PENGGUNAAN KARANG KOTA KUPANG DENGAN PENAMBAHAN BAN BEKAS PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Carlo C.A.S. Fernandez[1] Nusa Sebayang[2], Eri Andrian Yudianto[3]

[1]Program Studi Teknik Sipil S-1, ITN Malang
Email: fzbrother15@gmail.com
[2] Program Studi Teknik Sipil S-1, ITN Malang
Email: nusasebayang@lecturer.itn.ac.id
[3] Program Studi Teknik Sipil S-1, ITN Malang
Email: eriyulianto@lecturer.itn.ac.id

ABSTRACT

*Kupang City has abundant local coral stone resources; however, their utilization as aggregate in road pavement construction remains limited, resulting in the continued use of construction materials sourced from outside the region. This study aims to analyze the characteristics of local coral stone aggregate from Kupang City and determine the Optimum Asphalt Content (OAC) for an Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) mixture with the addition of waste tire rubber powder using the Marshall method. The study employed 60/70 penetration grade asphalt in accordance with the 2018 Bina Marga General Specifications. The research procedures included aggregate characterization testing, mix design, determination of the optimum asphalt content, and evaluation of Marshall parameters. The test results indicated that the local coral stone aggregate met the required specifications for use as an AC-WC mixture component. The optimum asphalt content obtained was **5.24%**, with Marshall characteristics consisting of a stability value of **1084.29 kg**, a flow value of **3.03 mm**, Voids in Mix (VIM) of **4.47%**, Voids in Mineral Aggregate (VMA) of **17.34%**, Marshall Quotient (MQ) of **357.77 kg/mm**, and Voids Filled with Asphalt (VFA) of **68.49%**, all of which satisfied the requirements of the 2018 Bina Marga General Specifications. The results demonstrate that the use of local coral stone with the addition of waste tire rubber powder has the potential to serve as an alternative road pavement material that meets technical requirements, supports the utilization of local resources, and contributes to reducing waste tire pollution.*

Keywords: AC–WC, Local Coral Stone, Marshall Characteristics, Waste Rubber Powder, Optimum Asphalt Content.

ABSTRAK

Kota Kupang memiliki sumber daya batu karang lokal yang melimpah, namun pemanfaatannya sebagai agregat pada perkerasan jalan masih terbatas sehingga material konstruksi masih didatangkan dari luar daerah. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik agregat batu karang lokal Kota Kupang serta menentukan kadar aspal optimum (*Optimum Asphalt Content*) pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan penambahan serbuk ban karet bekas berdasarkan metode Marshall. Penelitian menggunakan aspal penetrasi 60/70 sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Tahapan penelitian meliputi pengujian karakteristik agregat, perancangan campuran, penentuan kadar aspal optimum, dan evaluasi parameter Marshall. Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat batu karang lokal memenuhi persyaratan sebagai material penyusun campuran AC-WC. Nilai kadar aspal optimum yang diperoleh sebesar **5,24%**, dengan karakteristik Marshall berupa stabilitas **1084,29 kg**, *flow* **3,03 mm**, *Void in Mix* (VIM) **4,47%**, *Void in Mineral Aggregate* (VMA) **17,34%**, *Marshall Quotient* (MQ) **357,77 kg/mm**, dan *Void Filled with Asphalt* (VFA) **68,49%**, seluruhnya memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan batu karang lokal dengan penambahan serbuk ban karet bekas berpotensi menjadi alternatif material perkerasan jalan yang memenuhi persyaratan teknis, mendukung pemanfaatan sumber daya lokal, serta berkontribusi terhadap pengurangan limbah ban bekas.

Kata kunci: AC–WC, Batu Karang Lokal, Marshall, Serbuk Ban Karet Bekas, Kadar Aspal Optimum

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu infrastruktur transportasi yang berperan penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, mobilitas masyarakat, dan pemerataan pembangunan antarwilayah. Kualitas perkerasan jalan yang baik akan meningkatkan kenyamanan, keselamatan, serta efisiensi distribusi barang dan jasa. Oleh karena itu, pemilihan material penyusun campuran aspal menjadi faktor yang sangat menentukan umur layan dan kinerja perkerasan jalan.

