	v	v
3	<i>Flow</i>	2-4	v	v	
4	<i>Density</i>	-	v	v	v
5	VITM	3-5		v	
6	MQ	Min 250 kg/mm	v	v	v
7	<i>Stability</i>	Min 800 kg	v	v	v

Data hasil dari pengujian kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 4.3 dimana kadar aspal yang memenuhi spesifikasi karakteristik Marshall hanya pada kadar aspal 6%. Pada kadar aspal 5,5% terdapat parameter yang tidak memenuhi spesifikasi yaitu pada nilai VITM, sedangkan untuk kadar aspal 6,5% parameter yang tidak memenuhi spesifikasi adalah pada nilai *Flow* dan VITM.

4.3 Hasil Pengujian Agregat

Material yang digunakan pada pengujian ini merupakan agregat kasar dan agregat halus yang didapat dari *stone crusher* UD. Watu Ireng yang berada didaerah Clereng, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil	Satuan	Spesifikasi Pengujian		Standar
				Minimal	Maksimal	
I. Agregat Kasar						
1	Berat Jenis <i>Apparent</i>	2,60	-	2,5	-	SNI 1969 : 2008
2	Berat Jenis Efektif	2,67	-	-	-	SNI 1969 : 2008
3	Berat jenis <i>Bulk</i>	2,56	-	-	-	SNI 1969 : 2008
4	Penyerapan	1,66	%	-	3	SNI 1969 : 2008
5	Pengujian Abrasi	26,21	%	-	40	SNI 2417 : 2008
II. Agregat Halus						
1	Berat Jenis <i>Bulk</i>	2,462	-	-	-	SNI 1970 : 2008
2	Berat jenis <i>Apparent</i>	2,52	-	2,5	-	SNI 1970 : 2008
3	Berat jenis efektif	2,62	-	-	-	SNI 1970 : 2008
4	Penyerapan	2	%	-	3	SNI 1970 : 2008

Pada Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengujian agregat yang telah dilakukan dan dapat dilihat diatas bahwa dari hasilnya semua agregat yang digunakan pada penelitian ini telah memenuhi spesifikasi yang telah di cantumkan di Standar Nasional Indonesia.

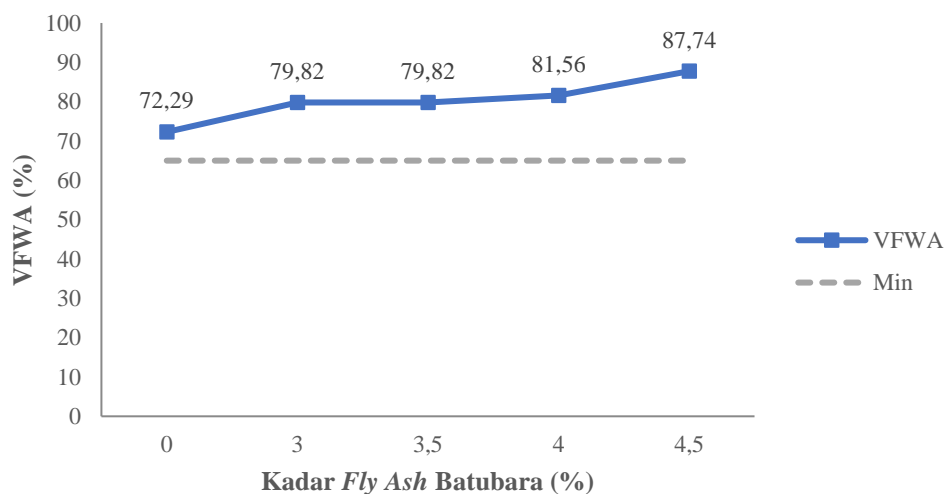
4.4 Hasil Pengujian Marshall Menggunakan Campuran *Fly Ash* Batubara

Pengujian Marshall merupakan salah satu cara untuk mengetahui nilai parameter yang digunakan dalam campuran tersebut telah memenuhi spesifikasi atau belum. Pada pengujian ini dilakukan agar mengetahui hubungan antara pengganti *filler* sebagian *Fly Ash* Batubara dengan parameter karakteristik Marshall seperti nilai *Desity*, *Stability*, *Flow*, *MQ*, *VFWA*, *VMA*, dan *VITM*. Pada masing-masing kadar *Fly Ash* Batubara digunakan 3 benda uji agar terhindar dari data yang kurang valid sehingga data hasil karakteristik Marshall merupakan rata-rata dari 3 benda uji pada masing-masing variasi.

