

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI KADAR *FILLER* ABU CANGKANG KERANG PADA LAPISAN *ASPHALT CONCRETE* – *WEARING* *COURSE* (AC-WC) DENGAN PENGUJIAN *MARSHALL*

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ENICHA APRIANA DAMANIK
1807210063



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Enicha Apriana Damanik

Npm : 1807210063

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Kadar *Filler* Abu Cangkang Kerang
Pada Lapisan *Asphalt Concrete–Wearing Course* (AC-
WC) Dengan Pengujian *Marshall*

Bidang Ilmu : Transport

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 Oktober 2022

Dosen Pembimbing



Ir. Sri Asfiati, M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Enicha Apriana Damanik
Npm : 1807210063
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Kadar *Filler* Abu Cangkang Kerang
Pada Lapisan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-
WC) Dengan Pengujian *Marshall*
Bidang Ilmu : Transport

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 Oktober 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



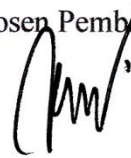
Ir. Sri Asfiati, M.T

Dosen Pembimbing I




Hj. Irma Dewi, S.T, MSi

Dosen Pembimbing II



Andri, S.T, M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Enicha Apriana Damanik
Tempat/Tanggal Lahir : Tanjung Hataran, 03 April 2001
NPM : 1807210063
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pengaruh Variasi Kadar *Filler* Abu Cangkang Kerang Pada Lapisan *Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC)* Dengan Pengujian *Marshal*”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 Oktober 2022

Saya yang menyatakan,


Enicha Apriana Damanik

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI KADAR *FILLER* ABU CANGKANG KERANG PADA LAPISAN *ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE (AC-WC)* DENGAN PENGUJIAN *MARSHALL*

Enicha Apriana Damanik
1807210063
Ir. Sri Asfiati, M.T

Di daerah sekitar pantai Sialang Buah banyak bertebaran limbah cangkang kerang lokan yang sampai saat ini hanya menjadi limbah yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Mayoritas Nelayan di daerah tersebut hanya memanfaatkan daging kerang untuk diperjualbelikan, sedangkan sebagian besar limbah cangkang kerangnya hanya ditumpuk di samping rumah mereka. Hal ini menjadi inspirasi penulis untuk melakukan penelitian tentang penggunaan cangkang kerang lokan sebagai *filler*. *Filler* adalah bahan berbutir halus lolos saringan No. 200 yang berfungsi sebagai bahan pengisi pada campuran aspal. Kandungan yang terdapat pada cangkang kerang lokan ini memiliki kesamaan seperti semen yaitu sama-sama memiliki kandungan kapur yang tinggi sehingga dapat meningkatkan stabilitas pada aspal. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan *filler* abu cangkang kerang lokan pada lapisan *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)* terhadap karakteristik *Marshall*. Penelitian yang dilakukan mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2018. Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji menggunakan tiga variasi *filler* yang berbeda, yaitu 2%, 2,5% dan 3%. Masing-masing variasi kadar *filler* abu cangkang kerang dibuat 3 sampel dengan kadar aspal 5%, 5,5% dan 6% dengan jumlah benda uji total sebanyak 27 benda uji dan 9 benda uji untuk campuran normal. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *filler* abu cangkang kerang mempengaruhi nilai karakteristik *Marshall*. Semakin bertambahnya kadar *filler* abu cangkang kerang, maka akan meningkatkan nilai stabilitas pada aspal. Penambahan paling efektif adalah terdapat pada variasi 2,5% dengan nilai *Bulk Density* sebesar 2,308 gr/cc, *Stability* sebesar 1135%, *Flow* sebesar 3,60 mm, *VIM* sebesar 3,90%, *VFA* sebesar 74%, *VMA* sebesar 15% serta nilai *MQ* sebesar 315 kg/mm. Secara keseluruhan, penambahan *filler* abu cangkang kerang terhadap karakteristik *Marshall* memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

Kata kunci: Lapisan *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)*, *filler*, abu cangkang kerang lokan.

ABSTRACT

THE EFFECT OF VARIATIONS OF FILLER SHELL ASH ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE (AC-WC) WITH MARSHALL

Enicha Apriana Damanik
1807210063
Ir. Sri Asfiati, MT

In the area around the coast of Sialang Buah, there is a lot of waste from lokan shells which until now has only been waste that has not been used optimally. The majority of fishermen in the area only use mussel meat for trading, while most of the shellfish waste is just piled next to their house. This has inspired the author to conduct research on the use of lokan clam shells as filler. Filler is a fine grained material that passes the No. sieve. 200 which serves as a filler in the asphalt mixture. The content contained in the shells of this lokan shell has similarities to cement, namely both have a high lime content so that it can increase the stability of the asphalt. The purpose of this study was to determine the effect of adding filler lokan shell ash Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Marshall. The research carried out refers to the 2018 Bina Marga specifications. This research was conducted by making test objects using three different filler , namely 2%, 2.5% and 3%. For each variation of the content filler shell ashThe results of this study indicate that the addition filler of oyster shell ash Marshall. The more the content of the filler of the shells increases, the stability value of the asphalt will increase. The most effective addition is found in the 2.5% variation with the value of Bulk Density of 2.308 gr/cc, Stability of 1135%, Flow of 3.60 mm, VIM of 3.90%, VFA of 74%, VMA of 15% and MQ value is 315 kg/mm. Overall, the addition filler of oyster shell ash Marshall meets the 2018 Highways specifications.