Kota Kupang memiliki potensi sumber daya alam berupa batu karang yang tersedia dalam jumlah melimpah. Namun demikian, material lokal tersebut belum dimanfaatkan secara optimal sebagai agregat campuran beraspal sehingga sebagian besar kebutuhan agregat masih dipasok dari luar daerah. Kondisi ini menyebabkan biaya konstruksi menjadi lebih tinggi serta mengurangi efisiensi pembangunan infrastruktur jalan. Pemanfaatan batu karang lokal sebagai agregat alternatif diharapkan mampu menekan biaya konstruksi tanpa mengurangi mutu perkerasan apabila memenuhi persyaratan teknis yang berlaku.

Di sisi lain, peningkatan jumlah limbah ban kendaraan bekas menjadi permasalahan lingkungan yang memerlukan solusi berkelanjutan. Serbuk ban karet bekas memiliki sifat elastis dan mampu meningkatkan fleksibilitas campuran beraspal sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada campuran Asphalt Concrete–Wearing Course (AC–WC). Selain memberikan nilai tambah terhadap limbah, penggunaan serbuk ban karet juga diharapkan dapat meningkatkan stabilitas, ketahanan deformasi, dan umur pelayanan perkerasan.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan material lokal maupun limbah karet pada campuran beraspal mampu memberikan pengaruh positif terhadap karakteristik Marshall apabila proporsi campuran direncanakan secara tepat. Meskipun demikian, karakteristik setiap sumber agregat berbeda sehingga diperlukan penelitian khusus terhadap batu karang lokal Kota Kupang untuk memastikan kesesuaiannya sebagai material perkerasan jalan sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penggunaan batu karang lokal Kota Kupang dengan penambahan serbuk ban karet bekas terhadap karakteristik Marshall campuran AC–WC. Pengujian dilakukan menggunakan metode Marshall dengan variasi kadar aspal untuk memperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) serta mengevaluasi parameter stabilitas, flow, Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), Void Filled with Asphalt (VFA), dan Marshall Quotient (MQ). Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi alternatif pemanfaatan material lokal dan limbah ban sebagai material perkerasan yang ekonomis, memenuhi spesifikasi teknis, serta mendukung pembangunan infrastruktur jalan yang berkelanjutan.

2. DASAR TEORI

ASPHALT CONCRETE–WEARING COURSE (AC–WC)

AC–WC merupakan lapisan permukaan pada perkerasan lentur yang berfungsi menerima beban lalu lintas secara langsung, memberikan kenyamanan berkendara, melindungi lapisan di bawahnya dari infiltrasi air, serta menjaga kekesatan permukaan. Campuran AC–WC terdiri atas agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal yang dirancang memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 sehingga memiliki stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, dan ketahanan terhadap deformasi permanen.

Material Batu Karang Lokal

Batu karang lokal merupakan material alam yang berpotensi dimanfaatkan sebagai agregat campuran beraspal apabila memenuhi persyaratan sifat fisik dan mekanik, seperti berat jenis, penyerapan air, keausan Los Angeles, serta gradasi agregat. Pemanfaatan material lokal mampu mengurangi biaya transportasi material sekaligus meningkatkan pemanfaatan sumber daya daerah. Kelayakan agregat harus dibuktikan melalui pengujian laboratorium sesuai standar SNI dan Spesifikasi Umum Bina Marga.

Serbuk Ban Karet Bekas

Serbuk ban karet bekas merupakan hasil pengolahan limbah ban kendaraan yang memiliki sifat elastis dan mampu meningkatkan fleksibilitas campuran aspal. Penambahan material ini dapat memperbaiki ketahanan terhadap retak, meningkatkan daya tahan terhadap deformasi, dan mendukung konsep pembangunan berkelanjutan melalui pemanfaatan limbah. Efektivitas penggunaannya dipengaruhi oleh ukuran partikel, kadar penambahan, serta interaksi dengan aspal pengikat.

