



## PENGARUH PENGGUNAAN GRADASI AGREGAT TERHADAP NILAI MARSHALL CAMPURAN AC-WC DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK PET

Rahmat S. Karim<sup>1</sup>, Didik S.S. Mabui<sup>2</sup>, Irianto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

<sup>2,3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

<sup>1</sup>[ariefkarim40@gmail.com](mailto:ariefkarim40@gmail.com), <sup>2</sup>[didik.mabui90@gmail.com](mailto:didik.mabui90@gmail.com), <sup>3</sup>[irian.anto@gmail.com](mailto:irian.anto@gmail.com)

### ABSTRAK

Agregat pada campuran beraspal berperan penting dalam lapis perkerasan. Agregat pada campuran terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal. Setiap jenis campuran aspal untuk lapisan perkerasan jalan mempunyai gradasi agregat tertentu, gradasi agregat berfungsi memberikan kekuatan yang pada akhirnya mempengaruhi stabilitas pada campuran, dengan kondisi saling mengunci (*interlocking*) dari masing-masing agregat kasar, penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh gradasi agregat terhadap karakteristik marshall campuran AC-WC dengan penambahan limbah plastik PET. dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium memenuhi spesifikasi yang ditetapkan yaitu nilai berat jenis bulk 2,76, SSD 2,72 dan Semu 2,82 serta nilai penyerapan air sebesar 1,75 untuk agregat kasar, sedangkan agregat halus nilai berat jenis bulk 2,72, SSD 2,79, semu 2,93 dan penyerapan air 2,85. Campuran gradasi halus menunjukkan kepadatan yang lebih tinggi, ikatan agregat yang lebih baik, dan nilai stabilitas yang sedikit lebih unggul dibandingkan gradasi kasar dalam kondisi penggunaan limbah plastik. Namun, kedua jenis gradasi masih memiliki performa yang relatif seimbang dalam hal deformasi dan ketahanan terhadap beban.

Kata Kunci: Gradasi, Kasar, Halus, Volumetrik dan Marshall

### ABSTRACT

The aggregate in the paved mixture plays an important role in the pavement layer. The aggregate in the mixture consists of coarse aggregate, fine aggregate, filler and asphalt. Each type of asphalt mixture for road pavement layer has a certain aggregate gradation, aggregate gradation functions to provide strength that ultimately affects the stability of the mixture, with the condition of interlocking (*interlocking*) of each coarse aggregate, this study was conducted to see the effect of aggregate gradation on the marshall and volumetric characteristics of the AC-WC mixture with the addition of PET plastic waste. The specifications set are the specific gravity value of bulk 2.76, SSD 2.72 and pseudo 2.82 and water absorption value of 1.75 for coarse aggregate, while fine aggregate has a specific gravity value of 2.72, SSD 2.79, pseudo 2.93 and water absorption 2.85. Fine gradation mixtures exhibit higher density, better aggregate bonding, and slightly superior stability values than coarse gradations under the conditions of use of plastic waste. However, both gradation types still have relatively balanced performance in terms of deformation and load resistance.

Keywords: Gradation, Coarse, Smooth, Volumetric and Marshall

### 1. PENDAHULUAN

Aspal merupakan bahan utama dalam perkerasan jalan. Campuran beraspal adalah gabungan yang terdiri dari dua bahan dasar yaitu aspal yang berfungsi sebagai pengikat antar partikel dan agregat yang menjadi satu kesatuan padat dan kuat. Sifat mekanis aspal dalam campuran diperoleh dari fraksi dan kohesi dari bahan pembentuknya. Fraksi merupakan ikatan antar butir agregat yang kekuatannya tergantung pada gradasi, tekstur permukaan, bentuk butiran dan ukuran agregat maksimum yang digunakan. Sedangkan kohesinya merupakan sifat-sifat aspal yang digunakan. Oleh sebab itu campuran beraspal



sangat dipengaruhi oleh sifat agregat dan aspal serta sifat-sifat campuran padat yang terbentuk dari kedua bahan tersebut. Agregat pada campuran beraspal berperan penting dalam lapis perkerasan. Agregat pada campuran terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal. Setiap jenis campuran aspal untuk lapisan perkerasan jalan mempunyai gradasi agregat tertentu. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos dan persentase tertahan yang dihitung berdasarkan berat agregat dengan menggunakan set saringan agregat. (Sukirman, 1999).