Keywords: Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) layer, filler, lokan clam shell.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis telah dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Variasi Kadar *Filler* Abu Cangkang Kerang Pada Lapisan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) Dengan Pengujian *Marshall*” ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Ijazah Sarjana pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Ir. Sri Asfiati, MT selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Hj. Irma Dewi, ST, MSi selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Andri ST, MT selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Rizki Efrida, ST, MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Kepada seluruh Staf Bapak/Ibu Dosen pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Kepada Ibunda Mawartik dan Alm. Ayahanda M. Nasir Damanik serta kakak dan adik saya tercinta dan tersayang yang dengan tulus memberi doa dan

kasih sayang yang tak terhingga serta senantiasa memberi dukungan baik secara moril maupun material selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Seluruh teman-teman *team* penelitian aspal yang sudah memberikan masukan serta membantu untuk mengerjakan Tugas Akhir ini serta yang spesial kepada para sahabatku yang selalu menghibur dan memberikan masukan serta membantu penulisan ini, khususnya *support* yang sangat luar biasa, terima kasih kepada Putri Suci Amalia, Nila Ardiyah, Sylmi El Fairuz, Evieta Sari, Novita Syahputri dan sahabat-sahabat yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 10 Oktober 2022

Penulis



Enicha Apriana Damanik

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING | |
| HALAMAN PENGESAHAN | |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI | |
| ABSTRAK | i |
| <i>ABSTRACT</i> | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR TABEL | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR NOTASI | xi |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Ruang Lingkup | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Aspal | 5 |
| 2.2 Laston | 8 |
| 2.3 Agregat | 11 |
| 2.3.1. Agregat Kasar | 12 |
| 2.3.2. Agregat Halus | 13 |
| 2.4 Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>) dan Penyerapan | 15 |
| 2.4.1. Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>) dan Penyerapan Air Agregat Kasar | 16 |
| 2.4.2. Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>) dan Penyerapan Air Agregat Halus | 17 |
| 2.5 Gradasi Agregat Gabungan | 18 |
| 2.6 Abu Cangkang Kerang Lokan | 19 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.7 | Metode Pangujian <i>Marshall</i> | 20 |
| 2.7.1. | Cara Uji | 21 |
| BAB 3 | METODE PENELITIAN | 28 |
| 3.1 | Bagan Alir Penelitian | 28 |
| 3.1.1. | Data Primer | 29 |
| 3.1.2. | Data Sekunder | 29 |
| 3.2 | Tempat dan Waktu Penelitian | 29 |
| 3.3 | Bahan dan Peralatan | 29 |
| 3.3.1. | Bahan | 29 |
| 3.3.2. | Peralatan | 31 |
| 3.4 | Persiapan Material | 31 |
| 3.5 | Pemeriksaan Agregat | 33 |
| 3.6 | Pemeriksaan Benda Uji | 33 |
| 3.7 | Pengujian Dengan Alat <i>Marshall</i> | 35 |
| 3.8 | Analisa dan Pembahasan | 35 |
| BAB 4 | HASIL DAN PEMBAHASAN | 37 |
| 4.1 | Pemeriksaan Aspal | 37 |
| 4.2 | Pemeriksaan Gradasi Agregat | 38 |
| 4.2.1. | Analisa Saringan | 38 |
| 4.2.2. | Perhitungan Berat Jenis Agregat | 45 |
| 4.3 | Pemeriksaan Benda Uji | 48 |
| 4.3.1. | Perhitungan Nilai Karakteristik pada Pemeriksaan Uji <i>Marshall</i> | 48 |
| 4.4 | Pembahasan dan Analisis | 51 |
| BAB 5 | KESIMPULAN DAN SARAN | 60 |
| 5.1 | Kesimpulan | 60 |
| 5.2 | Saran | 61 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 62 |
| | LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 2.1 | Ketentuan Untuk Aspal Keras | 6 |
| Tabel 2.1 | Lanjutan | 7 |
| Tabel 2.2 | Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) | 9 |
| Tabel 2.3 | Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston Modifikasi (AC Mod) | 9 |
| Tabel 2.3 | Lanjutan | 10 |
| Tabel 2.4 | Ketentuan Agregat Kasar | 12 |
| Tabel 2.5 | Ketentuan Agregat Halus | 14 |
| Tabel 2.6 | Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal | 18 |
| Tabel 2.7 | Contoh Batas-Batas “Bahan Bergradasi Senjang” | 19 |
| Tabel 2.8 | Angka Korelasi Beban (Stabilitas) | 22 |
| Tabel 4.1 | Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70 (PT. Adhi Karya) | 37 |
| Tabel 4.2 | Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (CA) $\frac{3}{4}$ ” | 38 |
| Tabel 4.3 | Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (MA) $\frac{1}{2}$ ” | 39 |
| Tabel 4.4 | Hasil pemeriksaan analisis saringan abu batu (FA) | 39 |
| Tabel 4.5 | Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus pasir (<i>Natural Sand</i>) | 40 |
| Tabel 4.6 | Hasil pemeriksaan abu cangkang kerang lokan | 40 |
| Tabel 4.7 | Hasil kombinasi gradasi agregat campuran normal | 41 |
| Tabel 4.8 | Hasil perhitungan berat agregat yang dibutuhkan pada benda uji campuran normal | 43 |
| Tabel 4.9 | Hasil kombinasi gradasi agregat untuk campuran <i>filler</i> abu cangkang kerang variasi 2% | 43 |
| Tabel 4.10 | Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji yang menggunakan <i>filler</i> abu cangkang kerang variasi 2% | 45 |
| Tabel 4.11 | Data hasil perhitungan berat jenis agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ ” | 46 |
| Tabel 4.12 | Data hasil perhitungan berat jenis agregat kasar MA $\frac{1}{2}$ ” | 46 |
| Tabel 4.12 | Lanjutan | 47 |
| Tabel 4.13 | Data hasil perhitungan berat jenis agregat halus pasir (<i>Sand</i> .) | 47 |

