



Pemanfaatan Pasir Gunung Lobu Sebagai Agregat Halus dalam Campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC)

Cecile N. Sambur^{#a}, Mecky R. E. Manoppo^{#b}, Theo K. Sendow^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^asamburcecil@gmail.com; ^bmeckymanoppo@yahoo.com; ^ctheosendow@unsrat.ac.id

Abstrak

Pasir gunung Lobu yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pasir hasil erupsi dari gunung Soputan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan sifat fisik dari pasir gunung Lobu serta untuk mengetahui bagaimana pengaruh pasir ini terhadap karakteristik Marshall dalam campuran HRS-WC. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental dengan variasi pasir gunung Lobu 0%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam campuran HRS-WC. Benda uji yang dibuat pada penelitian ini ada 90 benda uji. Dari hasil penelitian, pasir gunung Lobu memiliki ukuran butir yang berkisar 0,075-2,36 mm. Berat jenis bulk 2,482%, berat jenis SSD 2,590% dan berat jenis semu 2,780%. Pasir gunung Lobu ini juga mempengaruhi nilai karakteristik marshall dalam campuran seperti nilai stabilitas, kelelahan (flow) dan kepadatan (density) yang cenderung menurun sedangkan nilai rongga di dalam agregat (VMA), nilai rongga di agregat (VIM), nilai rongga yang terisi aspal (VFB), nilai Marshall Quotient (MQ) dan nilai kadar aspal efektif cenderung meningkat, dimana hal ini dipengaruhi oleh berat jenis yang rendah dan penyerapan yang tinggi dari pasir gunung Lobu, juga ukuran butiran dari pasir gunung Lobu yang lebih cenderung lebih besar dari agregat halus Lansot, Kema.

Kata kunci: pasir gunung Lobu; HRS-WC; uji Marshall

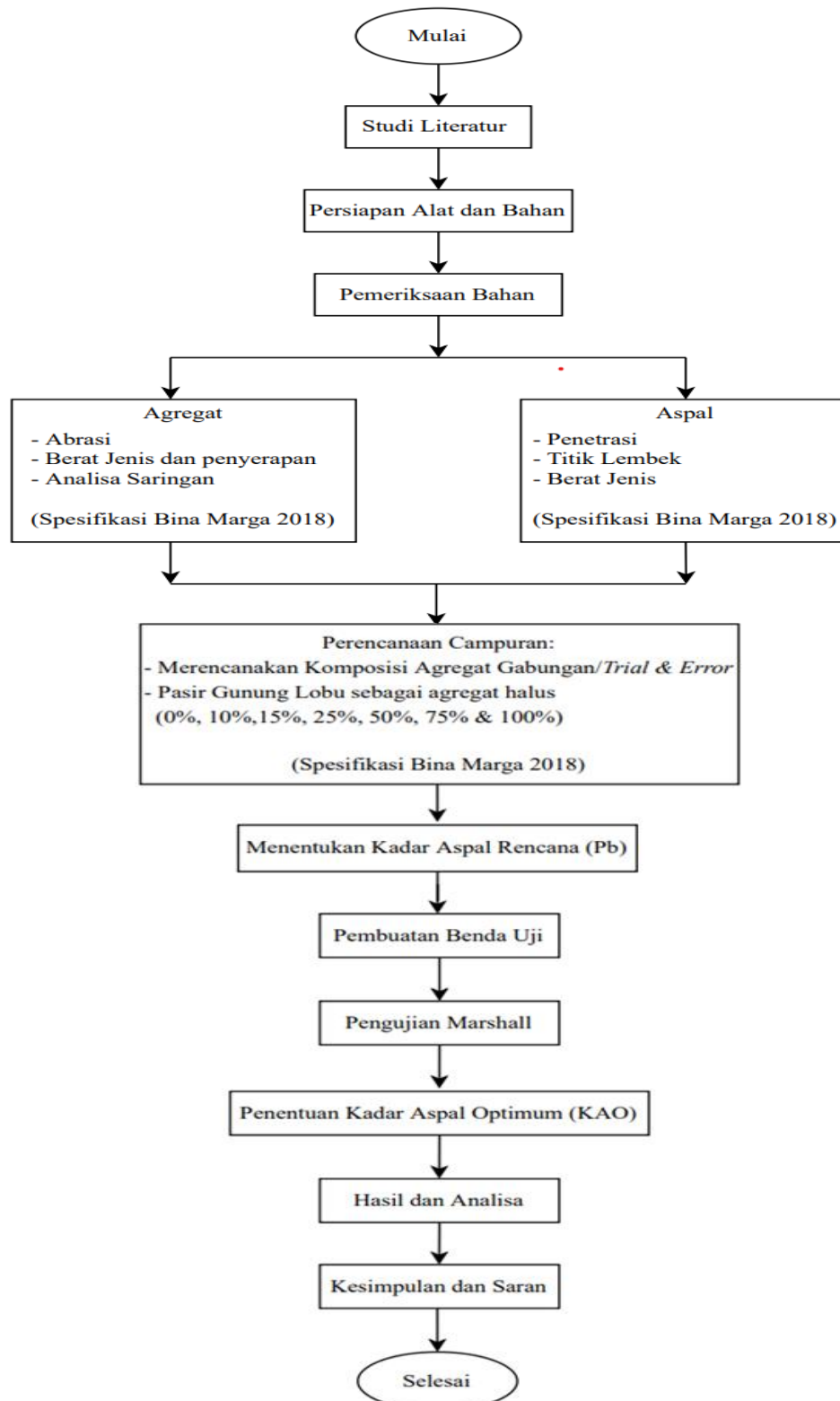
1. Pendahuluan

Pembangunan prasarana transportasi darat di Indonesia saat ini meningkat, dimana hal ini untuk mengimbangi laju pertumbuhan penduduk di Indonesia yang secara tidak langsung mempengaruhi volume lalu lintas. Agar diperoleh kinerja jalan yang baik, maka diperlukan kualitas bahan yang sesuai dengan ketentuan/spesifikasi. Perkerasan jalan di Indonesia umumnya menggunakan campuran aspal panas sebagai lapis permukaan jalan. Campuran aspal ini terbentuk dari unsur-unsur aspal sebagai bahan pengikat, agregat dan *filler*. Campuran aspal panas khususnya pada *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) hampir 90%-95% campurannya terdiri dari agregat, dimana proporsi agregat halus bisa mencapai 50%-70% dari total agregat dalam campuran tersebut. Pada awalnya bahan yang biasa digunakan sebagai agregat halus adalah produk hasil dari pemecahan batu gunung, namun seringkali persediaan agregat halus tersebut tidak mencukupi oleh karena produksinya sedikit dan harganya cukup mahal. Sehubungan dengan permasalahan tersebut maka peneliti mencoba memanfaatkan material alam berupa pasir gunung yang berasal dari Desa Lobu, Kecamatan Toulaan, Kabupaten Minahasa Tenggara sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam campuran HRS-WC. Pasir gunung Lobu ini merupakan pasir hasil erupsi dari gunung Soputan, dimana hasil produksi pasir gunung Lobu yang besar dan harga yang relatif

murah sehingga material ini dapat dimanfaatkan dan digunakan sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus dalam campuran HRS-WC.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode Experimental. Data-data yang didapatkan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado kemudian dianalisa untuk mendapatkan hasil penelitian yang mengacu pada persyaratan di dalam Spesifikasi Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 Revisi 2.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian (Hasil Analisis, 2022)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pemeriksaan Bahan

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Aspal (Hasil Analisis, 2022)

JENIS PENGUJIAN	STANDART	SYARAT	HASIL	SATUAN
Penetrasi	SNI 2456:2011	60-70	67.28	-
Titik Lembek	SNI 2434:2011	46°C-54°C	48.50	°C
Berat Jenis	SNI 2441:2011	> 1 gr/cm ³	1.05	gr/cm ³