Metode Marshall

Metode Marshall merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk mengevaluasi karakteristik campuran beraspal. Pengujian ini menghasilkan parameter stabilitas, flow, Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), Void Filled with Asphalt (VFA), dan Marshall Quotient (MQ). Nilai-nilai tersebut digunakan untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) dan menilai apakah campuran memenuhi spesifikasi teknis Bina Marga.

Karakteristik Marshall

Stabilitas menunjukkan kemampuan campuran menahan beban tanpa mengalami deformasi permanen. Flow menggambarkan besarnya deformasi plastis saat beban maksimum tercapai. VIM menunjukkan persentase rongga udara dalam campuran, sedangkan VMA adalah volume rongga

antaragregat yang tersedia untuk diisi aspal dan udara. VFA menyatakan persentase rongga agregat yang terisi aspal efektif. Marshall Quotient merupakan perbandingan antara stabilitas dan flow yang mencerminkan kekakuan campuran. Kombinasi seluruh parameter tersebut digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi mutu campuran AC–WC.

3. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental kuantitatif yang bertujuan mengevaluasi pengaruh penggunaan agregat batu karang lokal Kota Kupang dengan penambahan serbuk ban karet bekas terhadap karakteristik Marshall campuran Asphalt Concrete–Wearing Course (AC–WC). Data yang diperoleh berupa hasil pengujian laboratorium yang selanjutnya dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui pengaruh variasi campuran terhadap parameter Marshall serta menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO).

Lokasi dan Material Penelitian

Seluruh pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang. Material agregat berasal dari Kecamatan Camplong, Kabupaten Kupang, sedangkan bahan pengikat menggunakan aspal penetrasi 60/70 sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Bahan tambah yang digunakan berupa serbuk ban karet bekas yang dicampurkan ke dalam campuran AC–WC.

Tahapan Penelitian

Penelitian diawali dengan pemeriksaan karakteristik agregat dan aspal meliputi berat jenis, penyerapan, keausan Los Angeles, gradasi agregat, penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis, serta pengujian lain yang dipersyaratkan. Setelah seluruh material memenuhi spesifikasi, dilakukan penyusunan gradasi agregat dan pembuatan benda uji Marshall menggunakan beberapa variasi kadar aspal. Setiap variasi dibuat dalam jumlah benda uji yang sama agar hasil pengujian dapat dibandingkan secara objektif.

Pengujian Marshall dan Analisis Data

Seluruh benda uji dipadatkan menggunakan alat Marshall sesuai jumlah tumbukan yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk memperoleh nilai stabilitas, flow, Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), Void Filled with Asphalt (VFA), dan Marshall Quotient (MQ). Hasil pengujian dibandingkan dengan persyaratan Bina Marga untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif dan komparatif melalui penyajian tabel serta grafik sehingga dapat diketahui pengaruh penggunaan batu karang lokal dan serbuk ban karet terhadap karakteristik Marshall campuran AC–WC.

Alur Penelitian

Secara umum penelitian dilaksanakan melalui tahapan: (1) studi literatur dan pengumpulan material; (2) pengujian sifat fisik agregat dan aspal; (3) penyusunan gradasi campuran; (4) pembuatan benda uji Marshall dengan variasi kadar aspal; (5) pengujian karakteristik Marshall; (6) penentuan Kadar Aspal Optimum; (7) analisis hasil dan penarikan kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Campuran Normal Untuk Variasi Kadar Aspal

Setelah proporsi dari masing – masing agregat didapatkan, maka dilanjutkan perhitungan kadar aspal rencan yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam penentuan variasi kadar aspal. Variasi kadar aspal berdasarkan spefikasi Depkimpraswil 2002 dengan mempergunakan rumus sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Kadar Aspal Rencana