Dari hasil pengujian marshall berikut merupakan pembahasan dari masing-masing parameter karakteristik marshall diatas, diantaranya :

1. Kaitan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan VFWA (*Voids Filled with Asphalt*)

VFWA atau *Voids Filled with Asphalt* merupakan jumlah volume pori dari campuran aspal beton tersebut yang terisi oleh bahan pengikat aspal dan dalam penelitian ini terisi oleh bahan pengikat Aspal Retona Blend 55. VFWA sendiri mempunyai fungsi untuk menyelimuti butir agregat pada campuran beton aspal supaya butir-butir tersebut dapat saling mengikat satu sama lain. Menurut Peraturan Bina Marga (2010) mensyaratkan nilai VFWA minimal 65%. Pada pengujian karakteristik marshall dengan menggunakan campuran *Fly Ash* Batubara didapatkan hasil yang telah memenuhi spesifikasi dari semua variasi kadar *Fly Ash* Batubara yang telah ditentukan.

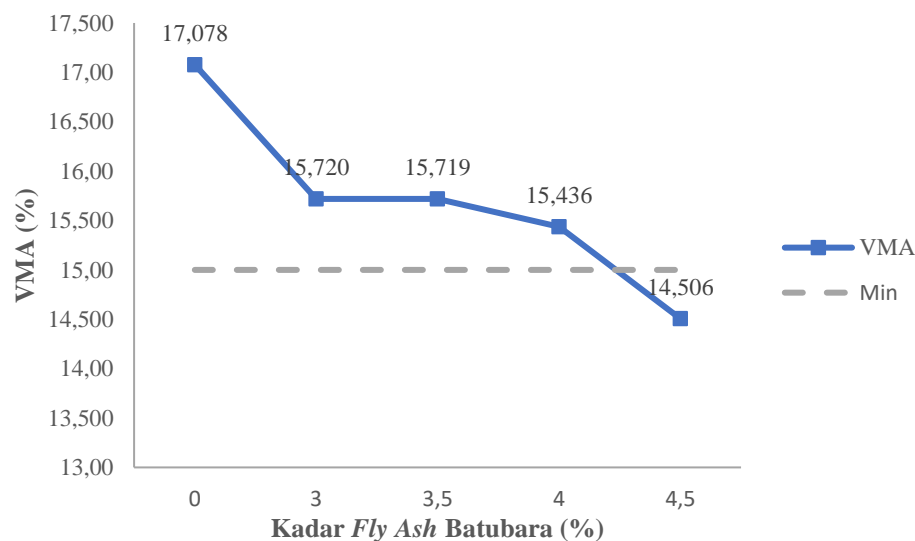


Gambar 4.1 Hubungan kadar *Fly Ash* Batubara dengan VFWA

Pada Gambar 4.1 menunjukkan hasil pengujian karakteristik marshall pada bagian parameter VFWA (*Voids Filled with Asphalt*) bahwa pada semua variasi dari *filler Fly Ash* Batubara telah memenuhi spesifikasi dengan yang telah ditentukan dalam Peraturan Bina Marga (2010). Dari hasil pengujian yang tercantum pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan *Fly Ash* Batubara dan seiring bertambahnya kadar *Fly Ash* Batubara maka nilai VFWA yang didapat pun mengalami kenaikan, hal ini dikarenakan material *Fly Ash* Batubara memiliki rongga yang lebih banyak dibandingkan dengan *filler* Abu Batu.