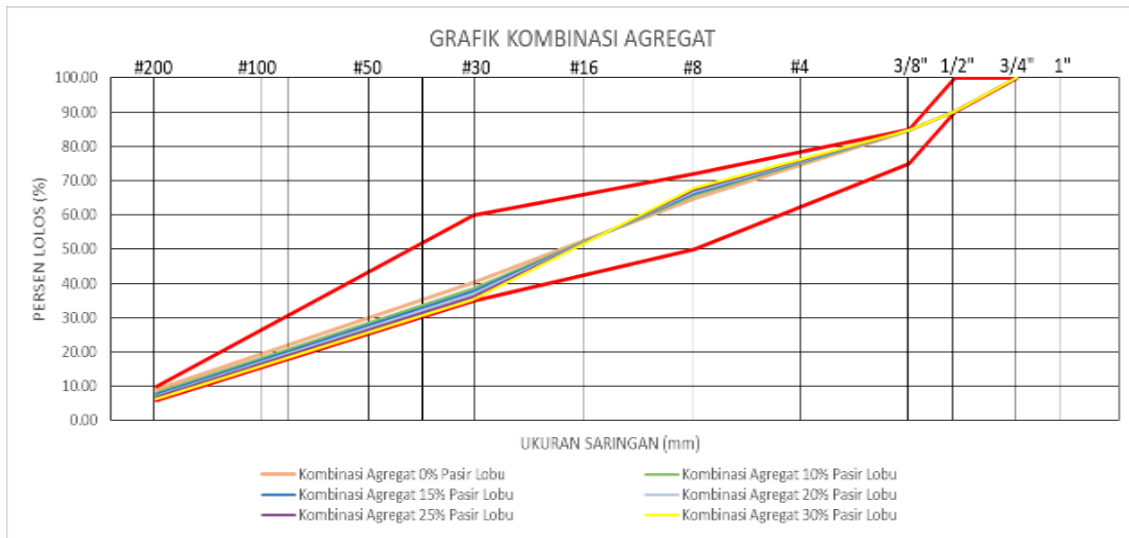
Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat (Hasil Analisis, 2022)

JENIS PENGUJIAN	STANDART	SYARAT	HASIL	SATUAN
1. Agregat Kasar (Lansot, Kema)				
Pemeriksaan Keausan Agregat/Abrasi	SNI 2417:2008	100 Putaran	7.26	%
		Maks. 8%		
Berat Jenis Bulk	SNI 1969:2016	400 Putaran	23.451	%
		Maks. 40%		
Berat Jenis SSD	SNI 1969:2016	Min. 2,5%	2.657	gr/cc
Berat Jenis Semu	SNI 1969:2016	Min. 2,5%	2.717	gr/cc
Penyerapan Air	SNI 1969:2016	Min. 2,5%	2.801	gr/cc
2. Agregat Sedang (Lansot Kema)				
Berat Jenis Bulk	SNI 1969:2016	Maks. 3%	1.764	gr/cc
Berat Jenis SSD	SNI 1969:2016	Min. 2,5%	2.657	gr/cc
Berat Jenis Semu	SNI 1969:2016	Min. 2,5%	2.717	gr/cc
Penyerapan Air	SNI 1969:2016	Min. 2,5%	2.801	gr/cc
3. Agregat Halus (Lansot, Kema)				
Berat Jenis Bulk	SNI 1969:2016	Maks. 3%	1.764	gr/cc
Berat Jenis SSD	SNI 1969:2016	Min. 2,5%	2.502	gr/cc
Berat Jenis Semu	SNI 1969:2016	Min. 2,5%	2.537	gr/cc
Penyerapan Air	SNI 1969:2016	Min. 2,5%	2.592	gr/cc
4. Agregat Halus (Pasir gunung Lobu)				
Berat Jenis Bulk	SNI 1969:2016	Maks. 3%	4.160	gr/cc
Berat Jenis SSD	SNI 1969:2016	Min. 2,5%	2.482	gr/cc
Berat Jenis Semu	SNI 1969:2016	Min. 2,5%	2.590	gr/cc
Penyerapan Air	SNI 1969:2016	Min. 2,5%	2.782	gr/cc

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Analisis Agregat (Hasil Analisis, 2022)

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan			
		Agregat Kasar (Lansot, Kema)	Agregat Sedang (Lansot, Kema)	Agregat Halus (Abu batu, Lansot, Kema)	Agregat Halus (Pasir Gunung, Desa Lobu)
1"	25,40	100.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19,10	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12,70	48.44	100.00	100.00	100.00
3/8"	9,52	19.77	99.41	100.00	100.00
#4	4,75	0.79	36.41	99.65	99.58
#8	2,36	0.28	9.09	81.67	94.34
#16	1,18	0.23	5.12	62.58	70.27
#30	0,60	0.21	3.52	50.73	30.61
#50	0,30	0.18	2.45	33.19	5.24
#100	0,15	0.13	1.42	22.54	0.59
#200	0,075	0.05	0.42	11.38	0.14
Pan		0.00	0.01	0.00	0.03

3.2. Hasil Kombinasi Gradasi Agregat



Gambar 2. Grafik Kombinasi Gradasi Agregat (Hasil Analisis, 2022)

- | | |
|--|---|
| <p>a. Variasi 0% pasir gunung Lobu</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batu Pecah = 19,00 % - Medium = 2,00 % - Abu Batu = 79,00 % - Pasir Gunung Lobu = 0 % <p>b. Variasi 10% pasir gunung Lobu</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batu Pecah = 19,00 % - Medium = 2,00 % - Abu Batu = 71,10 % - Pasir Gunung Lobu = 7,90 % <p>c. Variasi 15% pasir gunung Lobu</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batu Pecah = 19,00 % - Medium = 2,00 % - Abu Batu = 67,15 % - Pasir Gunung Lobu = 11,85 % | <p>d. Variasi 20 % pasir gunung Lobu</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batu Pecah = 19,00 % - Medium = 2,00 % - Abu Batu = 63,20 % - Pasir Gunung Lobu = 15,80 % <p>e. Variasi 25 % pasir gunung Lobu</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batu Pecah = 19,00 % - Medium = 2,00 % - Abu Batu = 59,25 % - Pasir Gunung Lobu = 19,75 % <p>f. Variasi 30 % pasir gunung Lobu</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batu Pecah = 19,00 % - Medium = 2,00 % - Abu Batu = 55,30 % - Pasir Gunung Lobu = 23,70 % |
|--|---|

3.3. Hasil Uji Marshall

Tabel 4. Hasil Pengujian Marshall Variasi 0% Pasir Gunung Lobu Pada Campuran (Hasil Analisis, 2022)

Karakteristik Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		4.5	5.5	6.5	7.5	8.5
Stabilitas (kg)	Min. 600	906.124	967.001	1107.459	1035.002	857.969
Flow (mm)	-	3.150	3.350	3.730	4.103	4.490
VMA (%)	Min. 18	18.012	18.775	18.864	18.673	18.975
VIM (%)	4,0-6,0	13.587	11.350	8.924	6.829	4.755
VFB (%)	Min. 68	43.354	52.836	64.334	77.354	88.091
MQ (kg/mm)	Min. 250	287.749	288.637	296.966	252.323	191.065
Kadar Aspal Efektif (%)	Min 5,9	3.750	4.758	5.766	6.774	7.782
Kepadatan	-	2.177	2.179	2.200	2.229	2.245

Tabel 5. Hasil Pengujian Marshall Variasi 10% Pasir Gunung Lobu Pada Campuran
(Hasil Analisis, 2022)

Karakteristik Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		4	5	6	7	8
Stabilitas (kg)	Min. 600	744.977	838.698	883.199	983.377	976.759
Flow (mm)	-	2.450	3.150	3.430	3.753	4.107
VMA (%)	Min. 18	20.713	19.203	18.935	19.228	19.287
VIM (%)	4,0-6,0	14.458	10.681	8.185	6.278	4.059
VFB (%)	Min. 68	30.201	44.380	56.794	67.380	78.953
MQ (kg/mm)	Min. 250	305.116	266.268	258.884	262.420	237.944
Kadar Aspal Efektif (%)	Min 5,9	3.125	4.134	5.143	6.152	7.161
Kepadatan	-	2.093	2.155	2.185	2.201	2.223

