

Penggunaan Material Galian Dari Desa Kandang Mbelang, Lawe Bulan Untuk Pembuatan Aspal Beton Campuran Panas

Michel Kasaf*

Universitas Gunung Leuser

Email : michelkasaf@gmail.com



Received:
25 June 2022

Reviewed:
03 July 2022

Revised:
08 July 2022

Accepted:
10 July 2022

Correspondence*)

Copyright: © 2022. Kasaf. This is an open-access article. This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Abstract - Aggregate is the main component of the road pavement structure, which is 90-95% of the weight of the pavement. Such a large proportion causes the quality of the aggregate used will greatly determine the overall pavement performance. The availability of quality aggregates is necessary to ensure the sustainability of development in the road construction sector. One area that has aggregate potential that has not been optimally utilized is Kandang Mbelang Village, Lawe Bulan. The purpose of this study was to determine the characteristics of the Marshall, UCS, and ITS test values and the permeability of the asphalt mixture using the excavated material of Kandang Mbelang, Lawe Bulan as an aggregate. This study used an experimental method carried out in the laboratory with variations in asphalt content of 4.5%, 5%, 5.5%, and 6% for Marshall testing and to obtain Optimum Asphalt Content (KAO). For testing ITS, UCS and permeability used Optimum Asphalt Content with three samples each. Hypothesis testing for data comparison using the T-test method. The use of Mbelang cage aggregate in the AC-WC spec IV mixture resulted in a stability value of 711.5 kg, a flow value of 3.48 mm, a porosity value of 16.077%, a density value of 2.016 gr/cm³ and Marshall Quotient value is 215.823 kg/mm at Optimum Asphalt Content of 5.3%. The average ITS value is 319.024 KPa, the average UCS value is 6.982.237 KPa, and the average permeability coefficient is 7.14x10⁻⁴ cm/sec. Through the statistical method of T T-tests, it was found that the use of Mbelang cage aggregate for the AC-WC spec IV mixture did not change the stability, flow, ITS, and UCS values.

Keywords: asphalt concrete, hot mix, excavated material Mbelang cage

Pendahuluan

Transportasi darat masih menjadi andalan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan mobilitas, terutama untuk jarak pendek sampai menengah. Hal ini mengakibatkan kebutuhan akan prasarana transportasi darat terutama jaringan jalan senantiasa meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan. Peningkatan kebutuhan ini harus diimbangi dengan peningkatan performa perkerasan agar jalan yang dibangun kuat dan mampu memenuhi umur layannya.

Agregat merupakan material utama penyusun perkerasan, dimana proporsinya sebesar 90% - 95% dari berat perkerasan. Proporsi yang sedemikian besar menyebabkan kualitas agregat yang dipakai akan sangat menentukan kinerja perkerasan secara keseluruhan. Apabila agregat yang dipakai memiliki mutu yang rendah maka bisa dipastikan tingkat ketahanan dan keawetan konstruksi menjadi rendah. Ketersediaan agregat yang berkualitas mutlak diperlukan untuk menjamin keberlangsungan pembangunan di sektor konstruksi jalan. Selama ini agregat yang dipakai di Kabupaten Aceh Tenggara dan sekitarnya mayoritas dipasok oleh AMP PT. GALA FILA MANADIRI yang berasal dari quarry di daerah sekitar Aceh Tenggara. Meskipun agregat yang tersedia masih mencukupi permintaan, akan tetapi perlu dicari alternatif quarry area yang baru mengingat masih besarnya potensi agregat yang ada

di daerah lain sekitar Aceh Tenggara. Salah satu daerah yang menyimpan potensi agregat yang besar adalah Aliran Sungai Alas dan Gunung, Beberapa Kecamatan, yang ada Kabupaten Aceh Tenggara. Aliran Sungai Alas terletak di Kecamatan Ketambe, Kecamatan Darul Hasana, Kecamatan Badar, Kecamatan Babussalam, Lawe Alas, Kecamatan Tanoh Alas, Kecamatan Babul Makmur dan Kecamatan Leuser dan Ada Beberapa Kecamatan yang di Aliri Sungai dan Alur, Kabupaten Aceh Tenggara. Sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Aceh Selatan, sebelah selatan dengan Provinsi Sumatera Utara (Bahorok), sebelah barat dengan Kabupaten Aceh Singkil dan sebelah timur dengan Kabupaten Gayo Lues. Letak geografisnya yang dekat dengan Gunung Leuser menyebabkan banyak ditemukan material galian seperti pasir, batu dan trass di sekitar daerah tersebut. Keberadaan material galian di Aliran Sungai Alas. Sangat melimpah akan tetapi saat ini belum dimanfaatkan secara luas. Tebing setinggi ± 15 meter menyimpan kandungan material vulkanik yang terdiri dari pasir, trass, kerikil sampai batuan dengan fraksi yang sangat beragam hanya dimanfaatkan oleh warga sekitar untuk bahan bangunan skala kecil. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut apakah material galian dari Aliran Sungai Alas tersebut memenuhi standar kualitas untuk digunakan sebagai agregat perkerasan lentur jalan raya atau tidak.

Kualitas agregat dapat diketahui melalui serangkaian percobaan di laboratorium. Untuk agregat kasar pengujian yang dapat dilakukan adalah uji abrasi, uji berat jenis, uji penyerapan air serta uji kelekatan aspal. Sementara untuk agregat halus dapat dilakukan pengujian berat jenis dan uji penyerapan air. Dari hasil yang diperoleh kemudian digunakan standar acuan yang berlaku maka akan diketahui keberterimaan agregat tersebut untuk dapat digunakan sebagai agregat perkerasan.

Kualitas kinerja campuran beraspal dapat diketahui melalui observasi di lapangan dan serangkaian pengujian di laboratorium. Pengujian ini meliputi pengujian stabilitas (Uji Marshall), uji tekan, uji tarik dan uji permeabilitas. Uji Marshall merupakan pengujian untuk mendapatkan nilai kinerja lapis perkerasan aspal. Dari pengujian ini akan dapat diketahui besarnya nilai stabilitas dan besarnya nilai kelelahan (flow) suatu lapis perkerasan. Untuk mendapatkan pembebanan gaya tarik yang terjadi di lapangan sangat sulit, sehingga metode yang paling sesuai untuk mengetahui gaya tarik dari asphalt concrete adalah dengan menggunakan metode *Indirect Tensile Strength Test* (ITST) di laboratorium.

Uraian Teori

Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. (Djanasudirdja, 1984).