2. Kaitan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan VMA (*Voids in the Mineral Aggregate*)

VMA atau *Voids in the Mineral Aggregate* merupakan banyaknya volume pori antara butir agregat dalam campuran aspal beton yang telah dipadatkan dan dinyatakan dalam presentase dari volume keseluruhan aspal beton. Untuk nilai VMA sendiri telah ada ketentuan minimumnya yang tercantum dalam Peraturan Bina Marga (2010) yaitu nilainya sebesar 15%. Dapat dilihat hasil pengujian karakteristik marshall pada parameter nilai VMA bahwa nilai hasil pengujian semakin bertambahnya variasi kadar *filler Fly Ash* Batubara maka nilai dari *voids in the mineral aggregate* akan semakin menurun.

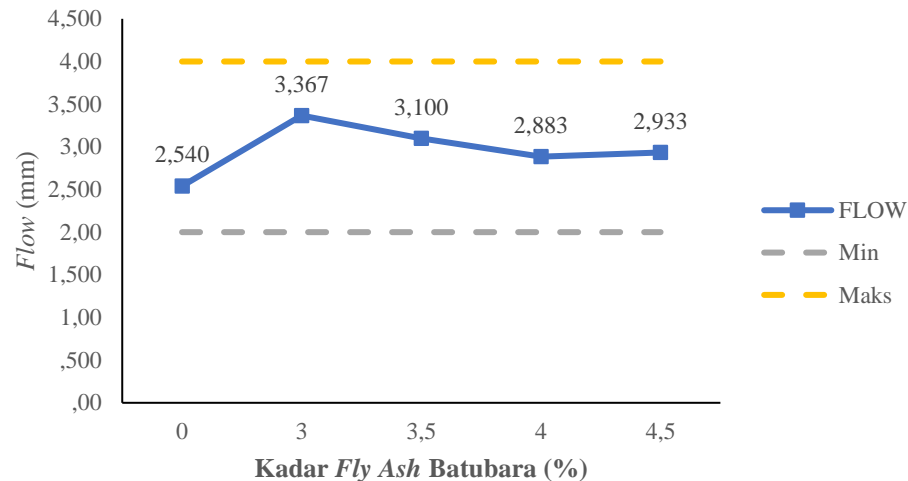


Gambar 4.2 Hubungan kadar *Fly Ash* Batubara dengan nilai VMA

Dari Gambar 4.2 jika dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan *Fly Ash* Batubara maka nilai VMA lebih tinggi. Hal ini dikarenakan dengan adanya *Fly Ash* Batubara maka ruang rongga untuk aspal menjadi terisi.

3. Kaitan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan Kelelahan Plastis (*Flow*)

Flow atau yang biasa disebut sebagai pelelehan merupakan perubahan fisik atau besar kecilnya nilai deformasi yang diakibatkan oleh beban yang diterima campuran sampai titik keruntuhannya. Nilai pelelehan didapat dari arloji *flow meter* dan dalam arloji tersebut dinyatakan dalam milimeter (mm).