Tabel 6. Hasil Pengujian Marshall Variasi 15% Pasir Gunung Lobu Pada Campuran
(Hasil Analisis, 2022)

Karakteristik Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		4	5	6	7	8
Stabilitas (kg)	Min. 600	915.325	995.903	1118.433	1129.406	1075.383
Flow (mm)	-	3.640	3.789	3.861	4.110	4.293
VMA (%)	Min. 18	21.277	19.665	19.228	19.127	19.763
VIM (%)	4,0-6,0	15.190	11.319	8.645	6.289	4.754
VFB (%)	Min. 68	28.608	42.458	55.040	67.125	75.945
MQ (kg/mm)	Min. 250	251.533	262.839	289.744	274.912	250.477
Kadar Aspal Efektif (%)	Min 5,9	3.063	4.073	5.083	6.093	7.102
Kepadatan	-	2.077	0.000	2.176	2.203	2.209

Tabel 7. Hasil Pengujian Marshall Variasi 20% Pasir Gunung Lobu Pada Campuran
(Hasil Analisis, 2022)

Karakteristik Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		4	5	6	7	8
Stabilitas (kg)	Min. 600	805.930	895.421	944.852	1039.931	991.818
Flow (mm)	-	3.247	3.550	3.643	3.897	3.907
VMA (%)	Min. 18	19.672	19.577	19.362	19.482	19.655
VIM (%)	4,0-6,0	13.587	11.350	8.924	6.829	4.755
VFB (%)	Min. 68	30.933	42.027	53.907	64.964	75.810
MQ (kg/mm)	Min. 250	248.227	252.189	259.341	266.879	253.872
Kadar Aspal Efektif (%)	Min 5,9	3.002	4.012	5.023	6.033	7.044
Kepadatan	-	2.119	2.143	2.172	2.192	2.211

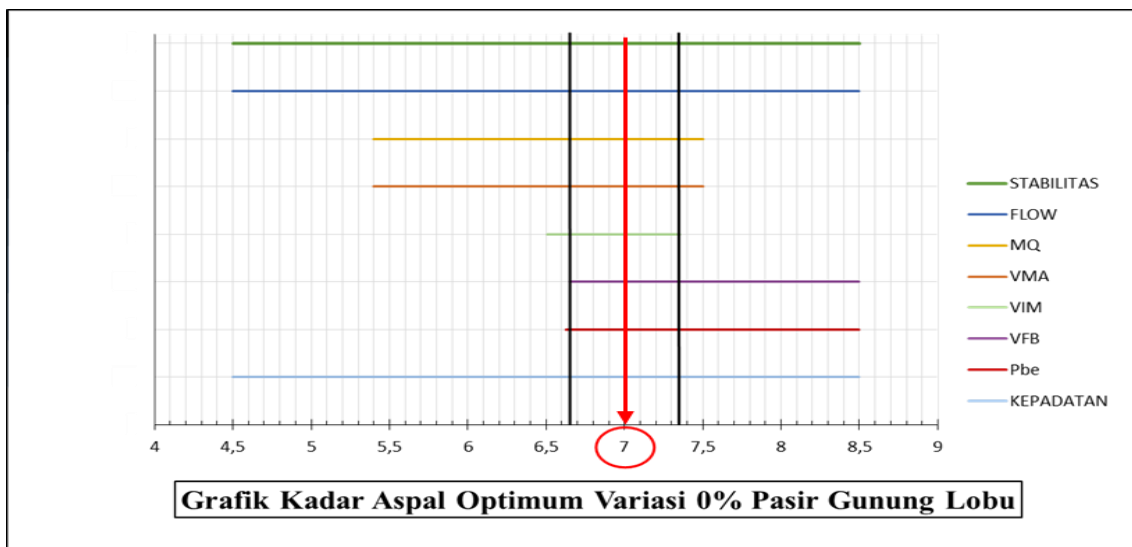
Tabel 8. Hasil Pengujian Marshall Variasi 25% Pasir Gunung Lobu Pada Campuran
(Hasil Analisis, 2022)

Karakteristik Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		4	5	6	7	8
Stabilitas (kg)	Min. 600	627.563	858.019	1094.764	1237.417	1220.569
Flow (mm)	-	3.287	3.503	3.991	4.197	4.318
VMA (%)	Min. 18	21.338	21.176	19.924	19.898	19.310
VIM (%)	4,0-6,0	15.504	13.237	9.687	7.439	4.476
VFB (%)	Min. 68	27.342	37.493	51.397	62.624	76.823
MQ (kg/mm)	Min. 250	190.960	245.277	274.694	294.915	282.693
Kadar Aspal Efektif (%)	Min 5,9	2.940	3.951	4.963	5.974	6.985
Kepadatan	-	2.074	2.104	2.096	2.192	2.100

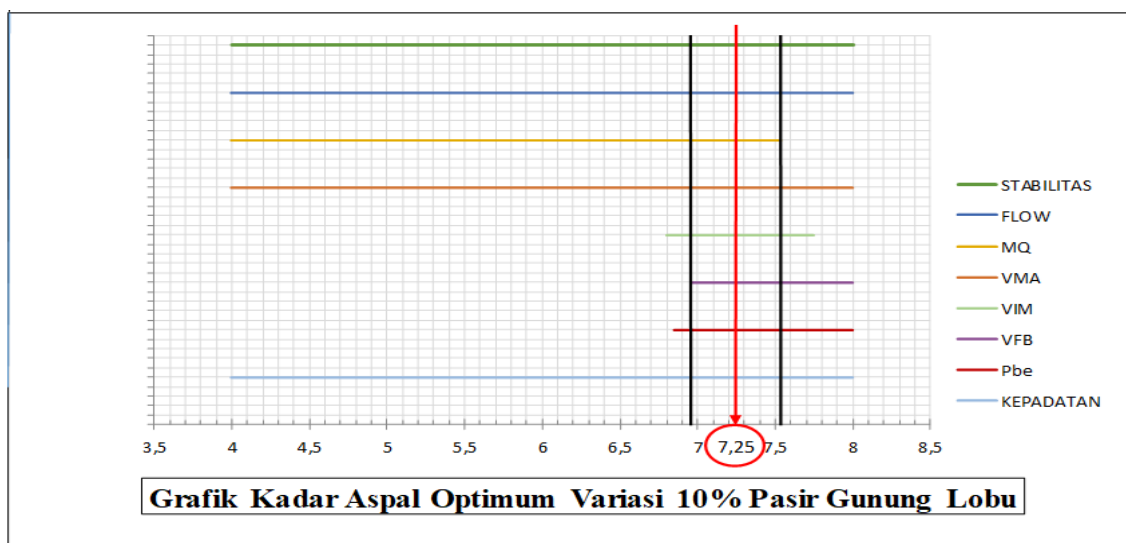
Tabel 9. Hasil Pengujian Marshall Variasi 30% Pasir Gunung Lobu Pada Campuran (Hasil Analisis, 2022)

Karakteristik Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		4	5	6	7	8
Stabilitas (kg)	Min. 600	640.672	678.656	776.741	911.628	892.889
Flow (mm)	-	2.187	2.383	2.590	2.929	3.540
VMA (%)	Min. 18	16.490	17.282	17.759	19.254	19.387
VIM (%)	4,0-6,0	10.428	9.082	7.377	6.825	4.697
VFB (%)	Min. 68	36.809	47.497	58.532	64.555	75.774
MQ (kg/mm)	Min. 250	292.972	292.972	284.558	300.780	311.246
Kadar Aspal Efektif (%)	Min 5,9	2.879	3.890	4.902	5.914	6.925
Kepadatan	-	2.201	2.203	2.214	2.197	2.217