Bahan pembentuk perkerasan jalan adalah aspal dan agregat. Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain (Sukirman, 2016). Susunan butir agregat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan jalan disebut gradasi agregat. Gradasi agregat berfungsi memberikan kekuatan yang pada akhirnya mempengaruhi stabilitas pada campuran, dengan kondisi saling mengunci (*interlocking*) dari masing-masing agregat kasar. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan pengaruh gradasi agregat terhadap nilai *marshall* campuran *AC-WC* dengan penambahan limbah Plastik *PET*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### *Aspal dan campuran beraspal (ac-wc)*

Aspal merupakan bahan pengikat yang digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan. Salah satu jenis campuran beraspal yang sering digunakan adalah *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*, yaitu lapisan permukaan jalan yang langsung berinteraksi dengan lalu lintas. Lapisan ini harus memiliki ketahanan terhadap deformasi, aus, dan perubahan suhu (Sukirman, 2003).

Campuran *AC-WC* terdiri atas agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal sebagai bahan pengikat. Proporsi bahan-bahan tersebut harus disusun sedemikian rupa untuk memperoleh campuran yang memenuhi spesifikasi teknis, baik dari segi kekuatan maupun daya tahan.

### **Gradasi agregat**

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran partikel dalam agregat. Gradasi yang baik akan menghasilkan struktur campuran yang padat, meningkatkan stabilitas campuran, serta mengurangi porositas dan kebutuhan aspal (Roberts et al., 1996). Gradasi agregat dibagi menjadi tiga jenis utama: gradasi rapat (*dense graded*), gradasi terbuka (*open graded*), dan gradasi seragam (*uniform graded*). Setiap jenis gradasi memberikan efek yang berbeda terhadap kinerja campuran aspal.

Penggunaan gradasi agregat yang sesuai dalam campuran *AC-WC* sangat penting untuk mendapatkan nilai *Marshall* yang optimal, termasuk stabilitas, *flow*, dan VIM (*Void in the Mix*).

### *Metode pengujian marshall*

Metode *Marshall* adalah metode yang paling umum digunakan untuk menentukan desain campuran aspal. Parameter yang diuji antara lain adalah stabilitas, *flow*, VIM (*Void in the Mix*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), dan VFA (*Void Filled with Asphalt*). Nilai-nilai tersebut menjadi indikator kinerja campuran terhadap beban lalu lintas dan perubahan suhu (*Asphalt Institute*, 2007).

Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan campuran untuk menahan beban, sedangkan *flow* menggambarkan deformasi plastis saat diberi beban. VIM dan VMA berkaitan dengan rongga udara dan struktur internal campuran, yang berpengaruh terhadap daya tahan terhadap kerusakan akibat air dan suhu.