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan presentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. (Sukirman, 2003)

Karakteristik morfologi agregat kasar ternyata mempunyai hubungan erat dengan kekuatan perkerasan beraspal. Agregat berbentuk cubical memiliki ketahanan terhadap rutting dan memiliki friksi internal tertinggi apabila dibandingkan dengan bentuk agregat yang lain. Semakin banyak agregat cubical dalam campuran, semakin tinggi nilai PI. Sementara agregat dalam bentuk pipih dalam perkerasan beraspal memiliki tingkat kepadatan yang rendah dan sangat rentan terhadap perubahan bentuk akibat geser (Chen, et. al, 2005)

Pentingnya bentuk partikel agregat pada perilaku mekanik juga dikenal dengan baik. Pada aspal beton, bentuk agregat mempengaruhi daya tahan, kinerja, tahanan geser, kuat tarik, kekakuan, respon kelelahan dan kadar aspal optimum campuran. Perhitungan yang benar terhadap penyimpangan geometrik agregat penting dilakukan untuk memahami pengaruhnya terhadap kinerja perkerasan dan untuk memilih agregat untuk menghasilkan perkerasan dengan kualitas yang memadai. (International Journal of Civil and Structural Engineering, vol:1, No:2, 2010)

Banyak penelitian telah menyimpulkan bahwa performa agregat tidak dapat dihubungkan dengan pengujian tunggal mekanik atau kimiawi, akan tetapi kombinasi pengujian. (Fookes et al., 1988; Kandhal and Parker 1998; Little et al., 2001)

Kandhal and Parker (1998) melakukan pengujian laboratorium terhadap agregat terkait dengan kinerja aspal beton. Mereka menyimpulkan bahwa devormasi permanen, raveling, popouts, pothole, retak fatigue dan tahanan gesek semua dipengaruhi oleh sifat agregat. Mereka mengidentifikasi sembilan tes agregat yang dapat terkait dengan *Hot Mix Asphalt Concrete* (HMAC), empat dari tes adalah untuk agregat halus saja. Lima tes mereka merekomendasikan untuk agregat kasar meliputi: analisis saringan berpengaruh terhadap kerusakan deformasi permanen dan retak fatigue), uncompacted void content berpengaruh terhadap kerusakan deformasi permanen dan retak fatigue, bentuk partikel dalam agregat kasar berpengaruh dalam kerusakan deformasi permanen dan retak fatigue, *Micro Deval* (MD) Test berpengaruh terhadap kerusakan raveling, popouts dan pothole serta Magnesium sulfate Soundness Test berpengaruh terhadap kerusakan raveling, popouts dan pothole.

Material Galian

Mineral merupakan sumber daya alam yang proses pembentukannya memerlukan waktu jutaan tahun dan sifat utamanya tidak terbarukan. Mineral dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri/produksi ataupun konstruksi. Sejauh ini mineral lebih dikenal sebagai material/bahan galian. Secara geologi material galian terdiri dari 3 (tiga) jenis batuan yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf. Material galian sangat erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari, bahkan dapat dikatakan bahwa manusia hidup tidak terlepas dari material galian (Sukandarrumidi, 1999).

Salah satu daerah yang menyimpan potensi material galian adalah Desa Kandang Mbelang, Kecamatan Lawe Bulan, Kabupaten Aceh Tenggara. Letak geografisnya yang dekat dengan Gunung Leuser menyebabkan banyak ditemukan material galian yang umumnya berupa breksi vulkanik. Breksi vulkanik ini terdiri dari pasir, batuan basalt, batuan andesit, batuan apung dan trass.

Batuan andesit dan basalt umumnya berwarna abu-abu sampai hitam, bersifat keras dan masif serta tahan terhadap air hujan. Jenis batuan ini merupakan hasil pembekuan magma sehingga terdapat di sepanjang jalur gunung api baik yang masih aktif ataupun yang sudah mati (Sukandarrumidi, 1999). Dalam material galian Kandang Mbelang, batuan ini tidak berbentuk bongkahan tetapi berupa butiran dengan ukuran kecil dan terpisah satu sama lain sehingga tidak diperlukan pengolahan terlebih dahulu untuk dapat digunakan dalam perkerasan.

Selama ini pemanfaatan material galian Desa Kandang Mbelangnya terbatas untuk bahan bangunan skala kecil oleh masyarakat sekitar. Padahal deposit material galian yang tersedia masih sangat besar. Tebing setinggi kurang lebih ± 15 meter menyimpan ratusan kubik material breksi vulkanik yang selama ini masih ditambang dengan metode tradisional. Padahal apabila dimanfaatkan secara optimal bukan tidak mungkin Desa Kandang Mbelang akan menjadi salah satu quarry area yang potensial untuk daerah Aceh Tenggara dan sekitarnya.

Klasifikasi Mineral

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 23 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral Dan Batubara Pasal 2 ayat 2, pengelompokan bahan pertambangan mineral dan batubara terdiri dari lima golongan:

- a. Mineral radioaktif meliputi radium, thorium, uranium, monasit, dan bahan galian radioaktif lainnya;
- b. Mineral logam meliputi litium, berilium, magnesium, kalium, kalsium, emas, tembaga, perak, timbal, seng, timah, nikel, mangan, platina, bismuth, molibdenum, bauksit, air raksa, wolfram, titanium, barit, vanadium, kromit, antimon, kobalt, tantalum, cadmium, galium, indium, yttrium, magnetit, besi, galena, alumina, niobium, zirkonium, ilmenit, khrom, erbijum, ytterbijum, dysprosium, thorium, cesium, lanthanum, niobium, neodimium, hafnium, scandium, aluminium, palladium, rhodium, osmium, ruthenium, iridium, selenium, telurida, strontium, germanium, dan zenon;
- c. Mineral bukan logam meliputi intan, korundum, grafit, arsen, pasir kuarsa, flint, kriolit, yodium, brom, klor, belerang, fosfat, halit, asbes, talk, mika, magnesit, yarosit, oker, fluorit,

- ballclay, fireclay, zeolit, kaolin, feldspar, bentonit, gipsum, dolomit, kalsit, rijang, pirofilit, kuarsit, zirkon, wolastonit, tawas, batu kuarsa, perlit, garam batu, clay, dan batu gamping untuk semen;
- d. Batuan meliputi pumice, tras, toseki, obsidian, marmer, perlit, tanah diatomic, tanah serap (fullersearth), slate, granit, granodiorit, andesit, gabro, peridotit, basalt, trakhit, lousit, tanah liat, tanah urug, batu apung, opal, kalsedon, chert, kristal kuarsa, jasper, krisoprase, kayu terkersikan, garnet, giok, agat, diorit, topas, batu gunung quarry besar, kerikil galian dari bukit, kerikil sungai, batu kali, kerikil sungai ayak tanpa pasir, pasir urug, pasir pasang, kerikil berpasir alami (sirtu), urukan tanah setempat, tanah merah (laterit), batu gamping, onik, pasir laut, dan pasir yang tidak mengandung unsur mineral logam atau unsur mineral bukan logam dalam jumlah yang berarti ditinjau dari segi ekonomi pertambangan; dan www.huknline.com
 - e. Batubara meliputi bitumen padat, batuan aspal, batubara, dan gambut.

Berdasarkan peraturan di atas, material galian Desa Kandang Mbelang, Lawe Bulan termasuk ke dalam mineral golongan (d) yaitu mineral berbentuk batuan. Hal ini dikarenakan pada material galian Desa Kandang Mbelang terdapat trass, andesit, batu apung dan kerikil galian dari sungai dan bukit.

Batuan Beku (Igneous Rock)

Jenis batuan ini berasal dari material cair atau magma cair dari dalam perut bumi yang keluar dan membeku di permukaan bumi. Batuan jenis ini masih dibedakan atas batuan beku luar (*extrusive igneous rock*) dan batuan beku dalam (*intrusive igneous rock*). Batuan beku luar dibentuk dari material yang keluar ke permukaan bumi di saat gunung berapi meletus yang akibat pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku. Umumnya berbutir halus, seperti misalnya batu apung, andesit, basalt, obsidian, dan sebagainya. Batuan beku dalam dibentuk dari magma yang tidak dapat keluar ke permukaan bumi. Magma mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan-lahan. Batuan jenis ini dapat ditemui di permukaan bumi karena erosi dan gerakan bumi. Batuan jenis ini memiliki tekstur kasar. Batuan jenis ini antara lain adalah batu *granit granodiorit, gabbro, dan diorit*.