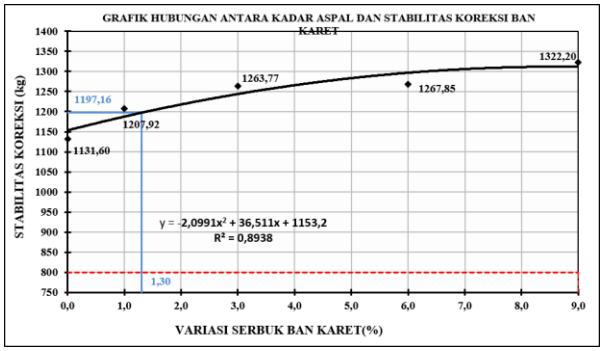
URAIAN			NILAI	SATUAN
Proporsi Fraksi Kasar (Tertahan Saringan No.8)		CA	51,59	%
Proporsi Fraksi Halus (Lolos Saringan No.8 & Tertahan No.200)		FA	44,34	%
Proporsi Bahan Pengisi (Lolos Saringan No.200)		FF	4,06	%
Total			100,00	%
Nilai Konstanta		K	0,97	-
Perkiraan Kadar Aspal Rencana		Pb	5,50	%
Rumus Perkiraan Kadar Aspal (Pb): Pb = 0,035 x (CA) + 0,045 x (FA) + 0,18 x (FF) + Konstanta (laston : 0,5~1; lataston : 2~3)				
Jenis Material	Komposisi (%)	KADAR ASPAL RENCANA (%)				
		4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
		Berat Agregat (gr)				
10 - 10	27,44	288,3	286,7	285,2	283,7	282,2
5 - 10	19,60	205,9	204,8	203,7	202,7	201,6
0 - 5	50,96	535,3	532,5	529,7	526,9	524,1
FILLER	2,00	21,0	20,9	20,8	20,7	20,6
Berat total Ag. Camp. (gr)		1050,5	1045,0	1039,5	1034,0	1028,5
Berat aspal (gr)		49,5	55,0	60,5	66,0	71,5
Berat total campuran (gr)		1100,0	1100,0	1100,0	1100,0	1100,0

Setelah diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,24%, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan komposisi campuran aspal AC-WC dengan menambahkan serbuk ban sebagai bahan tambahan. Penambahan serbuk ban ini bertujuan untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat dan kinerja campuran aspal, seperti kekuatan, daya tahan, serta tingkat porositas. Dalam penelitian ini, serbuk ban ditambahkan dalam beberapa variasi kadar, yaitu 0% (sebagai kontrol/tanpa campuran), 1%, 3%, 6%, dan 9%. Setiap variasi akan diuji untuk mengetahui perubahan karakteristik campuran, sehingga dapat dianalisis apakah serbuk ban memberikan manfaat, misalnya meningkatkan stabilitas atau memperbaiki struktur rongga (void), dan juga untuk menentukan kadar serbuk ban yang paling optimal bagi campuran aspal AC-WC. Hasil perhitungan komposisi campuran aspal AC-WC dengan tambahan sebuk ban dapat dilihat pada tabel

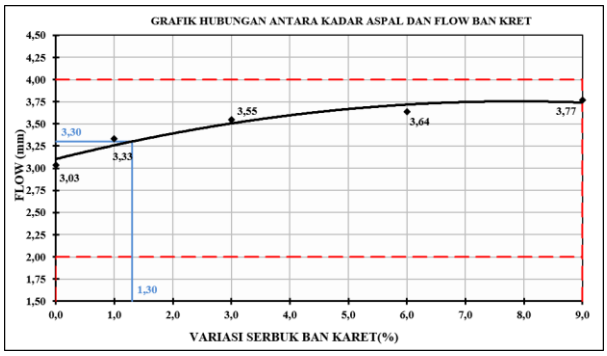
Tabel 4. 2 Komposisi campuran aspal AC-WC dengan bahan tambahan serbuk ban