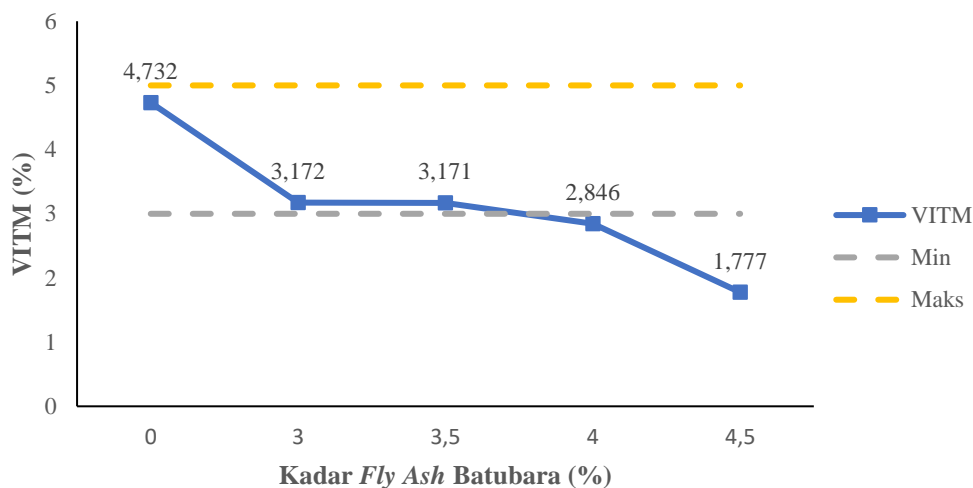


Gambar 4.3 Hubungan kadar *Fly Ash* Batubara dengan nilai *Flow*

Dengan digunakannya bahan pengganti sebagian *filler Fly Ash* Batubara hasilnya cenderung menaikkan nilai *flow* jika di bandingkan dengan campuran yang tidak diberi *filler Fly Ash* Batubara. Hal ini dikarenakan dengan adanya *Fly Ash* Batubara yang mengisi rongga – rongga membuat film aspal menjadi tebal. Terlihat bahwa hasil terbaik dari *flow* berada pada variasi kadar *Fly Ash* Batubara 3% hal tersebut membuat sifat dari campuran menjadi sedikit lebih fleksibel jika dibandingkan dengan campuran yang tanpa menggunakan *Fly Ash* Batubara.

4. Kaitan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan VITM (*Voids In The Mix*)

VITM atau *Voids In The Mix* merupakan jumlah banyak sedikitnya pori yang berada diantara butir agregat yang telah diselimuti oleh aspal dengan satuan persen terhadap volume dari campuran aspal beton yang telah dipadatkan. Nilai VITM yang sangat besar dapat mengakibatkan kurang kedapnya campuran dari air sehingga dapat mempercepat dari umur campuran tersebut.

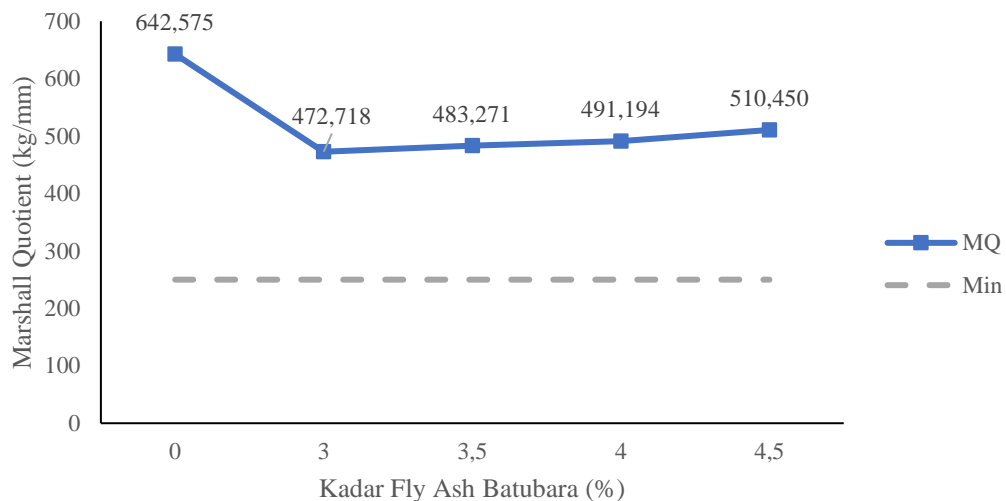


Gambar 4.4 Hubungan kadar *Fly Ash* Batubara dengan nilai VITM

Dari gambar dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya kadar *filler Fly Ash* Batubara digunakan maka nilai VITM menjadi turun. Dikarenakan rongga yang seharusnya untuk udara malah terisi oleh *Fly Ash* Batubara. Hal tersebut dapat mengakibatkan campuran mudah mengalami *bleeding* pada saat mengalami kenaikan suhu. Berdasarkan Peraturan Bina Marga (2010) nilai VITM pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* memiliki batas nilai pada 3-5%. Berdasarkan pengujian yang dilakukan hanya pada kadar *Fly Ash* Batubara 3% dan 3,5% yang telah memenuhi spesifikasi.