Batuan Sedimen (Sedimentary Rock)

Batuan endapan (*sedimen*) adalah jenis batuan yang terjadi karena adanya pengendapan materi hasil erosi. Materi hasil erosi terdiri atas berbagai jenis partikel, ada yang kasar, halus, ada yang berat, ringan. Cara pengangkutannya pun bermacam-macam, karena terdorong (*traction*), terbawa secara melompat-lompat (*saltation*), terbawa dalam bentuk suspensi, dan ada pula yang larut (*solution*). Batuan sedimen terbentuk dari lepasnya bagian dari batuan yang terbawa oleh angin, air maupun es dan membentuk berbagai lapisan dan kemudian terkonsolidasi. Batuan sedimen juga dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan. Pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dan sebagainya.

Batuan Malihan (Metamorphic Rock)

Batuan malihan, yaitu batuan yang berasal dari batuan sedimen atau batuan beku (*igneous dan sedimentary rocks*) namun kemudian berubah dari sifat asalnya akibat dari panas dan tekanan tinggi di dalam kulit bumi, sehingga menghasilkan jenis batuan baru dengan karakteristik baru. Perubahan batuan terjadi dari bermacam-macam hal, antara lain sebagai berikut:

- a. Suhu tinggi, berasal dari magma karena berdekatan dengan dapur magma sehingga metamorfosis ini disebut metamorfosis kontak. Contoh batuan hasil dari proses ini adalah batu marmer dari batu kapur, antrasit dari batu bara.
- b. Tekanan tinggi, berasal dari adanya endapan endapan-endapan yang sangat tebal di atasnya. Contoh batu pasir dari pasir.
- c. Tekanan dan suhu tinggi, terjadi jika ada lipatan dan geseran pada waktu terjadi pembentukan pegunungan. Metamorfosis ini disebut metamorfosis dinamo. Misalnya batu tulis.
- d. Penambahan bahan lain, pada saat terjadi perubahan bentuk terkadang terdapat penambahan bahan lain. Jenis batuan ini disebut batuan metamorf pneumatilitis.

Pozzolan Alam (Trass)

Trass adalah batuan gunung api yang telah mengalami perubahan komposisi kimia yang disebabkan oleh pelapukan dan pengaruh kondisi air bawah tanah. Bahan galian ini berwarna putih kekuningan hingga putih kecoklatan, kompak dan padu sehingga bahan ini agak sulit untuk digali dengan peralatan yang sederhana.

Trass disebut pula sebagai pozzolan, merupakan bahan galian yang cukup banyak mengandung silika amorf yang dapat larut di air atau dalam larutan asam. Nama pozzolan diambil dari suatu desa Puzzuoli de Napel, Italia dimana bahan tersebut diketemukan. Trass (alam) pada umumnya terbentuk dari batuan vulkanik yang banyak mengandung feldspar dan silika, antara lain breksi andesit, granit, rhyolit yang telah mengalami pelapukan lanjut. Akibat proses pelapukan feldspar akan berubah menjadi mineral lempung/kaolin dan senyawa silika amorf. Makin lanjut pelapukannya makin baik mutu dari trass. Pada umumnya kandungan unsur kimia trass adalah sebagai berikut: SiO₂, Al₂O₃, CaO, Fe₂O₃, MgO, Na₂O, K₂O, MnO, TiO₂, P₂O₅, H₂O. Dari unsur tersebut yang menjadi perhatian adalah unsur SiO₂, Al₂O₃, dan

CaO. Standar unsur kimia untuk trass adalah sebagaiberikut (Santoso, 1994 vide Sukandarrumidi, 1999).

Tabel 1 Standar Komposisi Kimia Trass

Unsur	Kisaran % berat
SiO ₂	40,76 – 56,20
Al ₂ O ₃	17,35 – 27,95
Fe ₂ O ₃	7,35 – 13,15
H ₂ O	3,35 – 10,70
CaO	0,82 – 10,27
MgO	1,96 – 8,05

(Sumber: Santoso, 1994 vide Sukandarrumidi, 1999)

Sebagai bahan bangunan, trass mempunyai sifat- sifat yang khas. Sifat trass yang terpenting apabila dicampur dengan kapur padam (kapur tohor) dan air akan mempunyai sifat seperti semen. Sifat ini disebabkan oksida silica (SiO₂) yang amorf dan oksida alumina (Al₂O₃) di dalam trass yang bersifat asam. Kedua macam oksida yang bersifat asam tersebut bersenyawa dengan kapur tohor dan air yang akhirnya mempunyai sifat seperti semen.

Aspal

Aspal dikenal sebagai suatu bahan atau material yang bersifat viskos atau padat, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, berwarna hitam atau coklat, mempunyai daya lekat (*adhesi*), dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran. Durabilitas. aspal merupakan fungsi dari ketahanan aspal terhadap perubahan mutu kimiawi selama proses pencampuran dengan agregat, masa pelayanan, dan proses pengerasan seiring waktu atau umur perkerasan (Sukirman, 2003).

Selain sebagai bahan pengikat, aspal juga menjadi bahan pengisi pada rongga rongga dalam campuran. Dalam campuran Lapis Aspal Beton (LASTON) yang banyak memakai agregat kasar, penggunaan kadar aspal menjadi sangat tinggi karena aspal di sini berfungsi untuk mengisi rongga - rongga antar agregat dalam campuran. Kadar aspal yang tinggi menyebabkan campuran

Aspal Beton (LASTON) memerlukan kadar aspal yang tinggi pula. Untuk mengantisipasi kadar aspal yang tinggi digunakan aspal dengan mutu baik, dengan tujuan memperbaiki kondisi campuran.

Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada. Persyaratan dan prosedur yang dipakai mengacu kepada peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Bina Marga. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik *Marshall*, UCS, ITS dan permeabilitas campuran aspal dengan menggunakan agregat dari Kandang Mbelang, Kecamatan Deleng Phokison Kabupaten Aceh Tenggara.

Pembahasan

Pengujian Agregat

Agregat yang diuji adalah agregat dari *quarry* Desa Kandang Mbelang, Kecamatan Lawe Bulan Kabupaten Aceh Tenggara. Desa Kandang Mbelang terletak ± 15 km sebelah timur Kota Kutacane dan dapat dicapai kurang lebih 20 menit perjalanan darat. Akses jalan yang digunakan untuk mencapai lokasi yaitu melalui jalan raya Aceh Tenggara. Lokasi *quarry* ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi *quarry* Desa Kandang Mbelang, Aceh Tenggara

Kondisi *quarry* di Desa Kandang Mbelang berupa tebing vertikal dengan ketinggian kurang lebih 15 meter yang secara visual terlihat jelas komposisi batuan dengan fraksi yang sangat beragam. Kondisi *quarry* ditunjukkan pada gambar 4.2.