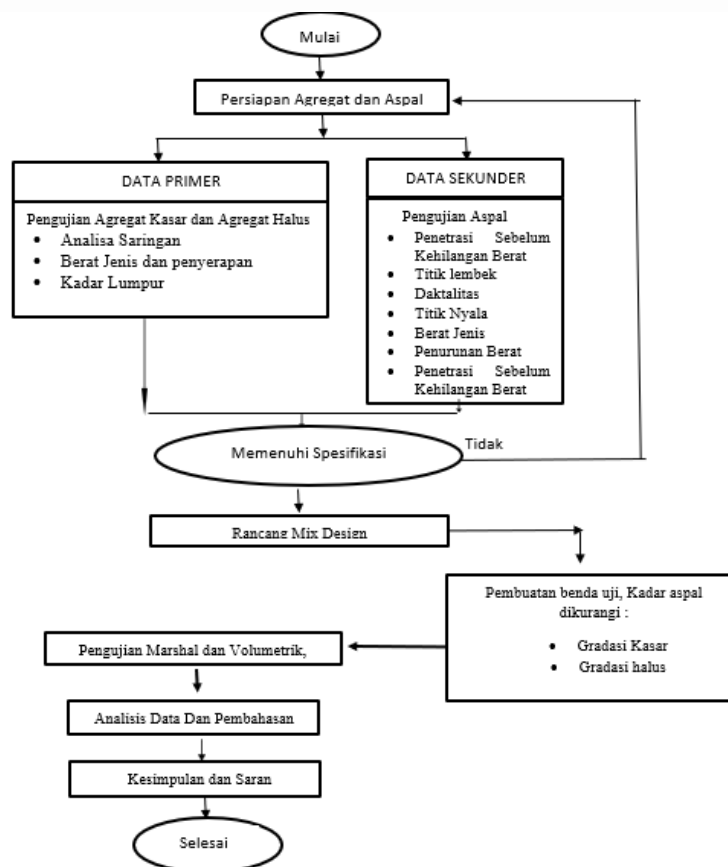
### **Limbah plastik pet sebagai bahan tambahan**

Polietilena Tereftalat (*PET*) adalah jenis plastik yang banyak digunakan dalam kemasan minuman dan sering kali menjadi limbah yang sulit terurai secara alami. Penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa limbah plastik *PET* dapat dimanfaatkan dalam campuran aspal sebagai bahan adiktif atau modifier untuk meningkatkan performa jalan (Vasudevan et al., 2007).

Plastik *PET* yang ditambahkan ke dalam campuran *AC-WC* dapat meningkatkan stabilitas *Marshall*, mengurangi deformasi permanen, serta meningkatkan ketahanan terhadap air. Namun, penambahan plastik juga dapat mempengaruhi *workability* dan fleksibilitas campuran.

### **3. METODOLOGI PENELITIAN**

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan mengikuti alur berikut :



Gambar 1. Alur Penelitian  
Sumber: Data Pribadi, 2025

### **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Hasil pemeriksaan karakteristik agregat**

Pemeriksaan karakteristik agregat dilakukan untuk menentukan kelayakan agregat digunakan.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat

No	Agregat	Jenis Pengujian	Jenis Pengujian		Hasil
			Min	Maks	
1	Agregat Kasar	Berat Jenis Bulk	2.5	-	2.76



No	Agregat	Jenis Pengujian	Jenis Pengujian		Hasil
			Min	Maks	
		Berat Jenis SSD	2.5	-	2.72
		Berat Jenis Semu	2.5	-	2.82
		Penyerapan	-	3	1.75
2	Agregat Halus	Berat Jenis Bulk	2.5	-	2.72
		Berat Jenis SSD	2.5	-	2.79
		Berat Jenis Semu	2.5	-	2.93
		Penyerapan	-	3	2.85

Sumber: Hasil pengujian Laboratorium, 2025

Tabel 2. Hasil pemeriksaan karakteristik *filler* (semen)

No.	Pemeriksaan	Hasil Uji	Spesifikasi	
			Min	Max
1	Penyerapan Air	2.28	-	3.0
2	Berat Jenis Bulk	2.59	2.5	-
	Berat Jenis SSD	2.65	2.5	-
	Berat Jenis Semu	2.76	2.5	-

Sumber: Hasil pengujian Laboratorium, 2025

Berdasarkan dari hasil pengujian karakteristik agregat, serta filler terlihat bahwa agregat yang digunakan memenuhi spesifikasi Bina Marga yang disyaratkan sebagai bahan jalan.