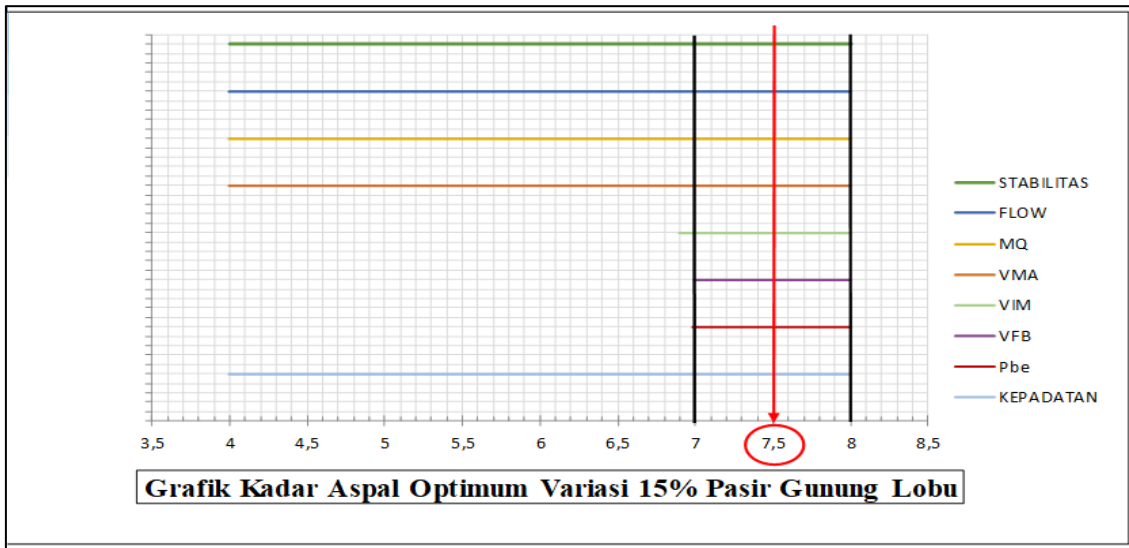
3.4. Penentuan Kadar Aspal Optimum



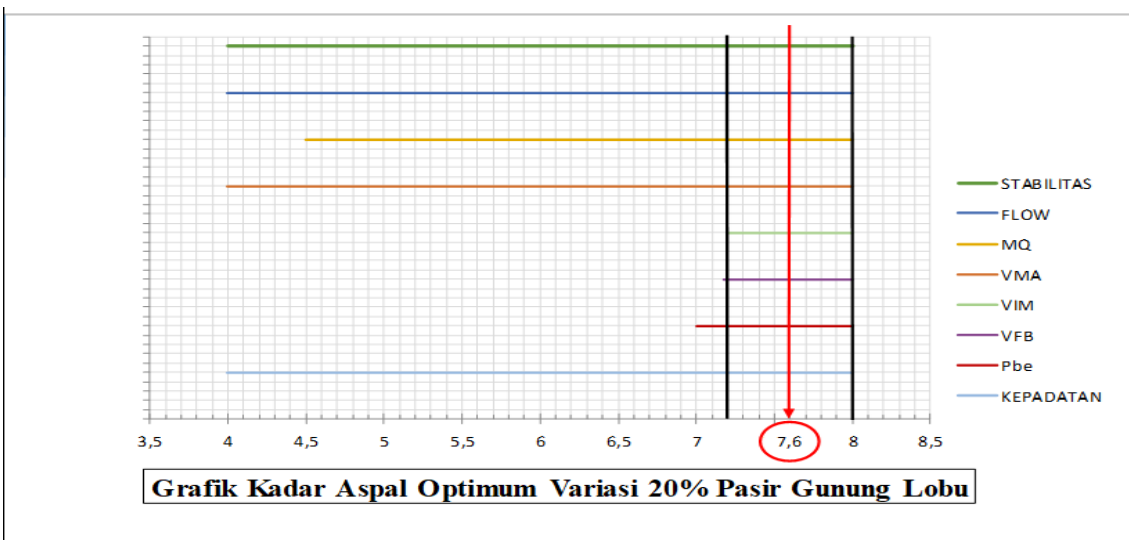
Gambar 3. Grafik Kadar Aspal Optimum Variasi 0% Pasir Gunung Lobu Pada Campuran (Hasil Analisis, 2022)



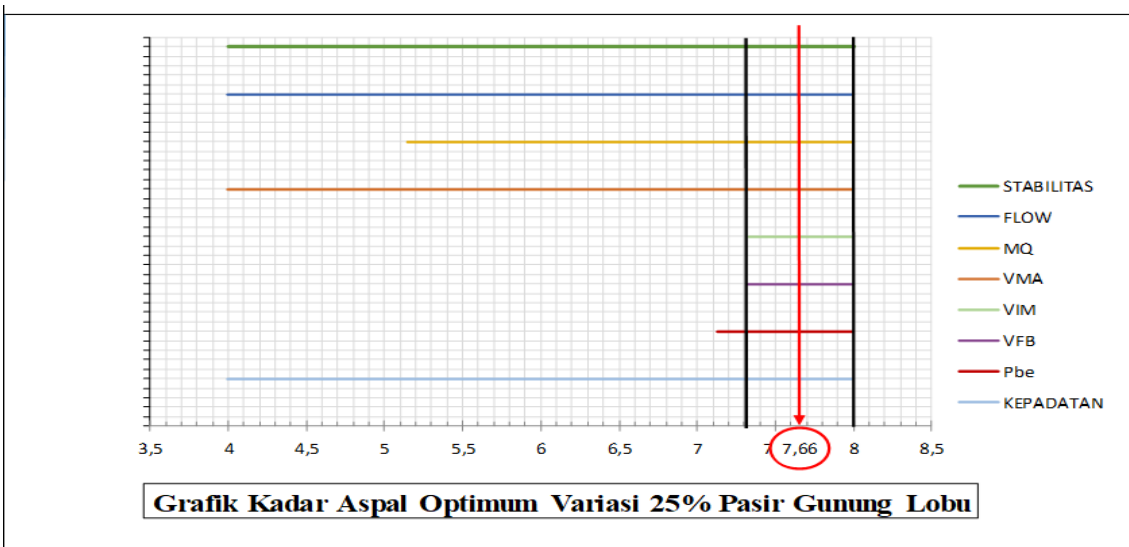
Gambar 4. Grafik Kadar Aspal Optimum Variasi 10% Pasir Gunung Lobu Pada Campuran (Hasil Analisis, 2022)



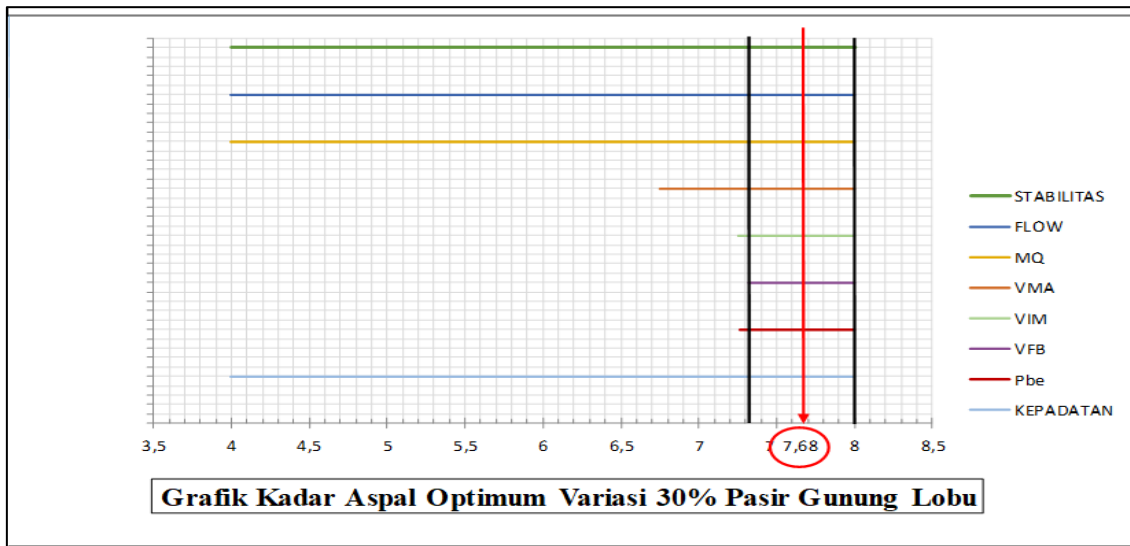
Gambar 5. Grafik Kadar Aspal Optimum Variasi 15% Pasir Gunung Lobu Pada Campuran (Hasil Analisis, 2022)