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 4.14 | Data hasil perhitungan berat jenis agregat halus abu batu (FA). | 48 |
| Tabel 4.15 | Hasil uji <i>Marshall</i> pada aspal campuran normal | 50 |
| Tabel 4.16 | Hasil uji <i>Marshall</i> pada aspal campuran menggunakan <i>filler</i> abu cangkang kerang dengan variasi 2%, 2,5% dan 3%. | 51 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Abu Cangkang Kerang Lokan | 20 |
| Gambar 2.2 | Alat Pengujian <i>Marshall</i> | 20 |
| Gambar 3.1 | Bagan Alir Penelitian | 28 |
| Gambar 4.1 | Grafik Hasil Kombinasi Gradasi Agregat Campuran Normal | 42 |
| Gambar 4.2 | Grafik Hasil Kombinasi Gradasi Agregat Campuran <i>Filler</i> Abu Cangkang Kerang 2% | 44 |
| Gambar 4.3 | Grafik Kadar Aspal Optimum Pada Aspal Normal | 50 |
| Gambar 4.4 | Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Bulk Density</i> (<i>gr/cc</i>) Pada Aspal Campuran Normal | 51 |
| Gambar 4.5 | Grafik Hubungan Antara Kadar Bahan Tambah <i>Filler</i> Abu Cangkang kerang (%) dengan <i>Bulk Density</i> (<i>gr/cc</i>) | 52 |
| Gambar 4.6 | Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Stability</i> (<i>kg</i>) Pada Aspal Campuran Normal | 52 |
| Gambar 4.7 | Grafik Hubungan Antara Kadar Bahan Tambah <i>Filler</i> Abu Cangkang kerang (%) dengan <i>Stability</i> (<i>kg</i>) | 53 |
| Gambar 4.8 | Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Flow</i> (<i>mm</i>) Pada Aspal Campuran Normal | 54 |
| Gambar 4.9 | Grafik Hubungan Antara Kadar Bahan Tambah <i>Filler</i> Abu Cangkang kerang (%) dengan <i>Flow</i> (<i>mm</i>) | 54 |
| Gambar 4.10 | Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Air Voids</i> (%) Pada Aspal Campuran Normal | 55 |
| Gambar 4.11 | Grafik Hubungan Antara Kadar Bahan Tambah <i>Filler</i> Abu Cangkang kerang (%) dengan <i>Air Voids</i> (%) | 55 |
| Gambar 4.12 | Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Void Filleds</i> (%) Pada Aspal Campuran Normal | 56 |
| Gambar 4.13 | Grafik Hubungan Antara Kadar Bahan Tambah <i>Filler</i> Abu Cangkang Kerang (%) Dengan <i>Void Filleds</i> (%) | 56 |
| Gambar 4.14 | Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>VMA</i> (%) Pada Aspal Campuran Normal | 57 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 4.15 | Grafik Hubungan Antara Kadar Bahan Tambah <i>Filler</i> Abu Cangkang Kerang (%) Dengan VMA (%) | 58 |
| Gambar 4.16 | Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan MQ (<i>kg/mm</i>) Pada Aspal Campuran Normal | 59 |
| Gambar 4.17 | Grafik Hubungan Antara Kadar Bahan Tambah <i>Filler</i> Abu Cangkang Kerang (%) Dengan MQ (<i>kg/mm</i>) | 59 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|------------------|--|
| AC | : <i>Asphalt Concrete</i> |
| AC-BC | : <i>Asphalt Concrete - Binder Course</i> |
| AC-WC | : <i>Asphalt Concrete - Wearing Course</i> |
| B _a | : Berat aspal beton padat di dalam air (gr) |
| B _k | : Berat kering aspal beton (gr) |
| B _{ssd} | : Berat kering permukaan jenuh dari aspal beton yang dipadatkan (gr) |
| c | : Berat kering (gr) |
| d | : Berat benda uji jenuh (gr) |
| e | : Berat benda uji dalam air (gr) |
| f | : Volume benda uji (cc) |
| g | : Nilai kepadatan (gr/cc) |
| G _a | : Berat jenis aspal (gr/cc) |
| G _{mb} | : Berat jenis <i>bulk</i> dari aspal beton padat (gr/cc) |
| G _{mm} | : Berat jenis maksimum campuran (gr/cc) |
| G _{sb} | : Berat jenis curah (gr/cc) |
| G _{se} | : Berat jenis efektif agregat (gr/cc) |
| KAO | : Kadar Aspal Optimum (KAO) |
| MQ | : <i>Marshall Quotient</i> (Kg/mm) |
| p | : Kalibrasi |
| P _a | : Kadar aspal terhadap berat aspal beton padat (%) |
| P _s | : Kadar agregat (%) |
| S | : Nilai stabilitas (Kg) |
| VFA | : Rongga terisi aspal (%) |
| VIM | : Rongga udara dalam campuran (%) |
| VMA | : Rongga dalam agregat mineral (%) |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi darat, dengan adanya jalan akses dari suatu daerah ke daerah yang lainnya menjadi semakin mudah untuk dilakukan. Salah satu faktor dibangunnya sebuah jalan adalah akibat perkembangan di suatu daerah, baik perkembangan industri maupun perkembangan ekonomi. Hal tersebut mengakibatkan jumlah kendaraan umum maupun pribadi di jalan raya terus meningkat sebanding dengan kondisi jalan yang akan mengalami penurunan pada pada akhirnya, baik ditinjau dari tingkat pelayanan maupun kondisi struktur perkerasan jalan tersebut.