#### Karakteristik aspal buton modifikasi *blend 55*

Aspal sebagai bahan pengikat yang di gunakan pada penelitian ini adalah jenis aspal buton modifikasi *Retona blend 55*.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan karakteristik aspal buton modifikasi *Retona blend 55*

No	Pengujian	Hasil	Spesifikasi	
			Min	Max
1	Penetrasi sebelum kehilangan berat (mm)	78,6	60	79
2	Titik Lembek (°C)	52	48	58
3	Daktalitas pada 25°C, 5cm/menit (cm)	114	100	-
4	Titik nyala (°C)	280	200	-
5	Berat jenis	1,12	1	-
6	Penurunan berat (%)	0,3	-	0,8
7	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat (mm)	86	54	-

Sumber: Disertasi Irianto, 2021

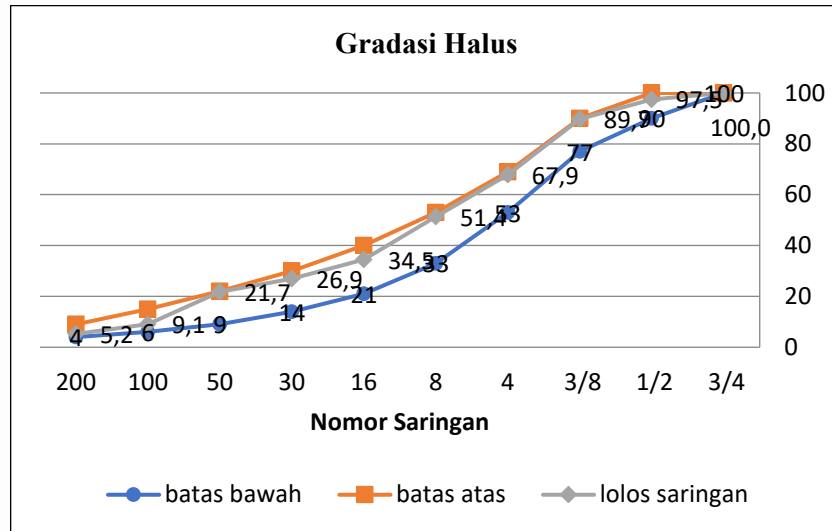
Hasil pemeriksaan karakteristik aspal Buton modifikasi *Retona blend 55* yang ditampilkan menunjukkan bahwa aspal yang digunakan pada penelitian ini telah memenuhi spesifikasi yang telah disyaratkan.



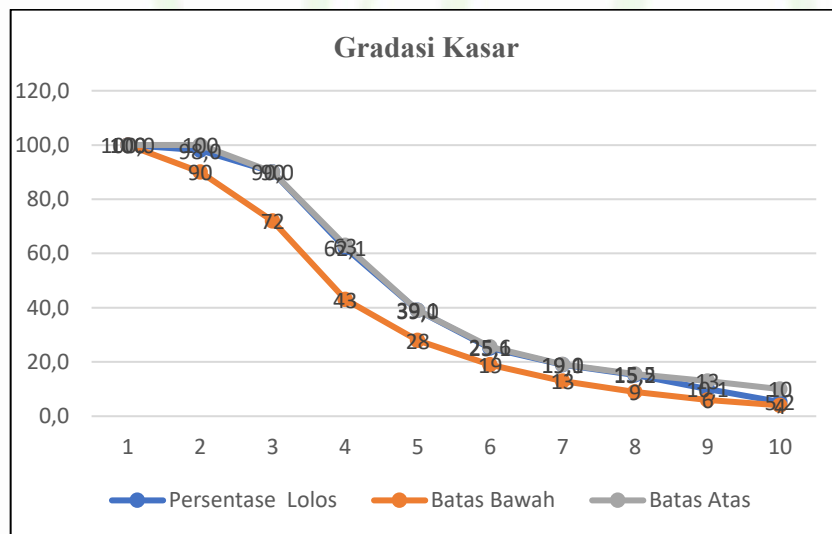


## Gradasi campuran

Proporsi agregat gabungan didapatkan dari nilai perbandingan komposisi agregat rencana dikalikan dengan nilai persen lolos pada analisa saringan. Selanjutnya, proporsi agregat gabungan yang telah diperoleh tersebut disesuaikan dengan nilai interval spesifikasi.