Gambar 6. Grafik Kadar Aspal Optimum Variasi 20% Pasir Gunung Lobu Pada Campuran. (Hasil Analisis, 2022)



Gambar 7. Grafik Kadar Aspal Optimum Variasi 25% Pasir Gunung Lobu Pada Campuran (Hasil Analisis, 2022)



Gambar 8. Grafik Kadar Aspal Optimum Variasi 30% Pasir Gunung Lobu Pada Campuran (Hasil Analisis, 2022)

3.5. Pengaruh Pasir Gunung Lobu Pada Campuran

Tabel 10. Pengaruh Pasir Gunung Lobu Pada Campuran dengan Kadar Aspal 7% (Hasil Analisis, 2022)

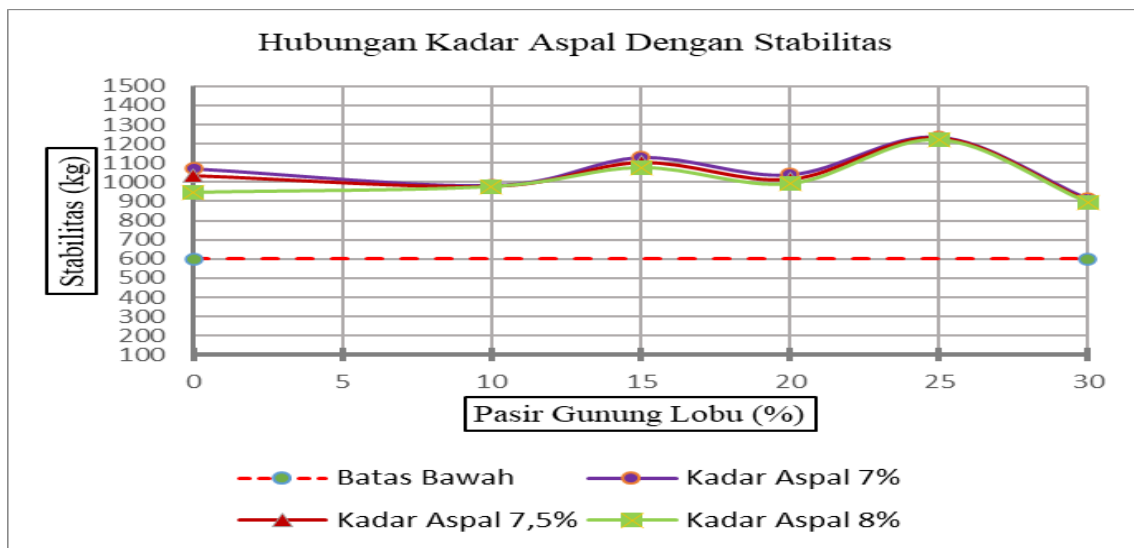
Pasir Gunung Lobu (%)		0	10	15	20	25	30
Stabilitas (kg)	Min. 600	1071.23	983.377	1129.406	1039.931	1237.417	911.628
Flow (mm)	-	3.92	3.753	4.110	3.897	4.197	2.929
VMA (%)	Min. 18	18.77	19.228	19.127	19.482	19.898	19.254
VIM (%)	4,0-6,0	5.48	6.278	6.289	6.829	7.439	6.825
VFB (%)	Min. 68	70.84	67.380	67.125	64.964	62.624	64.555
MQ (kg/mm)	Min. 250	274.64	262.420	274.912	266.879	294.915	300.780
Kadar Aspal Efektif (%)	Min 5,9	6.27	6.152	6.093	6.033	5.974	5.914
Kepadatan	-	2.21	2.201	2.203	2.192	2.192	2.197

Tabel 11. Pengaruh Pasir Gunung Lobu Pada Campuran dengan Kadar Aspal 7,5%. (Hasil Analisis, 2022)

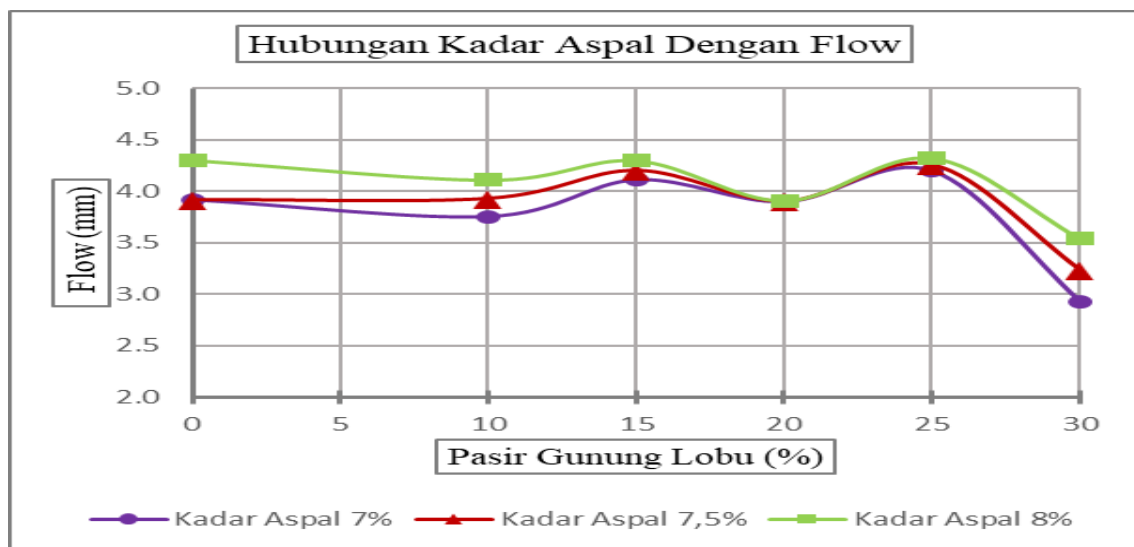
Pasir Gunung Lobu (%)		0	10	15	20	25	30
Stabilitas (kg)	Min. 600	1035.002	980.07	1102.39	1015.87	1228.99	902.26
Flow (mm)	-	3.92	3.93	4.20	3.90	4.26	3.23
VMA (%)	Min. 18	18.77	19.26	19.45	19.57	19.60	19.32
VIM (%)	4,0-6,0	5.48	5.17	5.52	5.79	5.96	5.76
VFB (%)	Min. 68	70.84	73.17	71.53	70.39	69.72	70.16
MQ (kg/mm)	Min. 250	274.64	250.18	262.69	260.38	288.80	306.01
Kadar Aspal Efektif (%)	Min 5,9	6.27	6.66	6.60	6.54	6.48	6.42
Kepadatan	-	2.21	2.21	2.21	2.20	2.15	2.21

Tabel 12. Pengaruh Pasir Gunung Lobu Pada Campuran dengan Kadar Aspal 8%
(Hasil Analisis, 2022)