5. Kaitan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan *Marshall Quotient*

MQ atau *Marshall Qoutient* merupakan rasio antara stabilitas dengan kelelahan yang digunakan untuk indikator kaku apa tidaknya campuran (Sukirman, 2003). Jika suatu campuran memiliki kekakuan yang tinggi maka nilai MQ (*Marshall Qoutient*) campuran tersebut tinggi begitu juga sebaliknya, apabila kekakuan dari suatu campuran memiliki nilai yang rendah maka nilai MQ (*Marshall Qoutient*) campuran akan rendah. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap besar kecilnya nilai MQ (*Marshall Qoutient*) adalah pembagian agregat, kadar aspal, kohesi, energi pemadatan, dan suhu pemadatan.

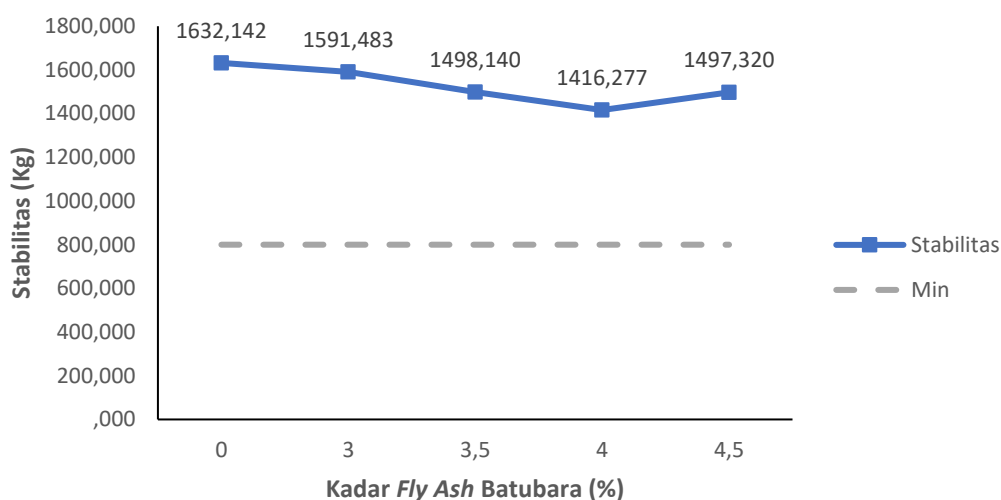


Gambar 4.5 Hubungan kadar *Fly Ash* Batubara dengan nilai MQ

Dapat dilihat bahwa hasil pengujian karakteristik *Marshall* pada parameter nilai *Marshall Quotient* menurun dimulai kadar 0% hingga 3% dan cenderung meningkat hingga pada kadar *Fly Ash* Batubara 4,5%. Hasil tersebut dapat diartikan dengan ditambahkan kadar *Fly Ash* Batubara maka sifat campuran menjadi sedikit lebih fleksibel, tetapi dengan seiringnya bertambah kadar *Fly Ash* Batubara dalam campuran membuat campuran menjadi sedikit lebih kaku kembali. Hal ini dikarenakan dengan adanya *filler Fly Ash* Batubara membuat film aspal menjadi tebal, yang mulanya berfungsi sebagai bahan pengikat menjadi pelicin.

6. Kaitan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan suatu kemampuan campuran untuk menerima beban berulang (*repetisi*) hingga ke titik maksimum plastis campuran tersebut sampai campuran tersebut kelelahan. Nilai stabilitas di dapat dari arloji *stability meter* yang terdapat pada alat uji *Marshall* dan dari bacaan arloji tersebut dikalikan dengan nilai kalibrasi dari *proving ring* dan setelahnya dikoreksi dengan koreksi akibat variasinya dari semua tebal benda uji. Berdasarkan Peraturan Bina Marga (2010) nilai minimum stabilitas untuk campuran AC-WC adalah 800kg.