Gambar 2. Gradasi Agregat Halus  
Sumber: Hasil pengujian Laboratorium, 2025



Gambar 3. Gradasi Agregat Kasar  
Sumber: Hasil pengujian Laboratorium, 2025

Pada gambar 2. dan gambar 3. terlihat bahwa rancangan agregat gabungan dengan menggunakan gradasi halus dan gradasi kasar yang dibuat berada dalam interval spesifikasi Bina Marga untuk bahan jalan sehingga dapat diperoleh campuran yang optimal.

## Mix design

Berdasarkan komposisi agregat yang diperoleh dibuat benda uji dengan variasi kandungan kadar aspal buton *retona blend 55* sebesar 6.25% dari berat total campuran sedangkan untuk kadar plastik yang digunakan sebesar 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% dari berat total campuran. Jumlah benda uji untuk masing-masing variasi kadar plastik *PET* adalah sebanyak 3 buah sehingga untuk total benda uji untuk keseluruhan adalah sebanyak 15



buah, jadi untuk 2 jenis gradasi yang berbeda dibutuhkan 30 benda uji. Tabel berikut menunjukkan masing-masing komposisi material dalam berat dan dalam persen yang didapatkan dari proporsi agregat berdasarkan dari hasil analisa saringan.

Tabel 4. Komposisi Material Dalam Berat Untuk 1200 Gram Benda Uji Gradasi Halus

Uraian									
Kadar Optimum Aspal				Satuan	6,25%				
Berat Aspal Buton				gr	75	75	75	75	75
Kadar Plastik PET					0%	1%	2%	3%	4%
Berat Plastik PET				gr	0	12	24	36	48
Ukuran Saringan		Gradasi Gabungan			Berat Agregat				
BS	(mm)	% Lolos	% Tertahan						
37.5	1.1/2			gr					
25	1			gr					
19	3/4	100.00		gr					
12.5	1/2	97.47	2.53	gr	28.43	28.13	27.83	27.52	27.22
9.5	3/8	89.75	7.73	gr	86.91	85.98	85.06	84.13	83.20
4.75	4	67.86	21.89	gr	246.24	243.62	240.99	238.36	235.74
2.36	8	51.36	16.50	gr	185.62	183.64	181.66	179.68	177.70
1.18	16	34.53	16.83	gr	189.38	187.36	185.34	183.32	181.30
0.6	30	26.94	7.58	gr	85.30	84.39	83.48	82.57	81.66
0.3	50	21.75	5.20	gr	58.48	57.85	57.23	56.61	55.98
0.15	100	9.06	12.68	gr	142.70	141.18	139.66	138.14	136.62
0.75	200	5.25	3.81	gr	42.92	42.46	42.00	41.55	41.09
Filler			5.2	gr	59.01	58.38	57.75	57.12	56.49
Jumlah				gr	1125	1113	1101	1089	1077
Berat Benda Uji				gr	1200	1200	1200	1200	1200

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 5. Komposisi Material Dalam Berat Untuk 1200 Gram Benda Uji Gradasi Kasar