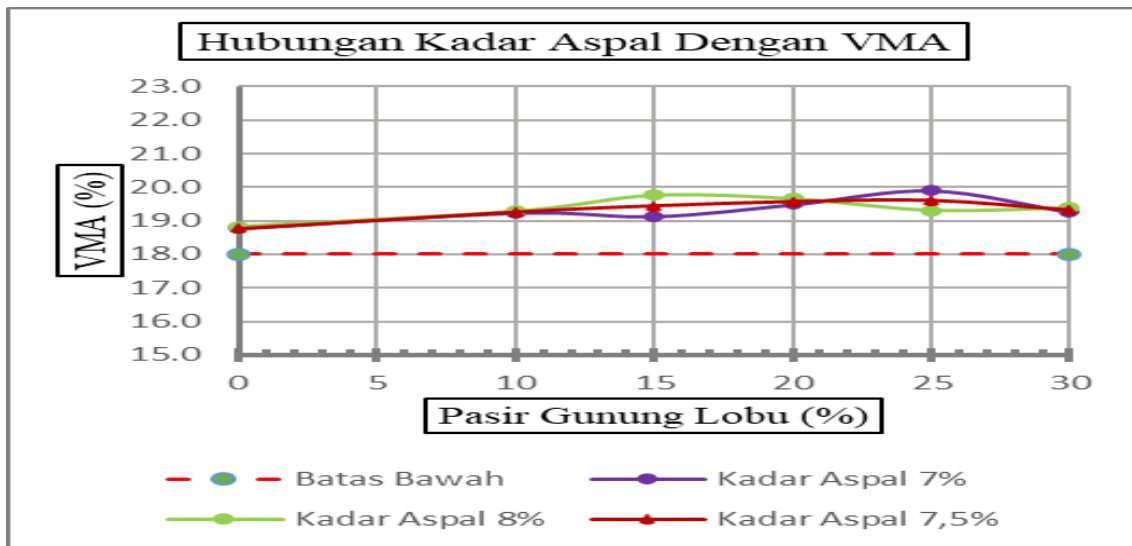
Pasir Gunung Lobu (%)		0	10	15	20	25	30
Stabilitas (kg)	Min. 600	1071.23	983.377	1129.406	1039.931	1237.417	911.628
Flow (mm)	-	3.92	3.753	4.110	3.897	4.197	2.929
VMA (%)	Min. 18	18.77	19.228	19.127	19.482	19.898	19.254
VIM (%)	4,0-6,0	5.48	6.278	6.289	6.829	7.439	6.825
VFB (%)	Min. 68	70.84	67.380	67.125	64.964	62.624	64.555
MQ (kg/mm)	Min. 250	274.64	262.420	274.912	266.879	294.915	300.780
Kadar Aspal Efektif (%)	Min 5,9	6.27	6.152	6.093	6.033	5.974	5.914
Kepadatan	-	2.21	2.201	2.203	2.192	2.192	2.197



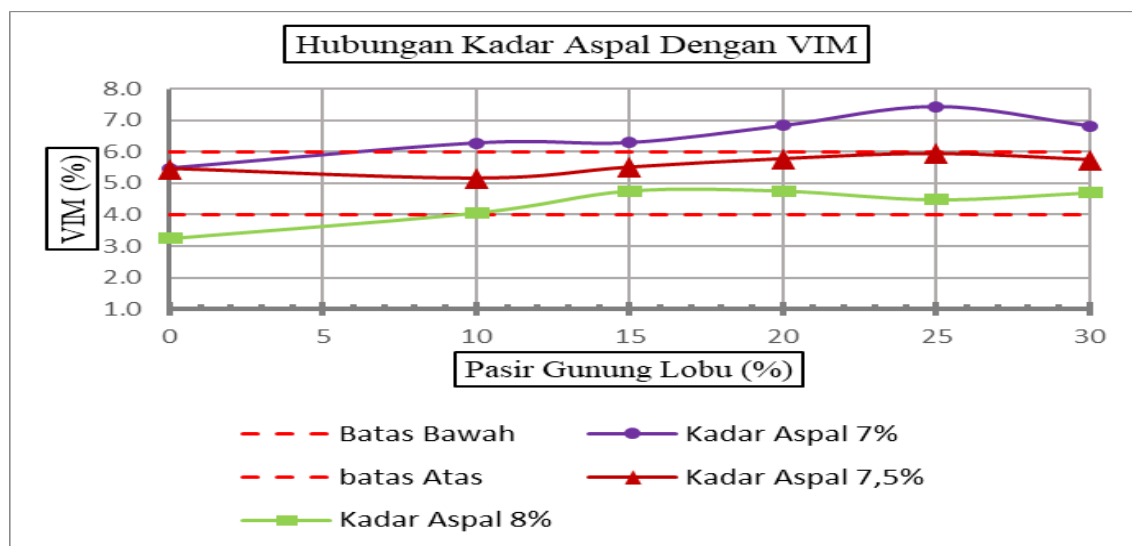
Gambar 9. Grafik Pengaruh Pasir Gunung Lobu Terhadap Stabilitas Pada Kadar Aspal 7%, 7,5% & 8% (Hasil Analisis, 2022)



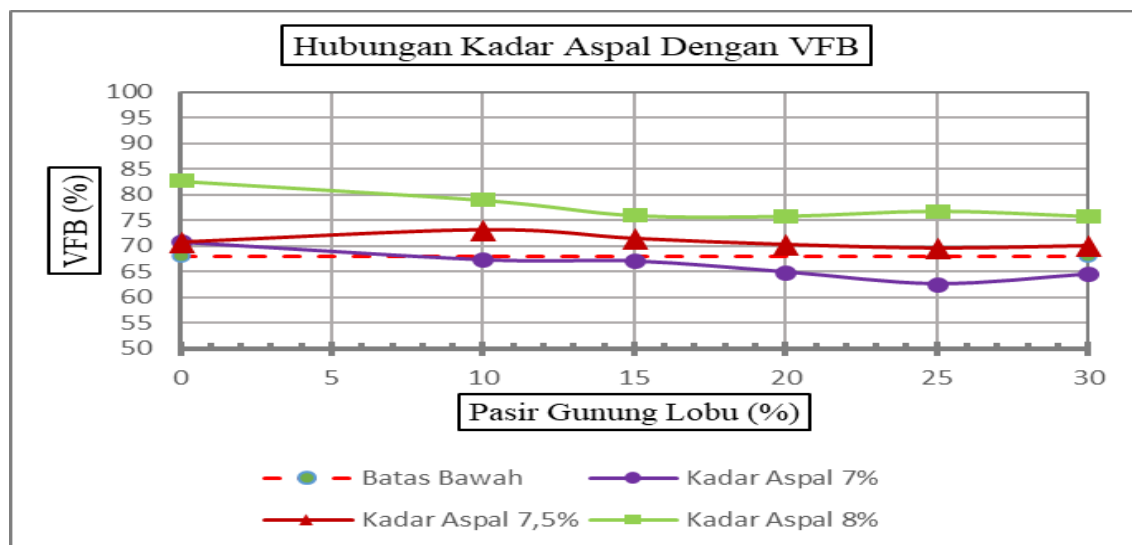
Gambar 10. Grafik Pengaruh Pasir Gunung Lobu Terhadap Flow Pada Kadar Aspal 7%, 7,5% & 8%. (Hasil Analisis, 2022)