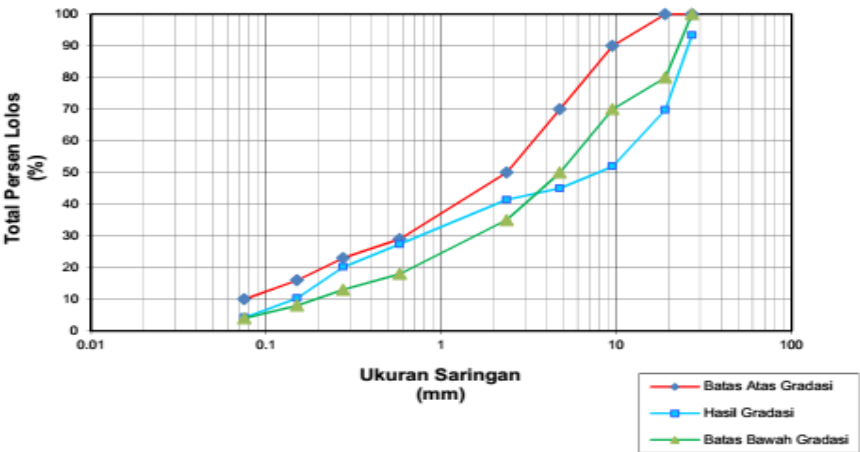


Gambar 2. Kondisi quarry Desa Kandang Mbelang

Bahan galian dari DesaKandang Mbelang merupakan batuan breksi vulkanik yang terdiri dari batuan andesit berwarna abu-abu kehitaman bercampur dengan beberapa bagian batu apung dan butiran trass berwarna putih kecoklatan.

Analysis Butiran

Analisis butiran dilakukan bertujuan untuk mendapatkan gradasi asli dari bahan galian sehingga memberikan gambaran komposisi ukuran agregat dalam bahan galian tersebut. Fraksi agregat yang tersedia sangat beragam akan tetapi yang digunakan dalam penelitian ini hanya agregat dengan ukuran $<3/4$ in. Gradasi agregat bahan galian Desa Kandang Mbelang ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



Gambar 3. Grafik gradasi agregat Kandang Mbelang

Dari pengujian gradasi yang telah dilakukan diketahui bahwa ukuran butir cenderung kasar. Hal ini ditunjukkan total persen lolos yang kecil untuk agregat berukuran besar sehingga tidak masuk

spesifikasi yang disyaratkan. Oleh karena itu langkah berikutnya adalah melakukan analisis butiran yaitu pemisahan butiranbutiranagregat berdasarkan ukurannya. Dari butiran-butiran agregat yang telah dipisahkan dibuatbenda uji sesuai spesifikasi gradasi yang dipakai dengan mengambil nilai tengahnya (menggunakan gradasi ideal).

Pemeriksaan Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan agregat kasar secara visual menunjukkan bahwa agregat kasar berwarna abu- abu kehitaman, memiliki tekstur permukaan kasar, dan berpori sedikit.



Gambar 4. Kenampakan visual agregat kasar

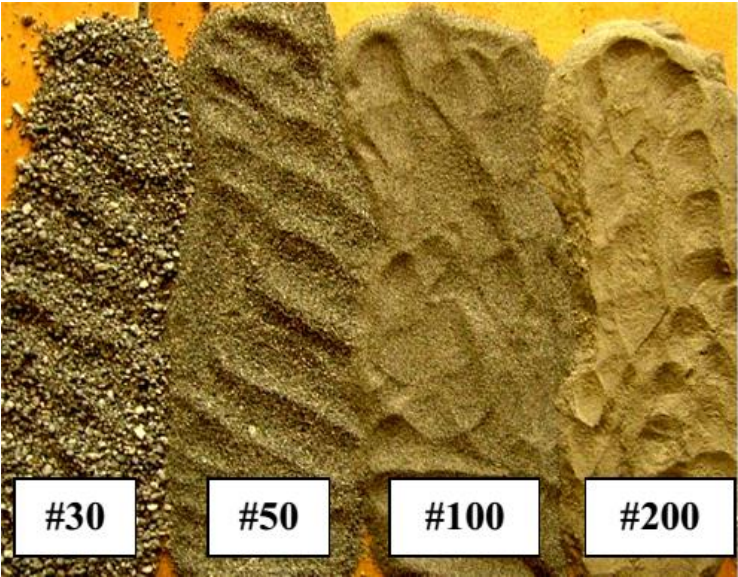
Pengujian agregat selanjutnya adalah pengujian laboratorium yang meliputi pengujian berat jenis, penyerapan air, abrasi Los Angeles, dan kelekatan terhadap aspal. Hasil pemeriksaan agregat kasar disajikan dalam tabel 4.1

Tabel 2 Hasil pemeriksaan agregat kasar

N o.	Jenis Pemeriksaan	Acuan	Syarat		Hasil
			Min.	Maks.	
1.	Berat jenis curah kering/bulk (%)	SNI 1969:2008	2,5	--	2,51
	Berat Jenis SSD (%)		--	--	2,58
	Berat Jenis semu/ <i>apparent</i> (%)		--	--	2,70
2.	Penyerapan air (%)	SNI 1969:2008	--	3	2,8
3.	Abrasi (%)	SNI 2417:2008	--	40	34,39
4.	Kelekatan aspal (%)	SNI 03-2439-1991	95	--	97

Pemeriksaan Agregat Halus

Secara visual semakin kecil ukuran butir agregat Kandang Mbelang maka warnanya semakin terang. Hal ini disebabkan oleh adanya kandungan trass yang terdapat pada material galian tersebut. Trass memiliki kandungan unsur silika yang berwarna cerah dan berbutir kecil. Hasil pemeriksaan agregat halus secara visual ditunjukkan pada Gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 5. Kenampakan visual agregat halus

Hasil pemeriksaan laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan menunjukkan bahwa agregat halus tersebut memenuhi persyaratan sebagai bahan perkerasan seperti disajikan pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan agregat halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Acuan	Syarat		Hasil
			Min.	Maks.	
1	Berat jenis curah kering/bulk (%)	SNI 1970 : 2008	2,5	--	2,52
	Berat Jenis SSD (%)		--	--	2,59
	Berat Jenis semu/ apparent (%)		--	--	2,72
2	Penyerapan air (%)	SNI 1970: 2008	--	3	2,88

Pemeriksaan Filler

Filler yang digunakan dalam penelitian ini adalah pozzolan alam (*trass*) yang terkandung dalam material galian Desa Kandang Mbelang, Lawe Bulan. Pada analisis saringan yang telah dilakukan, *trass* lolos terhadap saringan no. 200. Dari hasil pemeriksaan *filler* yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah diketahui *specific gravity* dari *filler* ini adalah sebesar 2,67 gr/cm³.

Pemeriksaan Kadar Batu Apung

Batu apung tidak layak digunakan untuk perkerasan karena sifatnya yang rapuh. Keberadaan batu apung pada material galian Desa Kandang Mbelang, Lawe Bulan akanmempengaruhi kualitas perkerasan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeriksaan kadar batu apung dalam agregat kasar. Dari hasil pemeriksaan didapatkan kadarbatu apung dalam agregat kasar adalah sebesar 5,578% dari berat total agregat.