Jenis Material	Variasi Kadar Ban Karet Terhadap Agregat 5 - 10 (%)				
	0	1%	3%	6%	9%
	Komposisi (%)				
Ban Karet	0,00	0,20	0,59	1,18	1,76
10 - 10	27,44	27,44	27,44	27,44	27,44
5 - 10	19,60	19,40	19,01	18,42	17,84
0 - 5	50,96	50,96	50,96	50,96	50,96
Filler	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Jenis Material	KADAR ASPAL OPTIMUM (%)				
	5,24				
	Berat Agregat (gr)				
Ban Karet	0,0	2,0	6,1	12,3	18,4
10 - 10	286,0	286,0	286,0	286,0	286,0
5 - 10	204,3	202,3	198,2	192,1	185,9
0 - 5	531,2	531,2	531,2	531,2	531,2
Filler	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8
Berat total Ag. Camp. (gr)	1042,4	1042,4	1042,4	1042,4	1042,4
Berat aspal (gr)	57,585	57,6	57,6	57,6	57,6
Berat total campuran (gr)	1100,0	1100,0	1100,0	1100,0	1100,0

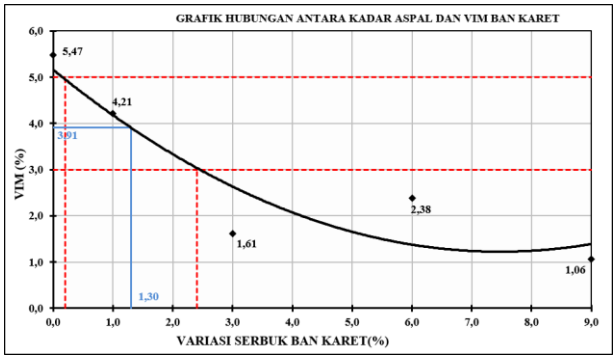
Hasil Pengujian Marshall Dengan Bahan Tambahan Serbuk Ban



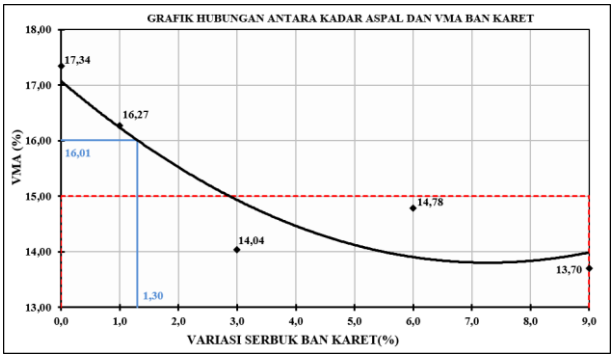
Gambar 2.1 Grafik pengaruh penambahan kadar serbuk ban terhadap stabilitas



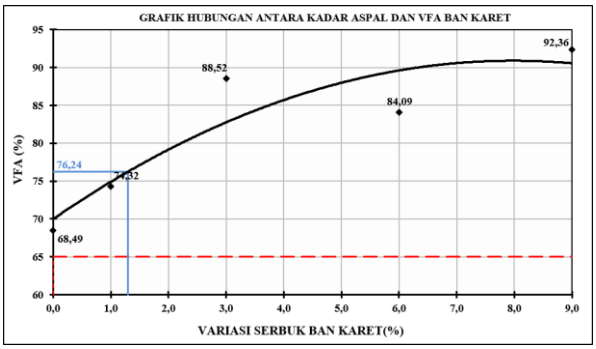
Gambar 2.2Grafik pengaruh penambahan kadar serbuk ban terhadap flow



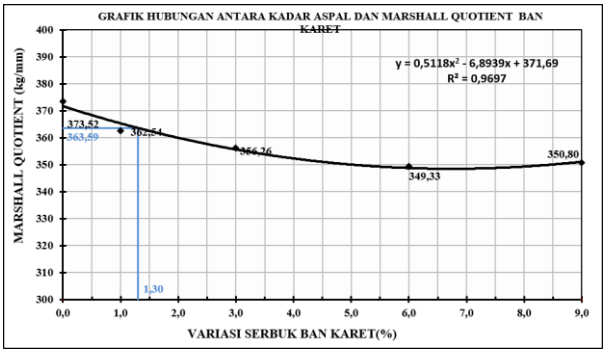
Gambar 2.3 Grafik pengaruh penambahan kadar serbuk ban terhadap VIM