Uraian									
Kadar Optimum Aspal				Satuan	6,25%				
Berat Aspal				gr	75				
Ukuran Saringan		Gradasi Gabungan			0%	1%	2%	3%	4%
BS	(mm)	% Lokos	% Tertahan		0	11,25	22,5	33,75	45
37,5	1.1/2			gr					
25	1			gr					
19	3/4	100,0		gr					
12,5	1/2	98,0	2,0	gr	22,53	22,31	22,08	21,86	21,63
9,5	3/8	90,0	8,0	gr	90,13	89,23	88,33	87,42	86,52
4,75	4	62,1	27,9	gr	313,84	310,70	307,56	304,43	301,29
2,36	8	39,0	23,1	gr	259,66	257,06	254,46	251,87	249,27
1,18	16	25,1	13,9	gr	156,12	154,55	152,99	151,43	149,87
0,6	30	19,0	6,1	gr	68,67	67,98	67,30	66,61	65,92
0,3	50	15,2	3,9	gr	43,45	43,02	42,59	42,15	41,72
0,15	100	10,1	5,1	gr	57,40	56,83	56,26	55,68	55,11
0,75	200	5,2	4,8	gr	54,18	53,64	53,10	52,56	52,02
Filler			5,2	gr	59,01	58,42	57,83	57,24	56,65
Jumlah				gr	1125	1113,75	1102,5	1091,25	1080
Berat Benda Uji				gr	1200	1200	1200	1200	1200

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

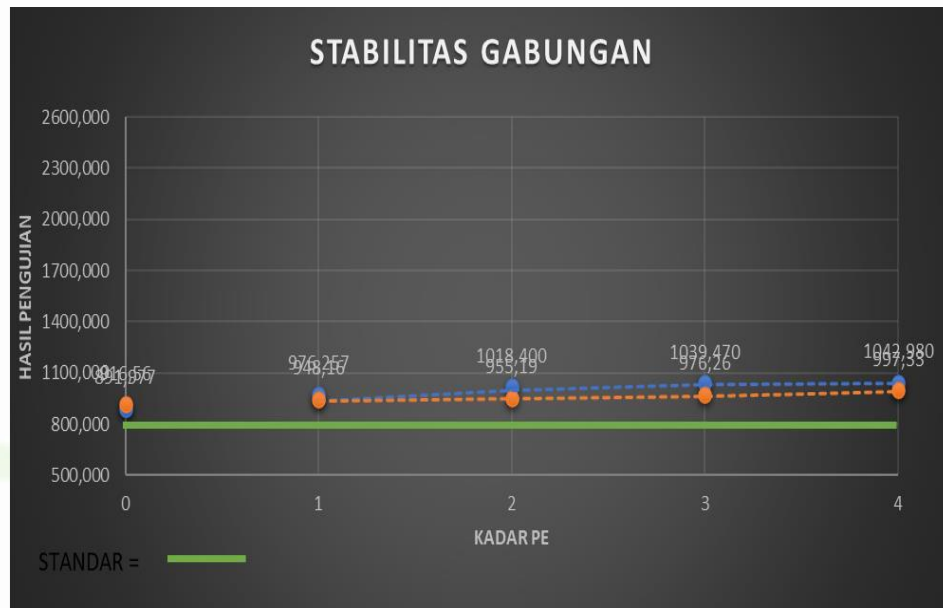
Dari tabel perhitungan diatas, diperoleh jumlah kadar aspal yang dipakai adalah 6.25% dari berat total keseluruhan, didapatkan berat kadar aspal sebesar 75 gram aspal. Selanjutnya dibuat 5 variasi kadar plastik yang diambil dari presentase berat keseluruhan benda uji diantara lain untuk variasi 0% tidak memakai plastik pada campuran aspal, untuk variasi kadar plastik 1% memakai plastik sebesar 12 gram, untuk variasi kadar 2% memakai 24



gram plastik, sedangkan untuk variasi kadar 3% memakai plastik sebesar 36 gram dan untuk variasi kadar 4% memakai 48 gram plastik.

### Perbandingan nilai stabilitas gradasi halus dan kasar

Nilai stabilitas dari kedua gradasi yang gunakan mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya jumlah plastik *PET* pada campuran aspal, Penggunaan limbah plastik dalam campuran aspal dapat memengaruhi berbagai parameter kinerja campuran, termasuk nilai gradasi.