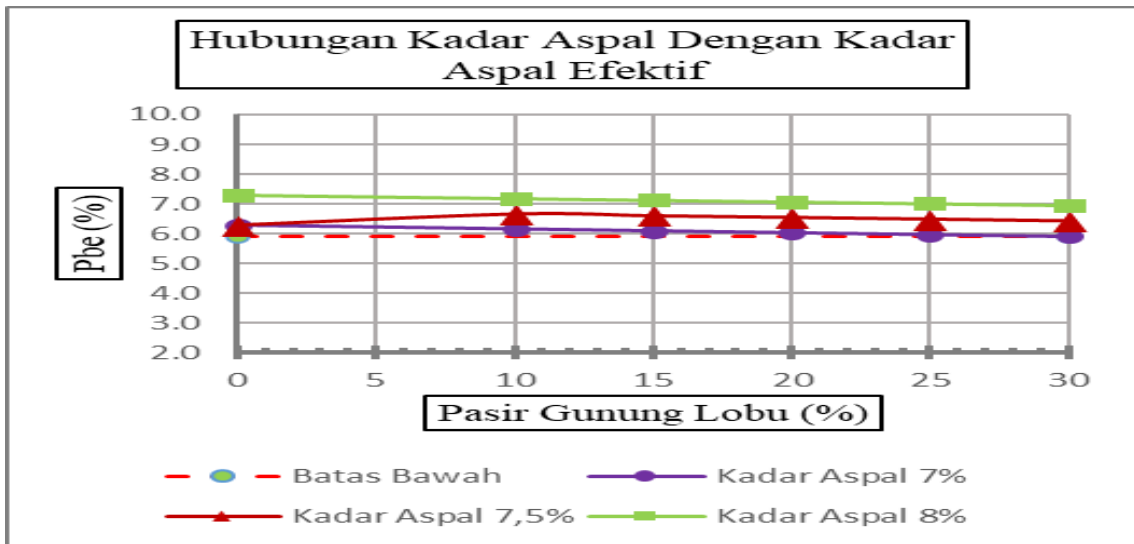
Gambar 11. Grafik Pengaruh Pasir Gunung Lobu Terhadap VMA Pada Kadar Aspal 7%, 7,5% & 8% (Hasil Analisis, 2022)



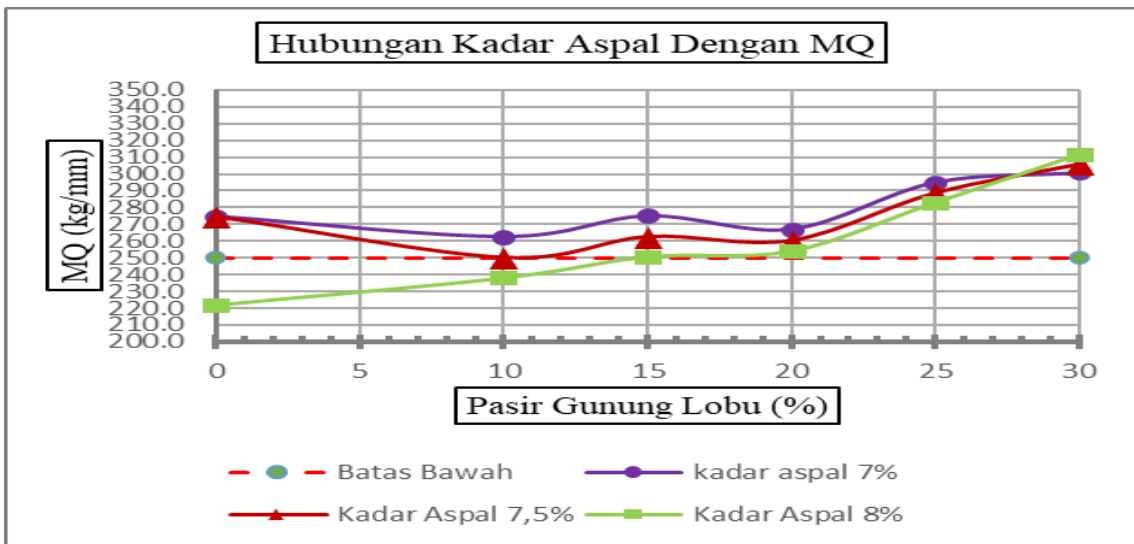
Gambar 12. Grafik Pengaruh Pasir Gunung Lobu Terhadap VIM Pada Kadar Aspal 7%, 7,5% & 8% (Hasil Analisis, 2022)



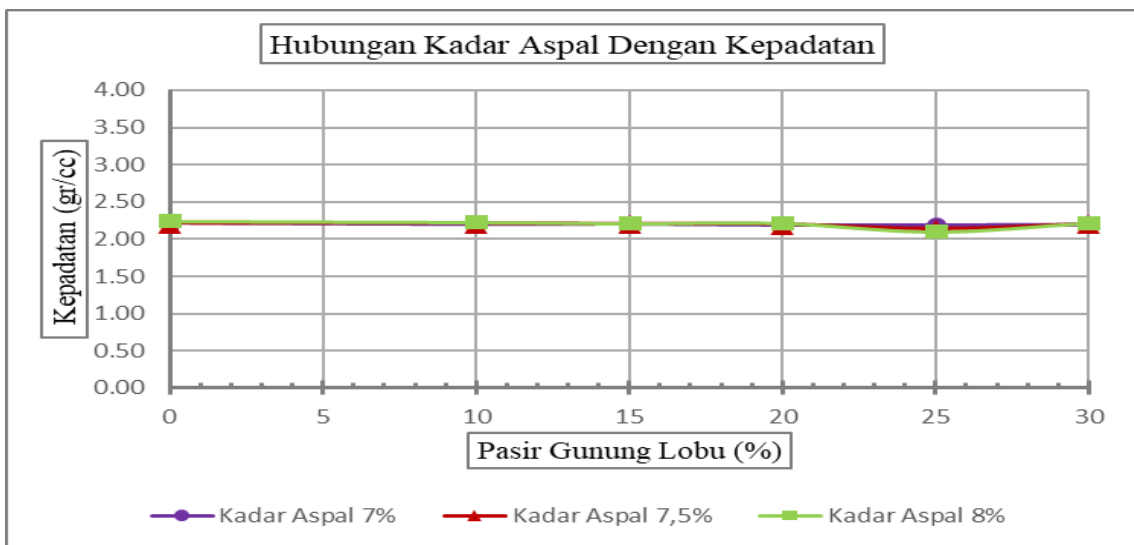
Gambar 13. Grafik Pengaruh Pasir Gunung Lobu Terhadap VFB Pada Kadar Aspal 7%, 7,5% & 8% (Hasil Analisis, 2022)



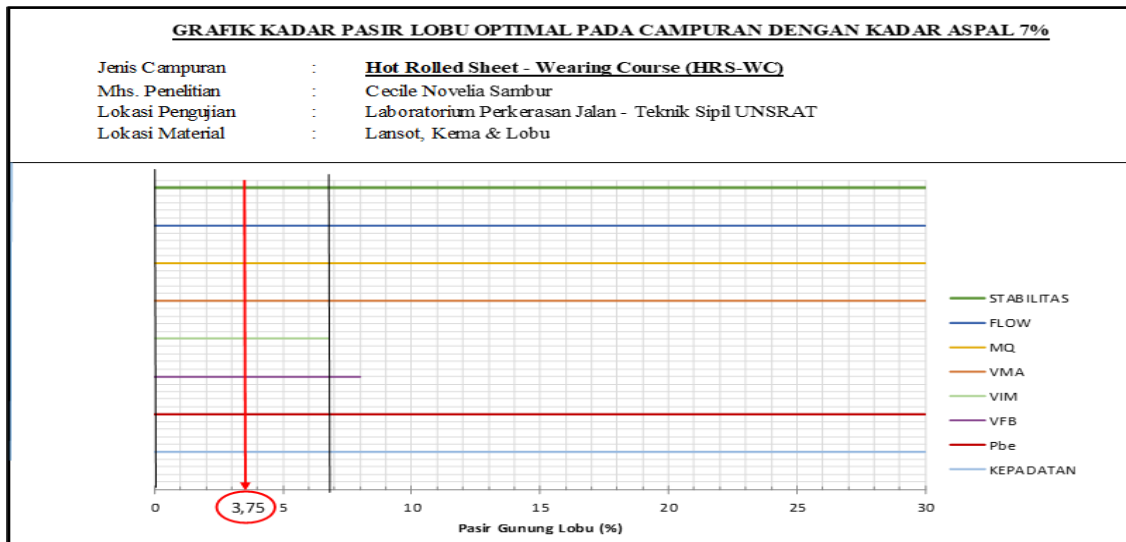
Gambar 15. Grafik Pengaruh Pasir Gunung Lobu Terhadap Kadar Aspal Efektif Pada Kadar Aspal 7%, 7,5% & 8% (Hasil Analisis, 2022)