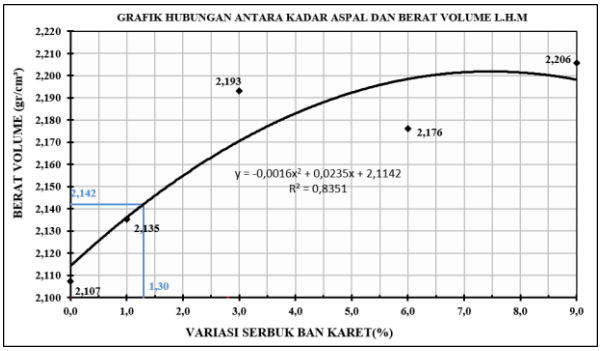
Gambar 2.4 Grafik pengaruh penambahan kadar serbuk ban terhadap VMA



Gambar 2.5 Grafik pengaruh penambahan kadar serbuk ban terhadap VFA



Gambar 2.6 Grafik pengaruh penambahan kadar serbuk ban terhadap MQ



Gambar 2.7 Grafik pengaruh penambahan kadar serbuk ban terhadap density

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian tentang kajian penggunaan material lokal Kota Kupang. Provinsi Nusa Tenggara Timur sebagai agregat alam pada hotmix AC – WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

a. Berdasarkan hasil dari pengujian Menganalisa kerakteristik agregat lokal (Kota Kupang) telah memenuhi spesifikasi untuk perkerasan jalan campuran aspal jenis AC – WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) dengan nilai sebagai berikut Berat Jenis Agregat 0-5 = 2,67, Berat Jenis Agregat 5-10 = 2,5 (syarat ≥2,50), Berat jenis Agregat 10-10 = 2,32, Penyerapan Agregat 0-5 = 0,23, Penyerapan Agregat 5-10 = 2,30 (syarat ≤3), Penyerapan Agregat 10-10 = 2,32, Material lolos ayakan No. 200 (0 - 5) = 8,00 (syarat ≤10),Material lolos ayakan No. 200 (5 – 10) = 0,94 (syarat ≤1), Material lolos ayakan No. 200 (10 - 10) = 0,90, Abrasi 100 Putaran = 6,71 (syarat ≤8) Abrasi 500 Putaran = 33,90 (syarat ≤40).

b. Hasil dari penelitian nilai Kadar Aspal Optimum yang memenuhi syarat dari Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) berdasarkan nilai karakteristik marshall menggunakan material agregat dari Kota Kupang yang terletak di kec. Kota Kupang. Provinsi Nusa Tenggara Timur. Dengan kadar aspal Optimum rata-rata yang memenuhi syarat sebesar 5,24% dengan nilai parameter Marshall Stabilitas = 1084,29 Kg (syarat min. 800), Flow = 3,03 mm (syarat 2-4), VIM = 4,47 % (syarat 3-5), VMA =17,34% (syarat min.15), MQ = 357,77 Kg/mm (syarat min. 250), VFA = 68,49 % (syarat min.65).

DAFTAR PUSTAKA

Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design* (Vol. 5th Edition). (P. Silaban, Trans.) McGraw-Hill.

Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah Jilid I.* (N. Endah, & I. B. Mochtar, Trans.) Penerbit Erlangga.

Das, B. M. (2010). *Principles of geotechnical engineering* (7th ed.). (N. E. Mochtar, & I. S. Mochtar, Trans.) Stamford: Cengage Learning.

Ir. Shirley LH. (1994). *Penuntun Praktis Geoteknik dan Mekanika Tanah: Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium.* Bandung: Nova, Bandung.

Madigan, M. T., & Martinko, J. (2005). *Brock Biology of Microorganisms* (11th Edition ed.). (L. R. Parsaulian, Trans.) Lebanon: Englewood Cliff: Prentice Hall.

Sugiyono, D. (2023). *Statistika untuk Penelitian.* Penerbit Alfabeta.