Gambar 6. Batu apung pada agregat kasar

Pengujian Aspal

Pengujian fisik aspal dilakukan untuk mengetahui karakteristik aspal yang akandipakai dalam campuran aspal beton. Karena aspal yang digunakan identik dengan penelitian terdahulu maka untuk hasil pemeriksaan aspal digunakan data sekunder

Tabel 4. Hasil pemeriksaan aspal

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat*)		Hasil
		Min.	Maks.	
1.	Penetrasi, 10gr, 25 °C, 5 detik (mm)	60	79	70,1
2.	Titik Lembek (°C)	48	58	48,33
3.	Titik Nyala (°C)	200	-	350
4.	Titik Bakar (°C)	200	-	370
5.	Daktilitas, 25 °C, 5 cm/menit (cm)	100	-	>150
6.	Spesific Grafity (gr/cc)	1	-	1,03

*)Syarat Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya
 Sumber: Hidayati (2010)

Pengujian Campuran Aspal

Sebelum pembuatan benda uji, dilakukan pembuatan rancang campur (*mix design*). Perencanaan rancang campur meliputi perencanaan gradasi agregat, penentuan aspal dan pengukuran komposisi masing-masing fraksi baik agregat, aspal dan *filler*. Gradasi yang digunakan adalah Standar Nasional Indonesia (SNI). Campuran aspal yang menjadi obyek penelitian kinerja agregat pada penelitian ini menggunakan gradasi AC spec IV yang ditunjukkan oleh tabel 4.4.

Tabel 5. Gradasi rencana campuran AC-WC spec IV SNI 03-1737-1989

Ukuran Saringan	Spesifikasi (% Lolos)	Gradasi Ideal (% Lolos)
3/4"	100	100.00
1/2"	80 – 100	90
3/8"	70 – 90	80
# 4	50 – 70	60
# 8	35 – 50	42,5
# 30	18 – 29	23,5
# 50	13 – 23	18,0

# 100	8 – 16	12,0
# 200	4 – 10	7,0
PAN		0

Sumber: SNI 03-1737-1989

Pengujian Benda Uji Marshall

Sebelum melakukan pengujian *Marshall*, terlebih dahulu dilakukan uji *Volumetric Test* dengan melakukan pengukuran, tebal, berat kering, berat benda uji dalam air serta berat SSD lalu di lakukan proses perhitungan untuk mendapatkan nilai densitas, porositas dan SG_{mix} .

Contoh: perhitungan volumetrik benda uji pada kadar aspal 5,5%

- Kode benda uji = M.5,5.1
(agregat Matesih,,kadar aspal 5,5%, benda uji #1)
- Berat benda di udara (W_{dry}) = 1097 gram
- Berat di air (W_w) = 582,9 gram
- Berat kering permukaan (W_s) = 1114,4 gram

Maka:

$$\text{Densitas} = \frac{W_{dry}}{W_s - W_w} = \frac{1097}{1114,4 - 582,9} = 2.064 \text{ gr/cc}$$

$$SG = \frac{\frac{100}{\frac{W_b - W_b}{G_{ac} G_{se}}} \cdot \frac{100}{5,5}}{\frac{100}{1,03} \cdot \frac{100}{2,708}} = 2.406$$

$$VIM = \left[1 - \frac{D}{SG_{max}} \right] \times 100\% = \left[1 - \frac{2.064}{2.406} \right] \times 100\% = 14.226\%$$

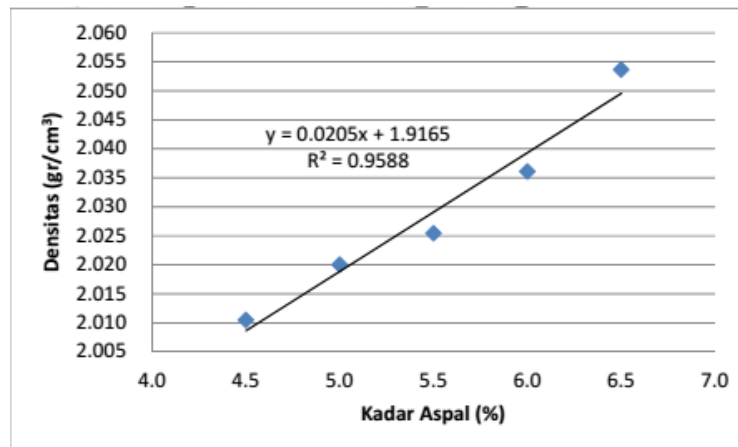
Perhitungan *volumetrik* selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran. Setelah pengujian *volumetrik* dilakukan, kemudian baru dilakukan pengujian *Marshall* dan didapatkan nilai stabilitas, *Flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ). Dari hasil pengujian Marshall dapat diketahui kadar aspal optimum yang kemudiandijadikan dasar dalam pembuatan benda uji berikutnya. Hasil rekapitulasi perhitungan *Marshall* dapat dilihat di tabel 4.5.

Tabel 6. Rekapitulasi hasil pengujian Marshall

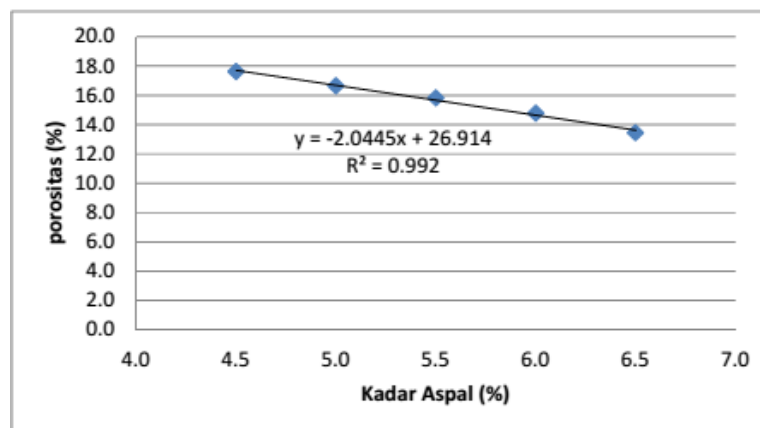
Karakteristik Marshall	Kadar Aspal (%)				
	4,5	5	5,5	6	6,5
Densitas (gr/cm^3)	2,010	2,020	2,025	2,036	2,054
Porositas (%)	17,632	16,647	15,828	14,787	13,450
Stabilitas (kg)	677,400	709,840	735,678	693,834	600,464
Flow (mm)	3,18	3,38	3,47	3,68	4,17
Marshall Qoutient (kg/mm)	212,349	210,287	213,653	192,637	144,295

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

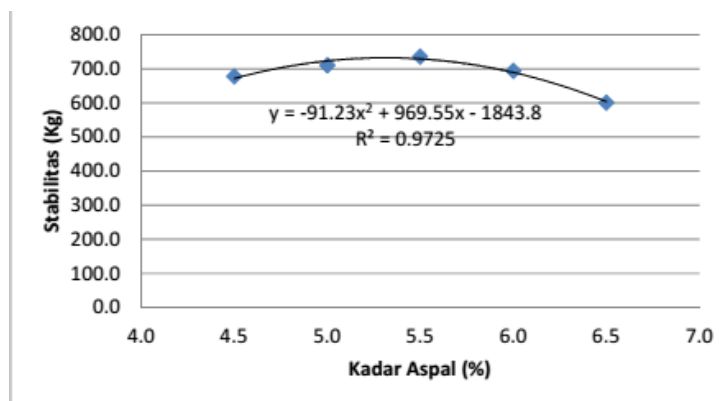
Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah besarnya nilai kadar aspal pada campuran dimana akan menghasilkan karakteristik perkerasan yang terbaik. Untuk menentukan besarnya kadar aspal optimum dibuat grafik hubungan antara stabilitas dan kadar aspal dengan menggunakan analisis regresi polinomial pangkat dua (persamaan parabola). Kadar Aspal Optimum ditentukan berdasarkan turunan pertama ($y'=0$) persamaan regresi polinomial grafik hubungan kadar aspal dengan stabilitas.