Pada dasarnya perkerasan jalan terbagi atas 2 jenis, yakni perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Di Indonesia pada umumnya jalan raya menggunakan jenis perkerasan lentur (*flexible pavement*) sebagai konstruksi utama. Perkerasan lentur adalah perkerasan fleksibel yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang direkatkan dengan aspal. Seiring perkembangan teknologi pada konstruksi jalan, banyak inovasi campuran dari perkerasan yaitu salah satunya dengan menambahkan *filler* sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan kualitas pada aspal. *Filler* merupakan material pengisi dalam lapisan aspal dengan syarat lolos saringan No. 200.

Variabel pokok diantara campuran adalah ukuran agregat maksimum, persentasi agregat kasar dan halus serta persentasi yang lolos saringan No. 200. Persentasi yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) biasanya lebih tinggi untuk lapisan permukaan daripada untuk lapisan yang lebih bawah, mengingat penambahan batuan halus akan memudahkan pembentukan dan penyelesaian permukaan dan terciptanya permukaan yang lebih kedap air (Clarkson H. Oglesby R. Gary Hicks, 1996).

Pencampuran material pada perkerasan akan meminimalisir penggunaan aspal. Adapun material yang dapat digunakan sebagai material pencampur aspal salah satunya yaitu cangkang kerang. Pemilihan bahan tersebut karena harganya

yang relatif murah dan mudah didapat karena berasal dari limbah yang tidak dimanfaatkan disekitar Jl. Pantai Sialang Buah. Hal tersebut menjadi sebuah inspirasi untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan abu cangkang kerang ini sebagai *filler* bahan pengisi pada perkerasan aspal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti melakukan penelitian tentang meningkatkan kualitas perkerasan jalan yang ramah lingkungan melalui penulisan tugas akhir dengan judul “Pengaruh Variasi Kadar *Filler* Abu Cangkang Kerang Pada Lapisan *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) Dengan Pengujian *Marshall*”. Diharapkan penulis dapat memberikan pengetahuan dan inovasi yang efisien dalam perkembangan perkerasan konstruksi jalan raya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi kadar *filler* abu cangkang kerang pada lapisan AC-WC terhadap karakteristik *marshall*?
2. Berapa nilai karakteristik *Marshall* yang menggunakan variasi kadar *filler* abu cangkang kerang pada lapisan AC-WC yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018?

1.3 Ruang Lingkup

Agar pembahasan dan penyusunan tugas akhir ini lebih terarah serta tidak menyimpang dari pokok permasalahan maka ruang lingkup penelitian terdiri dari:

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak, Deli Serdang, Sumatera Utara.
2. Ketentuan bahan penelitian antara lain:
 - a. Aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60/70.
 - b. Abu cangkang kerang yang dipakai sebagai *filler* merupakan jenis kerang lokan (*Meretrix*) berasal dari Jl. Pantai Sialang Buah, Kec. Teluk Mengkudu, Kab. Serdang Bedagai, Provinsi Sumatera Utara.
 - c. Kadar *filler* tambahan (*filler added*) abu cangkang kerang yang digunakan yakni 2%, 2,5% dan 3%.

1.4 Tujuan Penelitian

Berkaitan dengan latar belakang dan rumusan masalah yang dikemukakan oleh peneliti, maka dari itu pun ada tujuan penelitian tugas akhir ini, sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi kadar *filler* abu cangkang kerang pada lapisan AC-WC terhadap karakteristik *marshall*.
2. Mengetahui nilai karakteristik *Marshall* yang menggunakan variasi kadar *filler* abu cangkang kerang pada lapisan AC-WC yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat ini diharapkan bermanfaat bagi berbagai pihak yang mau memiliki keterkaitan dalam penelitian lapisan aspal, manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Diharapkan dapat memberi pengetahuan baru yang sesuai dengan bidang ilmu Teknik sipil khususnya yang berkaitan dengan pekerjaan perkerasan jalan raya dengan bahan tambah *filler* yang alami dan lebih ramah lingkungan pada lapisan AC-WC.
2. Diharapkan menjadi referensi untuk penelitian-penelitian lainnya yang berkaitan dengan perkerasan jalan raya.
3. Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi salah satu solusi untuk menyelesaikan masalah yang terkait dengan inovasi terbaru dalam peningkatan kualitas perkerasan jalan dengan memanfaatkan bahan alternatif.

1.6 Sistematika Penelitian

BAB 1 PENDAHULUAN:

Bab ini menyajikan pendahuluan yang meliputi latar belakang masalah, permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA:

Bab ini membahas tentang landasan teori yang mencakup pengertian keadaan sosial ekonomi, prestasi belajar, kerangka berfikir, dan hipotesis.

BAB 3 METODE PENELITIAN:

Bab ini membahas mengenai kerangka penentuan obyek penelitian, metode pengumpulan data, dan analisis data.

BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN:

Bab ini menyajikan tentang laporan hasil penelitian dan pembahasan dari penelitian sehingga data yang ada mempunyai arti.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN:

Bab ini menyajikan kesimpulan hasil penelitian yang ditarik dari Analisa data, hipotesis dan pembahasan serta saran yang memuat masukan-masukan dari penulis yang terkait dengan penelitian dan diuraikan kelemahan penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat tua. Pada temperatur ruang berbentuk padat hingga agak padat, jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan jalan (Asfiati et al., 2022).