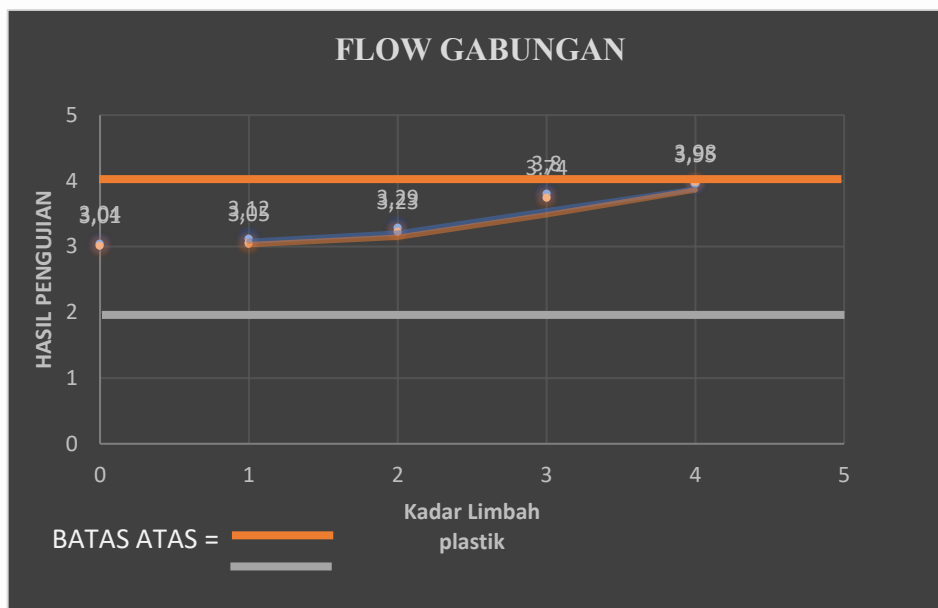
Gambar 4. Perbandingan Nilai Stabilitas Gradasi halus dan Kasar  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Campuran dengan gradasi halus memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan gradasi kasar, ada beberapa faktor yang mempengaruhi fenomena ini dikarenakan Efek Ukuran dan Bentuk Partikel Limbah Plastik terhadap Gradasi dimana Limbah plastik yang digunakan dalam campuran aspal umumnya berupa serbuk, butiran, atau potongan kecil dan pada campuran gradasi halus, plastik cenderung lebih mudah menyebar dan berbaur dengan agregat halus, meningkatkan kepadatan dan mengisi celah antar partikel agregat.

### Perbandingan nilai *flow* gradasi halus dan kasar dengan penambahan limbah plastik *PET*

Dari hasil pengolahan data Nilai *flow* yang diperoleh dari pembacaan alat *marshall* menunjukkan nilai yang hampir sama baik dengan gradasi halus maupun dengan gradasi kasar dengan pola dimana mengalami kenaikan nilai *Flow* seiring dengan bertambahnya jumlah limbah plastik *PET* kedalam campuran aspal *AC-WC*. *Flow* dalam campuran aspal menunjukkan kemampuan deformasi campuran sebelum mengalami kegagalan akibat beban. *Flow* diukur dalam satuan mm berdasarkan uji *Marshall*, dan mencerminkan fleksibilitas serta stabilitas campuran. Jika nilai *flow* hampir sama untuk gradasi halus dan kasar, ada beberapa kemungkinan penyebabnya:

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall*, dengan menggunakan gradasi halus dan kasar pada campuran *AC-WC* dengan bahan tambah limbah plastik *PET* ditunjukkan pada gambar 5 sebagai berikut:



Gambar 5. Hubungan Kadar Plastik PET Dengan Nilai *Flow*  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

**Perbandingan nilai *Marshall Quetiont (Mq)* gradasi halus dan kasar pada penambahan limbah plastik *PET***

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall*, dengan gradasi halus dan kasar nilai *marshall quetiont* yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 6. Nilai *marshall quetiont* gradasi halus dan kasar pada penambahan limbah plastik *PET*  
Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *MQ* mengalami penurunan seiring bertambahnya jumlah persentase limbah Plastik kedalam campuran aspal *AC-WC* baik pada gradasi halus maupun pada gradasi kasar namun nilai gradasi halus sedikit lebih tinggi dibandingkan gradasi kasar.