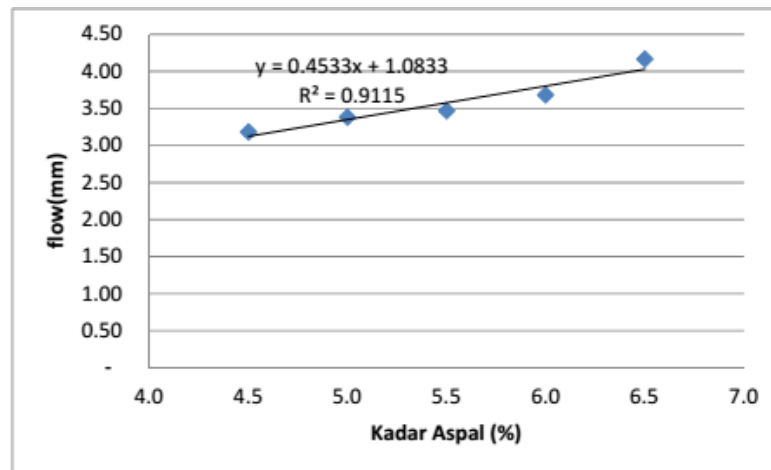
Gambar 7.a. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Densitas



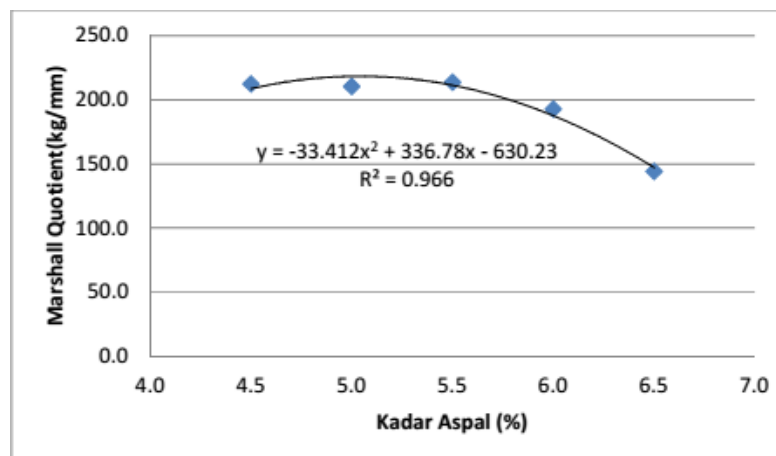
Gambar 7b. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Porositas



Gambar 7.c. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas



Gambar 7d. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Flow*



Gambar 7e. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient*

Dari grafik hubungan kadar aspal dengan stabilitas pada Gambar 4.7.c, didapatkan persamaan kuadrat sebagai berikut:

$$y = -91,23 x^2 + 969,5 x - 1843$$

$$y' = 0$$

$$0 = -182,46 x + 969,5$$

$$182,46 x = 969,5$$

$$x = 5,3$$

Jadi, Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran aspal adalah sebesar 5,3%

Sifat *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dalam pengujian ini tidak dilakukan pembuatan benda uji, akan tetapi hanya melakukan analisis data dari kadar aspal optimum yang telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya. Berikut adalah contoh perhitungan sifat *Marshall* dengan kadar aspal optimum pada persamaan polinomial hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas (Gambar 4.4.c)

$$y = -91,23 x^2 + 969,5 x - 1843$$

$$y = -91,23 (5,3)^2 + 969,5 (5,3) - 1843$$

$$y = - 2562,65 + 5117,15 - 1843$$

$$y = 711,5$$

Jadi, nilai stabilitas campuran pada kadar aspal optimum adalah 711,5 kg. Rekapitulasi hasil perhitungan sifat *Marshall* pada kadar aspal optimum tersaji pada Tabel 7

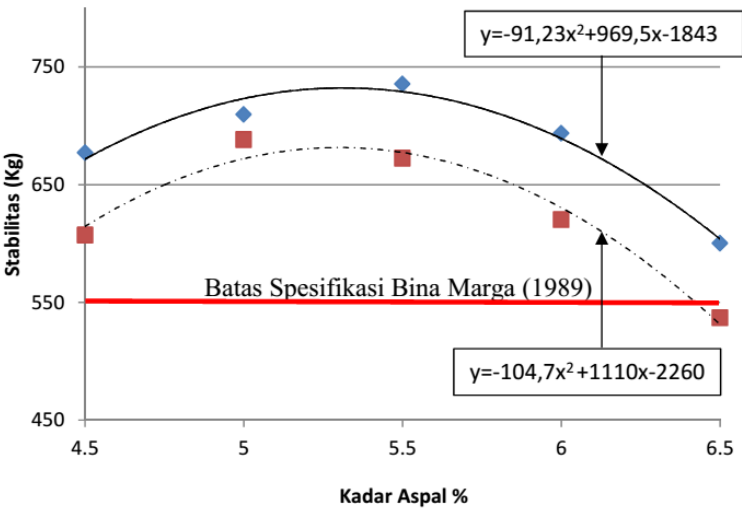
Tabel 7. Rekapitulasi sifat *Marshall* pada kadar aspal optimum

No	Sifat Marshall	KAO	Stabilitas	Flow	Porositas	Densitas	Marshall Quotient
		(%)	(Kg)	(mm)	(%)	(gr/ cm ³)	(kg/mm)
1		5,3	711,5	3,48	16,077	2,016	215,823
Spesifikasi	min		550	2	3	2	200
	max		-	4	5	3	350

Dari tabel spesifikasi di atas dapat diketahui bahwa nilai stabilitas *Marshall* masih memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga (1989) SNI No.1737-1989-F.

Pembahasan Terhadap Nilai Stabilitas

Komparasi hasil pengujian nilai stabilitas dari campuran aspal dengan menggunakan agregat AMP PT Gala Fila Mandiri dan agregat Kandang Mbelang tersaji dalam Gambar 8.