Berdasarkan bentuknya, aspal dapat dibedakan dalam 3 jenis yaitu:

1. Aspal keras (*Asphalt Cement*)

Aspal keras ini diperoleh dari proses pengolahan residu/sisa hasil penyulingan minyak bumi jenis *asphalt base crude oil* atau *mixed base crude oil*. Jenis pengolahan sisa minyak bumi untuk memperoleh AC terdiri dari *vacuum and steam refining process* dan *solvent diasphalting process*. Aspal keras bersifat termoplastik artinya pada suhu kamar aspal akan berujud padat dan semakin melunak/mencair apabila suhunya meningkat. Aspal keras yang biasa digunakan yaitu:

- a. AC Pen 40/50
- b. AC Pen 60/70
- c. AC Pen 80/100
- d. AC Pen 120/150
- e. AC Pen 200/300

2. Aspal cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal cair adalah AC yang telah dilarutkan dalam bahan pelarut minyak (*petroleum solvent*). Penggunaan aspal cair sebagai bahan ikat pada campuran dingin-hangat (pemanasan minimum) dengan agregat dingin. Aspal cair tipe RC dan MC digunakan secara luas untuk pekerjaan jalan, *airport*, industri berupa pekerjaan *coating* (*prime coat* dan *tack coat*) dan pembuatan beton aspal campuran dingin (*cold mix*).

3. Aspal emulsi

Aspal emulsi berasal dari AC yang dilarutkan ke dalam air dan diberi bahan pengemulsi/*agent*. Aspal dan air yang dicampur berupa dispersi butiran aspal halus di dalam air. Sebaran butiran halus aspal dapat dipertahankan sehingga tidak berkumpul dan menggumpal dengan penambahan *surface active agent* (emulgator). Keuntungan penggunaan aspal emulsi adalah:

- a. Tidak ada bahaya kebakaran, karena merupakan campuran dingin.
- b. Tidak ada polusi.
- c. Sesuai untuk pekerjaan kecil/*unskilled labour*.
- d. Dapat digunakan pada kondisi agregat kering atau basah.

Kelemahannya adalah aspal emulsi baru dapat berfungsi setelah air menguap dan tidak dapat digunakan untuk lapis permukaan (Koespiadi, 2020).

Menurut Spesifikasi Bina Marga 2018 bahan aspal untuk campuran beraspal adalah:

Tabel 2.1: Ketentuan Untuk Aspal Keras (Bina Marga, 2018).

| No | Jenis Pengujian | Metoda Pengujian | Tipe Aspal Pen. 60-70 | Tipe II Aspal Modifikasi | |
|-----|--|---|-----------------------|---------------------------|------|
| | | | | Elastomer Sintesis | |
| | | | | PG70 | PG76 |
| 1. | Penetrasi pada 25°C (0,1 mm) | SNI 2456:2011 | 60-70 | Dilaporkan ⁽¹⁾ | |
| 2. | Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 ras/detik $\geq 1,0$ kPa, (C°) | SNI 06-6442-2000 | - | 70 | 76 |
| 3. | Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾ | ASTM D2170-10 | ≥ 300 | ≤ 3000 | |
| 4. | Titik Lembek (°C) | SNI 2434:2011 | ≥ 48 | Dilaporkan ⁽²⁾ | |
| 5. | Daktilitas pada 25°C, (cm) | SNI 2432:2011 | ≥ 100 | - | |
| 6. | Titik Nyala (°C) | SNI 2433:2011 | ≥ 232 | ≥ 230 | |
| 7. | Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%) | AASHTO T44-14 | ≥ 99 | ≥ 99 | |
| 8. | Berat Jenis | SNI 2441:2011 | $\geq 1,0$ | - | |
| 9. | Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C) | ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011 | - | $\leq 2,2$ | |
| 10. | Kadar Parafin Lilin (%) | SNI 03-3639-2002 | ≤ 2 | | |

Tabel 2.1: *Lanjutan*

| No | Jenis Pengujian | Metoda Pengujian | Tipe Aspal Pen 60-70 | Tipe II Aspal Modifikasi | |
|---|--|------------------|----------------------|--------------------------|-----------|
| | | | | Elastomer Sintesis | |
| | | | | PG70 | PG76 |
| Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002): | | | | | |
| 11. | Berat yang Hilang (%) | SNI 06-2441-1991 | ≤ 0,8 | ≤ 0,8 | |
| 12. | Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 2,2$ kPa, ($^{\circ}\text{C}$) | SNI 06-6442-2000 | - | 70 | 76 |
| 13. | Penetrasi pada 25°C (%) semula) | SNI 2456:2011 | ≥ 54 | ≥ 54 | ≥ 54 |
| 14. | Daktilitas pada 25°C (cm) | SNI 2432:2011 | ≥ 50 | ≥ 50 | ≥ 25 |
| Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 Mpa | | | | | |
| 15. | Temperatur yang menghasilkan ($G^*\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 ($^{\circ}\text{C}$) | SNI 06-6442-2000 | - | 31 | 34 |

Catatan:

1. Pengujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang disyaratkan. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan untuk aspal dengan penetrasi ≥ 50 adalah ± 4 (0,1 mm) dan untuk aspal dengan penetrasi < 50 adalah ± 2 (0,1 mm), masing-masing dari nilai penetrasi yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.
2. Pengujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang disyaratkan. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan titik lembek diterima adalah $\pm 1^{\circ}\text{C}$ dari nilai titik lembek yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.
3. Viskositas diuji juga pada temperatur 100°C dan 160°C untuk tipe I, untuk tipe II pada temperatur 100°C dan 170°C untuk menetapkan temperatur yang akan diterapkan.
4. Jika untuk pengujian viskositas tidak dilakukan sesuai dengan AASHTO T201-15 maka hasil pengujian harus dikonversikan ke satuan cSt.

Selain itu, menurut spesifikasi Bina Marga 2018, jenis campuran beraspal dibedakan dalam:

1. *Stone Matrix Asphalt (SMA)*

Stone Matrix Asphalt selanjutnya disebut SMA, terdiri dari tiga jenis: SMA Tipis, SMA Halus dan SMA Kasar, dengan ukuran partikel maksimum agregat masing-masing campuran adalah 12,5 mm, 19 mm, 25 mm. Setiap campuran SMA yang menggunakan bahan Aspal *Polymer* disebut masing-masing sebagai SMA Tipis Modifikasi, SMA Halus Modifikasi dan SMA Kasar Modifikasi.