*MQ* merupakan parameter yang sering digunakan dalam uji *Marshall* untuk menggambarkan rasio antara stabilitas dan *flow* dari campuran aspal. Jika nilai *MQ* campuran dengan gradasi halus lebih tinggi sedikit dibandingkan gradasi kasar.

## 5. KESIMPULAN

- 5.1. Agregat yang digunakan dalam campuran aspal *AC-WC* yang diambil dari kali doyo kabupaten Jayapura dari hasil pengujian di laboratorium memenuhi spesifikasi yang ditetapkan yaitu nilai berat jenis *bulk* 2,76, *SSD* 2,72 dan Semu 2,82 serta nilai penyerapan air sebesar 1,75 untuk agregat kasar, sedangkan agregat halus nilai berat jenis *bulk* 2,72, *SSD* 2,79, semu 2,93 dan penyerapan air 2,85.
- 5.2. Campuran gradasi halus menunjukkan kepadatan yang lebih tinggi, ikatan agregat yang lebih baik, dan nilai stabilitas yang sedikit lebih unggul dibandingkan gradasi kasar dalam kondisi penggunaan limbah plastik. Namun, kedua jenis gradasi masih memiliki performa yang relatif seimbang dalam hal deformasi dan ketahanan terhadap beban.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M.Z., Djakfar, L. and Martina, G., 2012. Pengaruh Kandungan Air Hujan Terhadap Nilai Karakteristik Marshall Dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Campuran Lapisan Aspal Beton (LASTON). *Rekayasa Sipil*, 2(1), pp.39-46.
- Asmawi, B., 2020. Durabilitas Campuran Aspal AC-BC Terhadap Perubahan Suhu. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 8(1).
- Budiman, L. and Sukirman, S., 2018. Studi Penggunaan Batu Kapur Kalipucang sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Beton Aspal Jenis AC-BC (Hal. 45-55). *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 4(1), p.45.
- Gumilang, D., 2017. *Analisis Dampak Rendaman Air Tawar Terhadap Durabilitas Dan Properties Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (Ac-Bc)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Hasan, A. and Sumiati, S., 2014. Pengaruh Penggunaan Batu Kapur Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Aspal Beton (AC-BC). *PILAR*, 10(2).
- Haris, H., 2019. Analisis Pengujian Stabilitas dan Durabilitas Campuran Aspal dengan Tes Perendaman. *Jurnal Linears*, 2(1), pp.33-47.
- Irianto, I., Mabui, D.S. and Sila, A.A., 2022. Durability of Residual Strength on Ac-Wc Mixture Using Bottom Ash As Fine Aggregate Substitution. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 24(1), pp.42-51.
- Irianto, I., Mabui, I.D.S. and Rochmawati, I.R., Pemanfaatan BatuzKapur Jayapura Sebagai Agregat Pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC).
- Pomantow, S.Y., Jansen, F. and Waani, J.E., 2019. Kinerja Campuran AC-WC dengan Menggunakan Agregat dari Batu Kapur. *Jurnal Sipil Statik*, 7(2).
- Setiawan, A.D.A. and Sunarjono, I.S., 2014. *Pengaruh Penuaan dan Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Sugiarto, R.E., 2003. Pengaruh Variasi Tin Gkat Kepadatan Terhadap Sifat Jwarshall Dan Indek Kekuatan Sisa Berdasarkan Spesifikasi Baru Beton Aspal Pada Laston (Ac-Wc) 1\Ienggunakan Jenis Aspal Pertamina Dan Aspal Esso Penetrasi 60/70.