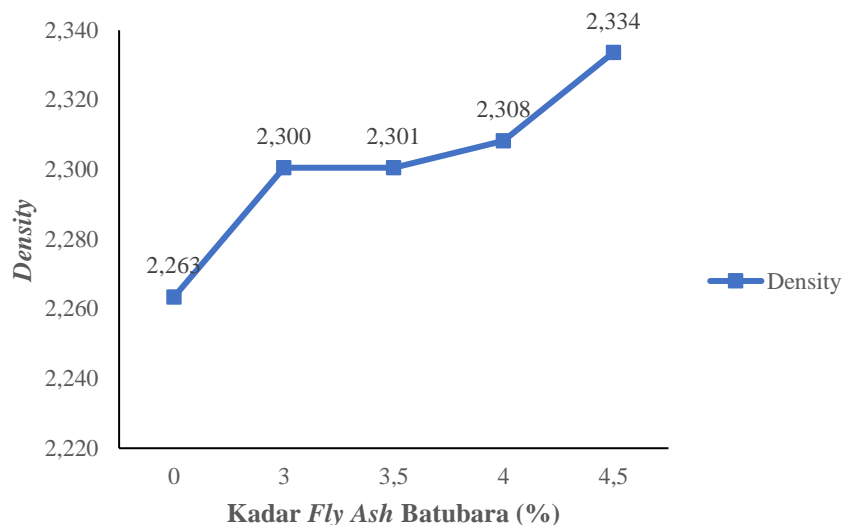


Gambar 4.6 Hubungan kadar *Fly Ash* Batubara dengan Stabilitas

Dari Gambar 4.6 menunjukan bahwa hasil pengujian karakteristik *Marshall* parameter stabilitas semua variasi sudah memenuhi spesifikasi berdasarkan Peraturan Bina Marga (2010) dan mempunyai nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan benda uji yang tanpa menggunakan *Fly Ash* Batubara, dan titik terendahnya berada pada kadar variasi 4%. Untuk lalu lintas yang tinggi menggunakan nilai stabilitas. Hal tersebut dikarenakan campuran yang telah diberi *filler Fly Ash* Batubara mengisi rongga – rongga yang ada dan menjadi lebih rapat.

7. Kaitan Kadar *Fly Ash* Batubara dengan Kepadatan (*Density*)

Kepadatan atau yang biasa disebut *Density* merupakan berat dari campuran per satuan volumenya. Kepadatan suatu campuran bisa dipengaruhi oleh banyaknya kadar aspal yang digunakan, kualitas dari material yang digunakan, banyak atau sedikitnya tumbukan yang dilakukan, maupun variasi dari bahan penyusunnya. Semakin padat suatu campuran maka semakin tinggi nilai stabilitas campuran tersebut dan campuran tersebut menjadi lebih mampu untuk menahan beban lalu lintas yang tinggi dan menjadi semakin kedap terhadap air.



Gambar 4.7 Hubungan kadar *Fly Ash* Batubara dengan kepadatan (*Desnity*)

Dari hasil pengujian kepadatan (*Desnity*) yang disajikan dalam Gambar 4.7 terlihat bahwa seiring dengan bertambahnya variasi *filler Fly Ash* Batubara maka nilai kepadatan (*Desnity*) suatu benda uji semakin meningkat. Hal tersebut mungkin bisa dikarenakan butir – butir *filler Fly Ash* Batubara dapat mengisi rongga lebih baik, sehingga kepadatannya bertambah.

Berikut hasil pengujian Marshall dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Marshall menggunakan Campuran Fly Ash Batubara

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Fly Batubara				
			0%	3%	3,5%	4%	4,5%
1	VFWA	Min 65%	72,2939	79,8238	79,8296	81,5619	87,7482
2	VMA	Min 15%	17,0775	15,7197	15,7188	15,4365	14,5061
3	<i>Flow</i>	2 – 4	2,54	3,37	3,1	2,88333	3,375
4	<i>Density</i>	-	2,,26343	2,30049	2,30051	2,30822	2,33362
5	VITM	3 – 5	4,73152	3,17165	3,17054	2,84618	1,77725
6	MQ	Min 250 kg/mm	642,575	472,717	483,271	491,194	491,194
7	Stability	Min 800 kg	1632,14	1591,48	1498,14	1416,27	1470,26