2. Lapisan Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet*)

Lapis Tipis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, HRS Fondasi (*HRS-Base*) dan HRS Lapis Aus (*HRS Wearing Course, HRS-WC*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. HRS-Base mempunyai proporsi fraksi agregat kasar yang lebih besar daripada HRS-WC.

3. Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete, AC*)

Lapis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari tiga jenis: AC Lapis Aus (*AC-WC*), AC Lapis antara (*AC-BC*) dan AC Lapis Fondasi (*AC-Base*) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan aspal *polymer* disebut masing-masing sebagai AC-WC Modifikasi dan *AC-Base* Modifikasi (Bina Marga, 2018).

2.2 Laston

Laston adalah lapis permukaan atau lapis fondasi yang terdiri atas laston aus (*AC-WC*), laston lapis permukaan antara (*AC-BC*) dan laston lapis fondasi (*AC-Base*). Pembuatan lapis aspal beton (laston) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya. Sebagai lapis permukaan, lapis aspal beton juga harus dapat memberikan kenyamanan serta keamanan yang tinggi (Cahyadi & Kasuma, 2018).

Menurut spesifikasi Bina Marga 2018 sesuai fungsinya Laston (AC) mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, disimbolkan dengan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dengan tebal nominal minimum 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan antara, disimbolkan dengan AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) dengan tebal nominal minimum 6 cm.
3. Laston sebagai fondasi, disimbolkan dengan AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*) dengan tebal nominal minimum 7,5 cm (Bina Marga, 2018).

Selain itu, Bina Marga 2018 juga memberikan persyaratan laston dalam lapis perkerasan yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

Tabel 2.2: Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) (Bina Marga, 2018).

| Sifat-sifat Campuran | | Laston | | |
|--|-------|-----------|--------------|---------------------|
| | | Lapis Aus | Lapis Antara | Pondasi |
| Jumlah tumbukan per bidang | | 75 | | 112 ⁽¹⁾ |
| Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif | Min | 0,6 | | |
| | Maks. | 1,2 | | |
| Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾ | Min | 3,0 | | |
| | Maks. | 5,0 | | |
| Rongga dalam agregat (VMA) (%) | Min | 15 | 14 | 13 |
| Rongga terisi aspal (%) | Min | 65 | 65 | 65 |
| Stabilitas marshall (kg) | Min | 800 | | 1800 ⁽³⁾ |
| Pelelehan (mm) | Min | 2 | | 3 |
| | Maks. | 4 | | 6 ⁽³⁾ |
| Stabilitas marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C ⁽⁵⁾ | Min | 90 | | |
| Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) ⁽⁶⁾ | Min | 2 | | |

Tabel 2.3: Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston Modifikasi (AC Mod) (Bina Marga, 2018).

| Sifat-Sifat Campuran | | Laston Modifikasi | | |
|--|-------|-------------------|--------------|---------------------|
| | | Lapis Aus | Lapis Antara | Fondasi |
| Jumlah tumbukan per bidang | | 75 | | 112 ⁽³⁾ |
| Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif | Min | 0,6 | | |
| | Maks. | 1,2 | | |
| Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾ | Min | 3,0 | | |
| | Maks. | 5,0 | | |
| Rongga dalam Agregat (VMA) (%) | Min | 15 | 14 | 13 |
| Rongga Terisi Aspal (%) | Min | 65 | 65 | 65 |
| Stabilitas Marshall (kg) | Min | 1000 | | 2250 ⁽³⁾ |
| Pelelehan (mm) | Min | 2 | | 3 |
| | Maks. | 4 | | 6 ⁽³⁾ |
| Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C | Min | 90 | | |
| Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ⁽⁶⁾ | Min | 2 | | |
| Stabilitas Dinamis, lintasan/mm ⁽⁷⁾ | Min | 2500 | | |

Catatan:

1. Penentuan VCAmix dan VCAdrc sesuai AASHTO R46-08(2012).
VCAmix: voids in coarse aggregate within compacted mixture.
VCAdrc: voids in coarse aggregate fraction in dry-rodged condition.
2. Pengujian *draindown* sesuai AASHTO T305-14.
3. Modifikasi marshall.
4. Rongga dalam campuran dihitung berdasarkan pengujian Berat Jenis Maksimum Agregat (Gmm test, SNI 03-6893-2002).
5. Direksi pekerjaan dapat atau menyetujui AASHTO T283-14 sebagai alternatif pengujian kepekaan terhadap kadar air. Pengkondisian beku cair (*freeze thaw conditioninng*) tidak diperlukan. Nilai Indirect Tensile Strength Retained (ITSR) minimum 80% pada VIM (Rongga dalam Campuran) 7% ±0,5%. Untuk mendapatkan VIM 7%±0,5% buatlah benda uji marshall dengan variasi

tumbukan pada kadar aspal optimum, misal 2x40, 2x50, 2x60 dan 2x75 tumbukan. Kemudian dari setiap benda uji tersebut, hitung nilai VIM dan buat hubungan antara jumlah tumbukan dan VIM. Dari grafik tersebut dapat diketahui jumlah tumbukan yang memiliki nilai VIM $7\pm 0,5\%$ kemudian lakukan pengujian ITSUR untuk mendapatkan *Indirect Tensile Strength Ratio* (ITSUR) sesuai SNI 6753:2008 atau AASTHO T283-14 tanpa pengondisian - $18\pm 3^{\circ}\text{C}$.