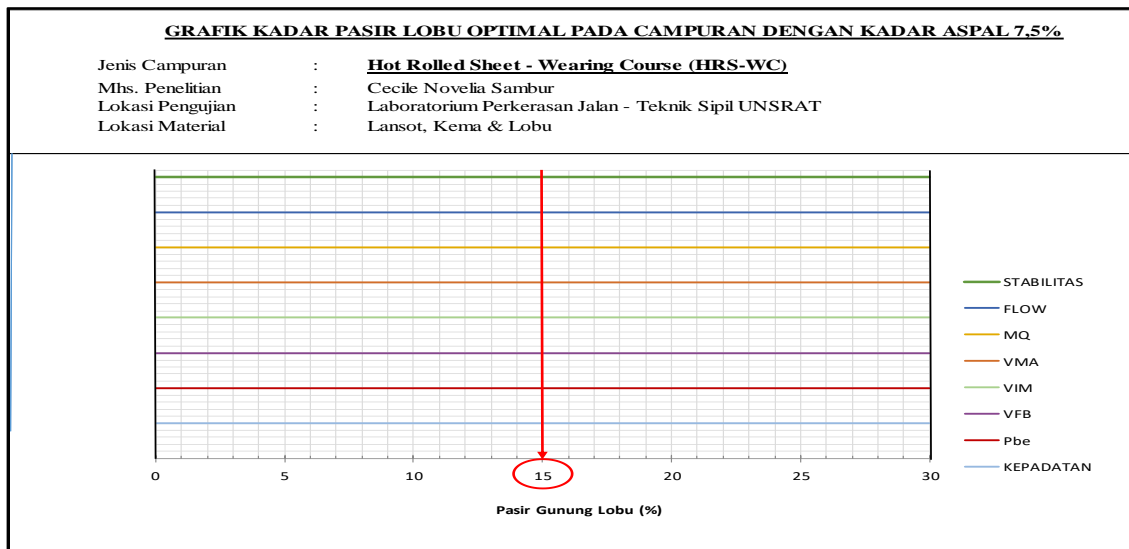
Gambar 14. Grafik Pengaruh Pasir Gunung Lobu Terhadap MQ Pada Kadar Aspal 7%, 7,5% & 8% (Hasil Analisis, 2022)



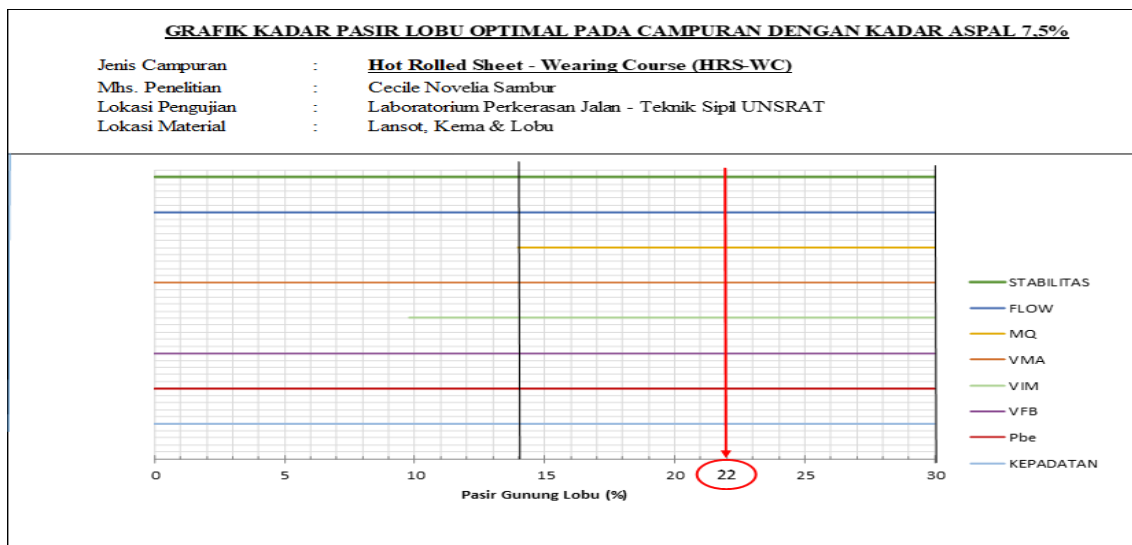
Gambar 16. Grafik Pengaruh Pasir Gunung Lobu Terhadap Kepadatan Pada Kadar Aspal 7%, 7,5% & 8% (Hasil Analisis, 2022)



Gambar 17. Grafik Kadar Pasir Gunung Lobu Optimum Pada Campuran Dengan Kadar Aspal 7% (Hasil Analisis, 2022)



Gambar 18. Grafik Kadar Pasir Gunung Lobu Optimum Pada Campuran Dengan Kadar Aspal 7,5% (Hasil Analisis, 2022)



Gambar 19. Grafik Kadar Pasir Gunung Lobu Optimum Pada Campuran Dengan Kadar Aspal 8% (Hasil Analisis, 2022)

4. Kesimpulan

Pasir gunung Lobu memiliki ukuran butir yang beragam, yaitu sekitar 0,075 mm-2,36 mm. Dari pemeriksaan berat jenis didapatkan hasil berat jenis bulk sebesar 2,482%, berat jenis jenuh kering permukaan (SSD) sebesar 2,590% dan berat jenis semu sebesar 2,780%.

Substitusi sebagian agregat halus dengan pasir gunung Lobu berpengaruh terhadap karakteristik marshall dalam campuran, dimana nilai stabilitas, *flow*, dan kepadatan menurun sedangkan untuk nilai VMA, nilai VIM, nilai VFB, nilai MQ dan nilai kadar aspal efektif meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh berat jenis yang rendah dan penyerapan yang tinggi pada pasir gunung Lobu menunjukkan bahwa pasir ini memiliki cukup banyak rongga di agregat, juga ukuran pasir gunung Lobu yang cenderung lebih besar membuat rongga dalam campuran menjadi lebih besar.

Dari penelitian ini maka hasil yang ideal untuk penggunaan pasir gunung Lobu dalam campuran HRS-WC yaitu sebesar 3,75% pasir gunung Lobu terhadap berat total agregat halus pada campuran dengan kadar aspal 7%, 15% pasir gunung Lobu terhadap berat total agregat halus pada campuran dengan kadar aspal 7,5% dan 22% terhadap berat total agregat halus pada campuran pasir gunung Lobu dengan kadar aspal 8%.

Untuk campuran HRS-WC, pasir gunung Lobu disarankan disubstitusikan hanya sampai 30% terhadap agregat halus, karena jika pasir gunung Lobu disubstitusikan lebih dari 30% maka campuran HRS-WC tidak akan memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 untuk gradasi agregat gabungan.

Referensi

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2020. Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Prayoga, N. E., Kuryanto T. D & Handuwibawa R. B. 2021. "*Pengaruh Penggunaan Pasir Besi Lumajang pada Campuran Aspal Beton AC-WC sebagai Pengganti Agregat Halus*". E-ISSN: 2774-1702. Jember: Universitas Muhammadiyah Jember
- Sukanto, H. M. 2020. "*Penggunaan Pasir Sungai Progo Sebagai Pengganti Agregat Halus Dalam Beton Aspal Campuran AC-WC*". ISBN: 978-623-6572-15-3 (246-258). Universitas Islam Indonesia
- Sukirman, S. 1999. Perkerasan Jalan Lentur. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Tombeg, C. V., Mannopo M. R. E., Sendow T. K. 2019. "*Pemanfaatan Sedimen Transport Abu Vulkanik (Gunung Soputan) sebagai Bahan Substitusi Pada Abu Batu Dalam Campuran Aspal HRS-WC Gradasi Semi Senjang*". ISSN: 2337-6327. Manado: Universitas Sam Ratulangi Manado