Gambar 4.8. Grafik komparasi nilai stabilitas

Dari grafik di atas terlihat bahwa secara umum nilai pengujian stabilitas dari campuran aspal yang menggunakan agregat Kandang Mbelang memiliki nilai yang lebih tinggi daripada campuran aspal yang menggunakan agregat dari AMP PT Gala Fila Mandiri. Keseluruhan sampel dari agregat Kandang Mbelang juga di atas batas spesifikasi minimum yang disyaratkan. Perbedaan nilai stabilitas ini disebabkan oleh berat jenis agregat. Agregat Kandang Mbelang dengan berat jenis lebih kecil pada berat benda uji yang sama (± 1100 gr) akan memiliki volume dan jumlah butiran yang lebih banyak. Dengan demikian campuran akan mempunyai *interlocking* yang lebih baik sehingga meningkatkan nilai stabilitas. Agregat dengan berat jenis lebih kecil umumnya juga memiliki pori yang lebih banyak. Hal ini berakibat aspal mudah terserap ke dalam agregat sehingga agregat terselimuti sempurna dan ikatan antar butir menjadi kuat.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh penggunaan agregat dari bahan galian DesaKandang Mbelang, Lawe Bulan terhadap nilai stabilitas maka dilakukan uji terhadap data. Uji ini dilakukan dengan membandingkan rata- rata dari hasilpengujian sampel dengan agregat Kandang Mbelang dan sampel dengan agregat dari AMP PT Gala Fila Mandiri (data sekunder). Untuk mempermudah perhitungan maka data hasil pengujian stabilitas disusun dalam tabel 8

Tabel 8. Komparasi nilai uji stabilitas (kg)

NO	Agregat AMP PT Gala Fila Mandiri *) (A)	Agregat Kandang Mbelang (B)
1	607,282	677,400
2	688,349	709,840
3	672,719	735,678
4	620,514	693,834
5	537	600,464
$\bar{x}$	625,173	683,443

Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata populasi

H1 : Paling sedikit satu tanda sama dengan tidak berlaku

$$\begin{aligned}
 S^2_A &= \frac{\sum xi - \bar{x}}{-1} \\
 &= \frac{607,282-625,173}{4} + \frac{688,349-625,173}{4} + \frac{672,719-625,173}{4} + \frac{620,514-625,173}{4} + \frac{537-625,173}{4} \\
 &= 3592,025 \\
 S^2_B &= \frac{\sum xi - \bar{x}}{-1} \\
 &= \frac{607,282-625,173}{4} + \frac{709,84-683,443}{4} + \frac{735,678-683,443}{4} + \frac{693,834-683,443}{4} + \frac{600,464-683,443}{4} \\
 &= 3164,941 \\
 S^2 &= \frac{-1}{4} \frac{-1}{4} \frac{-2}{8} \\
 &= \frac{4}{8} \frac{3592,025}{8} \frac{3164,941}{8} \\
 &= 3378,483 \\
 s &= \sqrt{3378,483} \\
 &= 58,125 \\
 t_{hitung} &= \frac{\bar{x} - \bar{x}}{58,125} \\
 &= \frac{625,173-683,443}{58,125} = -1,585
 \end{aligned}$$

t_{tabel} dengan ketentuan:

α = 0,05 , karena uji dari dua sisi maka digunakan α = 0,025

dk= n – 1 = 5 -1 = 4

dari daftar distribusi Student diperoleh t_{tabel} = 2,776

sehingga diperoleh:

-2,776 ≤ -1,585 ≤ 2,776 atau - t_{tabel}

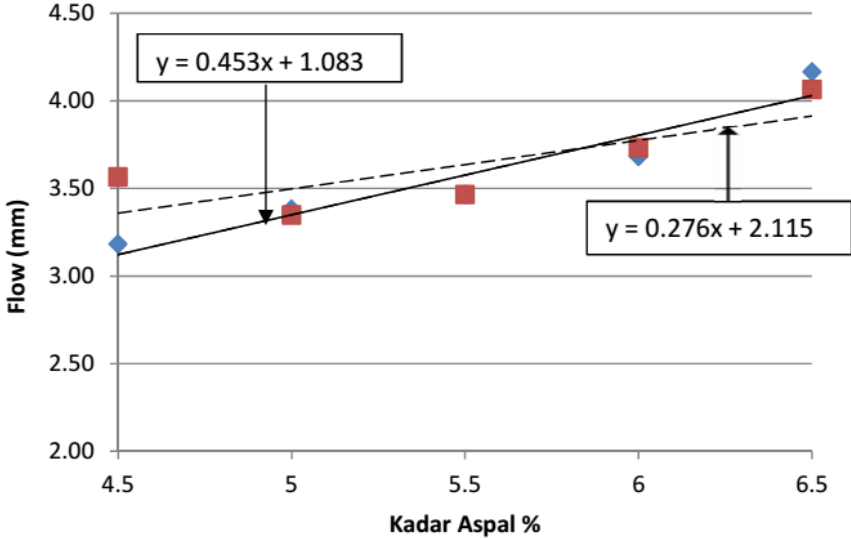
≤ t_{hitung} ≤ +t_{tabel}

Sehingga H₀ diterima dan H₁ ditolak dalam taraf nyata 0,05. Artinya **tidak ada** perbedaan rata- rata nilai stabilitas dari kedua agregat secara nyata. Dengan kata lain meskipun terlihat bahwa rata-rata stabilitas dari agregat Kandang Mbelang lebih tinggi akan tetapi hal tersebut tidak signifikan.

Pembahasan Terhadap Nilai Flow

Komparasi hasil pengujian nilai stabilitas dari campuran aspal dengan menggunakan agregat AMP PT Gala Fila Mandiri dan agregat Kandang Mbelang tersaji dalam

Gambar 4.9.



Gambar 9. Grafik Komparasi Nilai *Flow*

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa campuran aspal yang menggunakan agregat Kandang Mbelang memiliki garis linear yang lebih curam. Hal ini berarti untuk kadar aspal rendah besarnya deformasi campuran dengan agregat Kandang Mbelang lebih rendah dibandingkan agregat AMP PT Gala Fila Mandiri, akan tetapi pada kadar aspal tinggi besarnya deformasi yang terjadi menjadi lebih besar.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh penggunaan agregat dari bahan galian Desa Kandang Mbelang, Lawe Bulan terhadap nilai *flow* maka dilakukan uji t terhadap data. Uji ini dilakukan dengan membandingkan rata- rata dari hasil pengujian sampel dengan agregat Kandang Mbelang dan sampel dengan agregat dari AMP PT. Gala Fila Mandiri (data sekunder). Untuk mempermudah perhitungan maka data hasilpengujian *flow* disusun dalam tabel 4.8.

Tabel 9. Komparasi hasil pengujian *flow* (mm)

NO	Agregat AMP PT Gala Fila Mandiri *) (A)	Agregat Kandang Mbelang (B)
1	3,57	3,18
2	3,35	3,38
3	3,47	3,47
4	3,73	3,68
5	4,07	4,17
$\bar{x}$	3,638	3,576

Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata populasi

H_1 : Paling sedikit satu tanda sama dengan tidak berlaku

$$\begin{aligned}
 s^2_A &= \frac{\sum xi - \bar{x}}{-1} \\
 &= \frac{3,57-3,638 \quad 3,35-3,638 \quad 3,47-3,638 \quad 3,73-3,638 \quad 4,07-3,638}{4} \\
 &= 0,3108
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S^2_B &= \frac{\sum xi - \bar{x}}{-1} \\
 &= \frac{3,18-3,576 \quad 3,38-3,576 \quad 3,47-3,576 \quad 3,68-3,576 \quad 4,17-3,576}{4} \\
 &= 0,5701 \\
 S^2 &= \frac{-1 \quad -1}{-2} \\
 &= \frac{4 \quad 0,3108 \quad 4 \quad 0,5701}{8} \\
 &= 0,4404 \\
 s &= \sqrt{0,4404} \\
 &= 0,6636 \\
 t_{hitung} &= \frac{\bar{x} - \bar{x}}{0,6636} \\
 &= \frac{3,638-3,576}{0,6636} = 0,059
 \end{aligned}$$

t_{tabel} dengan ketentuan:

$\alpha = 0,05$, karena uji dari dua sisi maka digunakan $\alpha = 0,025$

$dk = n - 1 = 5 - 1 = 4$

dari daftar distribusi Student diperoleh $t_{tabel} = 2,776$

sehingga diperoleh:

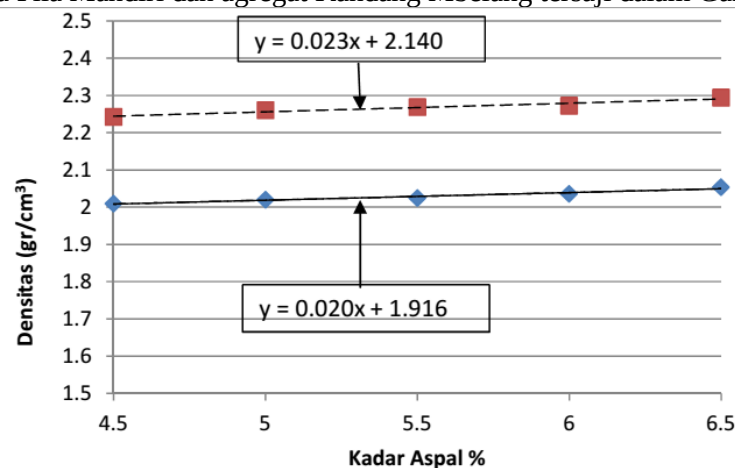
$-2,776 \leq 0,059 \leq 2,776$ atau $-t_{tabel} \leq t_{hitung} \leq +t_{tabel}$

Sehingga H_0 diterima dan H_1

ditolak dalam taraf nyata 0,05. Artinya **tidak ada** perbedaan rata- rata nilai *flow* dari kedua agregat secara nyata.

4.3.1.5. Pembahasan Terhadap Nilai Densitas

Komparasii hasil pengujian nilai densitas dari campuran aspal dengan menggunakan agregat AMP PT Gala Fila Mandiri dan agregat Kandang Mbelang tersaji dalam Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Komparasi Nilai Densitas

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai densitas dari campuran aspal yang menggunakan agregat Kandang Mbelang lebih kecil dari agregat yang menggunakan agregat dari AMP PT Gala Fila Mandiri Hal ini dipengaruhi oleh berat jenis agregat Kandang Mbelang yang lebih kecil.

Untuk mengetahui apakah penggunaan agregat Kandang Mbelang berpengaruh signifikan terhadap nilai densitas maka dilakukan uji t terhadap data yang diperoleh.

Tabel 4.9. Komparasi hasil pengujian densitas (gr/cm³)

NO	Agregat AMP PT Gala Fila Mandiri *) (A)	Agregat Kandang Mbelang (B)
1	2,242	2,010
2	2,261	2,020
3	2,269	2,025
4	2,272	2,036
5	2,294	2,054
$\bar{x}$	2,268	2,029

Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H₀ : Tidak terdapat perbedaan rata-rata populasi

H₁ : Paling sedikit satu tanda sama dengan tidak berlaku

$$\begin{aligned}
 s^2_A &= \frac{\sum xi - \bar{x}}{-1} \\
 &= \frac{2,242-2,268}{4} + \frac{2,261-2,268}{4} + \frac{2,269-2,268}{4} + \frac{2,272-2,268}{4} + \frac{2,294-2,268}{4} \\
 &= 0,000355 \\
 s^2_B &= \frac{\sum xi - \bar{x}}{-1} \\
 &= \frac{2,010-2,029}{4} + \frac{2,020-2,029}{4} + \frac{2,025-2,029}{4} + \frac{2,036-2,029}{4} + \frac{2,054-2,029}{4} \\
 &= 0,000283 \\
 s^2 &= \frac{-1}{4} \frac{-1}{4} \\
 &= \frac{-2}{8} \\
 &= \frac{0,000355 + 0,000283}{8} \\
 &= 0,000319 \\
 s &= \sqrt{0,000319} \\
 &= 0,0179 \\
 t_{hitung} &= \frac{\bar{x} - \bar{x}}{0,0179} \\
 &= \frac{2,268-2,029}{0,0179} \\
 &= 21,111
 \end{aligned}$$

t_{tabel} dengan ketentuan:

α = 0,05 , karena uji dari dua sisi maka digunakan α = 0,025

dk= n – 1 = 5 -1 = 4

dari daftar distribusi Student diperoleh t_{tabel} = 2,776

sehingga diperoleh:

-2,776 ≤ 21,111 atau - t_{tabel} ≤ t_{hitung} ≤

Sehingga H₀ diterima dan H₁

ditolak dalam taraf nyata 0,05. Artinya ada perbedaan rata- rata nilai flow dari kedua agregat secara nyata.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian serta analisis perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan agregat Kandang Mbelang dalam campuran AC-WC spec IV menghasilkan nilai stabilitas sebesar 711,5 kg, nilai flow sebesar 3,48 mm, nilai porositas 16,077%, nilai densitas 2,016 gr/ cm³ dan nilai Marshall Quotient 215,823 kg/mm pada kadar aspal optimum 5,3 %. Sesuai persyaratan Bina Marga (1989) SNI No. 1737-1989-F nilai stabilitas, flow, densitas dan Marshall Quotient masih memenuhi persyaratan yang ada. Sementara untuk nilai porositas tidak memenuhi persyaratan. Nilai ITS rata-rata sebesar 319,024 KPa, nilai UCS rata-rata sebesar 6.982,237 KPa. Nilai koefisien permeabilitas rata-rata sebesar 7,14x10-4cm/dt.

2. Melalui metode statistik uji t diperoleh nilai $-t_{tabel} \leq t_{hitung} \leq +t_{tabel}$ sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak pada taraf nyata 0,05 untuk nilai stabilitas, nilai *flow*, nilai ITS, dan nilai UCS yang artinya bahwa penggunaan agregat Kandang Mbelang untuk campuran AC-WC spec IV tidak menyebabkan perubahan nilai stabilitas, *flow*, ITS dan UCS secara nyata. Sedangkan untuk nilai densitas, nilai porositas dan koefisien permeabilitas diperoleh $t_{hitung} \leq -t_{tabel}$ atau $t_{hitung} \geq +t_{tabel}$ sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima pada taraf nyata 0,05 yang artinya bahwa penggunaan agregat Kandang Mbelang untuk campuran AC-WC spec IV menyebabkan perubahan nilai densitas, nilai porositas dan koefisien permeabilitas secara nyata.

References

- Departemen Pekerja Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, “Manual Kapasitas. Jalan Indonesia” 1989.
- Departemen Pekerja Umum, “Pengadaan Material Galian Dari Desa Kandang Mbelang Lawe Bulan Untuk Pembuatan Aspal Beton Campuran Panas .
- Dewan Standarisasi Nasional, Sni No. 1737-1989 Beton Campuran Panas. Standar Analisis Beton Campuran Panas Dinas Permukiman Umum Kabupaten. Aceh Tenggara 2015