6. Untuk menentukan kepadatan membal (refusal), disarankan menggunakan penumbuk bergetar (*vibratory hammer*) agar pecahnya butiran agregat dalam campuran dapat dihindari. Jika digunakan penumbukan manual jumlah tumbukan per bidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 inch dan 400 untuk cetakan berdiameter 4 inch.
7. Pengujian *Wheel Tracking Machine* (WTM) harus dilakukan pada temperatur 60°C . Prosedur pengujian harus mengikuti seperti pada *Technical Guideline for Pavement Design and Construction*, Japan Road Association (JRA 2005).

2.3 Agregat

Agregat adalah suatu material keras dan padat yang terdiri dari batu bulat, kerikil, pasir, batu pecah dan abu batu. Agregat juga merupakan salah satu komponen utama sebagai campuran untuk perkerasan yang akan membentuk suatu kombinasi yang seimbang sebagai pembentuk campuran beraspal, beton ataupun mortar. Sehingga kualitas dari perkerasan jalan sendiri juga ditentukan dari material agregat dan hasil campuran agregat yang dipakai dalam pembuatannya.

Selain itu agregat juga diklasifikasikan berdasarkan ukuran butirannya menurut Spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu:

- a) Agregat kasar, yakni yang tertahan saringan No.4.
- b) Agregat halus, yakni yang lolos saringan No.4 dan tertahan saringan No.200.
- c) Bahan pengisi atau *filler*, termasuk agregat halus yang sebagian besar lolos saringan No.200.

2.3.1. Agregat Kasar

Menurut spesifikasi umum Bina Marga 2018 agregat kasar adalah:

- Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2.3.
- Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.3.
- Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam Tabel 2.3. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih berdasarkan uji menurut SNI 7619:2012.
- Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik (Bina Marga, 2018).

Tabel 2.4: Ketentuan Agregat Kasar (Bina Marga, 2018).

| Pengujian | | Metode Pengujian | Nilai | |
|--|--|-------------------------------------|----------------------|-----------|
| Kekekalan bentuk agregat | | Magnesium sulfat | SNI 3407:2008 | Maks. 12% |
| Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> | Campuran AC Modifikasi dan SMA | 100 putaran | SNI 2417:2008 | Maks. 6% |
| | | 500 putaran | | Maks. 30% |
| | Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya | 100 putaran | | Maks. 8% |
| | | 500 putaran | | Maks. 40% |
| Kelekatan agregat terhadap aspal | | SNI 2439:2011 | Min. 95% | |
| Butir Pecah pada Agregat Kasar | SMA | SNI 7619:2012 | 100/90 ^{*)} | |
| | Lainnya | | 95/90 ^{**)} | |
| Partikel Pipih dan Lonjong | SMA | ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5 | Maks. 5% | |
| | Lainnya | | Maks. 10% | |
| Material Lolos Ayakan No.200 | | SNI ASTM C117:2012 | Maks. 1% | |

Catatan:

- *) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih
- ***) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

2.3.2. Agregat Halus

Menurut spesifikasi umum Bina Marga 2018 Agregat Halus yakni:

- a) Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm).
- b) Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- c) Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan presentase pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.
- d) Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran.

Agregat halus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu.

Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi ketentuan di atas:

- i. Bahan baku untuk agregat halus dicuci terlebih dahulu secara mekanis sebelum dimasukkan ke dalam mesin pemecah batau, atau
- ii. Digunakan *scalping screem* dengan proses berikut ini:
 - Fraksi agregat halus yang diperoleh dari hasil pemecah batu tahap pertama (*primary crusher*) tidak boleh langsung digunakan

- Agregat yang diperoleh dari hasil pemecah batu tahap pertama (*primary crusher*) harus dipisahkan dengan *vibro scalping screen* yang dipasang di antara *primary crusher* dan *secondary crusher*
 - Material tertahan *vibro scalping screen* akan dipecah oleh *secondary crusher*, hasil pengayakannya dapat digunakan sebagai agregat halus
 - Material lolos *vibro scalping screen* hanya boleh digunakan sebagai komponen material Lapis Fondasi Agregat (Bina Marga, 2018).
- e) Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Ketentuan Agregat Halus (Bina Marga, 2018).

| Pengujian | Metode Pengujian | Nilai |
|--|--------------------|-----------|
| Nilai Setara Pasir | SNI 03-4428-1997 | Min. 50% |
| Uji Kadar Rongga Tanpa Pematatan | SNI 03-6877-2002 | Min. 45% |
| Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat | SNI 03-4141-1996 | Maks. 1% |
| Agregat Lolos Ayakan No.200 | SNI ASTM C117:2012 | Maks. 10% |

2.3.3. Bahan Pengisi (*filler*)

Bahan pengisi (*filler*) adalah suatu material yang digunakan sebagai bahan pengisi lapisan aspal yang lolos ayakan No. 200 (*75 micron*) dan tidak kurang dari 75% terhadap total beratnya.

Menurut spesifikasi Bina Marga 2018, bahan pengisi (*filler*) adalah:

- a) Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*) atau debu kapur padam atau debu kapur magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89(2014) atau semen atau abu terbang tipe C dan F yang sumbernya disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras Pen 60-70.
- b) Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012

harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 *micron*) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.

- c) Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) untuk semen harus dalam rentang 1% sampai dengan 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat. Khusus untuk SMA tidak dibatasi kadarnya tetapi tidak boleh menggunakan semen (Bina Marga, 2018).

2.4 Berat Jenis (*Specific Gravity*) dan Penyerapan

Berat jenis suatu agregat merupakan perbandingan massa dari suatu campuran volume pada bahan terhadap massa air dengan volume yang sama pada temperatur $20^{\circ} - 25^{\circ} \text{ C}$ ($68^{\circ} - 77^{\circ} \text{ F}$). Ada beberapa macam berat jenis, yaitu:

- a. Berat jenis curah, ialah perbandingan antara berat satuan volume agregat (termasuk rongga yang berada didalam butir partikel, tetapi tidak termasuk rongga diantara butiran partikel) terhadap berat di udara dan air suling bebas gelembung dalam volume dan temperatur yang sama.
- b. Berat jenis jenuh kering permukaan, ialah perbandingan antara berat dari satuan volume dari agregat (termasuk air yang berada didalam rongga akibat perendaman selama 15 jam – 19 jam, tetapi tidak termasuk rongga diantara butiran partikel) terhadap berat di udara dan air suling bebas gelembung dalam volume dan temperatur yang sama.
- c. Berat jenis semu, ialah perbandingan antara berat dari satuan volume pada bagian yang impermeabel terhadap berat diudara dari air suling bebas gelembung dalam volume dan temperatur yang sama.

Penyerapan air merupakan penambahan dari suatu agregat akibat air yang meresap didalam pori-pori, tetapi tidak termasuk air yang tertahan pada permukaan diluar partikel, ataupun persentase dari berat keringnya (Nasional, 2016).

2.4.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Adapun alat dan prosedur pengujian dilakukan sesuai dengan SNI 1969: 2016. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

- Berat jenis curah (*Bulk specific gravity*)

Berat jenis curah (S_d) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$\text{Berat jenis curah } (S_d) = \frac{A}{B - C} \quad (2.1)$$

- Berat jenis jenuh kering permukaan (*Saturated surface dry*)

Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2.

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan } (S_s) = \frac{B}{B - C} \quad (2.2)$$

- Berat jenis semu (*Apparent specific gravity*)

Berat jenis curah (S_d) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3.

$$\text{Berat jenis curah } (S_d) = \frac{A}{A - C} \quad (2.3)$$

- Penyerapan air (*Absorsi*)

Penyerapan air (A_w) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4.

$$\text{Penyerapan air } (A_w) = \frac{B - A}{A} \times 100\% \quad (2.4)$$

Dengan:

A = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gr)

C = Berat benda uji dalam air (gr) (Nasional, 2016)

2.4.2 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Adapun alat dan prosedur pengujian dilakukan sesuai dengan SNI 1970: 2016. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

- Berat jenis curah (*Bulk specific gravity*)

Berat jenis curah (S_d) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5.

$$\text{Berat jenis curah } (S_d) = \frac{A}{B + 500 - C} \quad (2.5)$$

- Berat jenis jenuh kering permukaan (*Saturated surface dry*)

Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.6.

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan } (S_s) = \frac{500}{B + 500 - C} \quad (2.6)$$

- Berat jenis semu (*Apparent specific gravity*)

Berat jenis curah (S_d) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7.

$$\text{Berat jenis curah } (S_d) = \frac{A}{B + A - C} \quad (2.7)$$

- Penyerapan air (*Absorsi*)

Penyerapan air (A_w) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.8.

$$\text{Penyerapan air } (A_w) = \frac{500 - A}{A} \times 100\% \quad (2.8)$$

Dengan:

A = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gr)

C = Berat benda uji dalam air (gr) (Indonesia & Nasional, 2016)

2.5 Gradasi Agregat Gabungan

Menurut spesifikasi umum Bina Marga 2018 gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.6. Rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.6.

Untuk memperoleh gradasi HRS-WC atau HRS-Base yang senjang, maka paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No.8 (2,36 mm) harus lolos ayakan No.300 (0,600 mm). Bilamana gradasi yang diperoleh tidak memenuhi kesenjangan yang disyaratkan dalam Tabel 2.6 di bawah ini, Pengawas Pekerjaan dapat menerima gradasi tersebut asalkan sifat-sifat campurannya memenuhi ketentuan yang disyaratkan (Bina Marga, 2018).

Tabel 2.6: Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal (Bina Marga, 2018).

| Ukuran Ayakan | | % Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat | | | | | | | |
|---------------|-------|---|--------|--------|----------------|--------|-------------|--------|--------|
| | | Stone Matrix Aspal (SMA) | | | Lataston (HRS) | | Laston (AC) | | |
| ASTM | (mm) | Tipis | Halus | Kasar | WC | Base | WC | BC | Base |
| 1½" | 37,5 | | | | | | | | 100 |
| 1" | 25 | | | 100 | | | | 100 | 90-100 |
| ¾" | 19 | | 100 | 90-100 | 100 | 100 | 100 | 90-100 | 76-90 |
| ½" | 12,5 | 100 | 90-100 | 50-88 | 90-100 | 90-100 | 90-100 | 75-90 | 60-78 |
| 3/8" | 9,5 | 70-95 | 50-80 | 25-60 | 75-85 | 65-90 | 77-90 | 66-82 | 52-71 |
| No.4 | 4,75 | 30-50 | 20-35 | 20-28 | | | 53-69 | 46-64 | 35-54 |
| No.8 | 2,36 | 20-30 | 16-24 | 16-24 | 50-72 | 35-55 | 33-53 | 30-49 | 23-41 |
| No.16 | 1,18 | 14-21 | | | | | 21-40 | 18-38 | 13-30 |
| No.30 | 0,600 | 12-18 | | | 35-60 | 15-35 | 14-30 | 12-28 | 10-22 |
| No.50 | 0,300 | 10-15 | | | | | 9-22 | 7-20 | 6-15 |
| No.100 | 0,150 | | | | | | 6-15 | 5-13 | 4-10 |
| No.200 | 0,075 | 8-12 | 8-11 | 8-11 | 6-10 | 2-9 | 4-9 | 4-8 | 3-7 |

Tabel 2.7: Contoh Batas-batas “Bahan Bergradasi Senjang” (Bina Marga, 2018).

| Ukuran Ayakan | Alternatif 1 | Alternatif 2 | Alternatif 3 | Alternatif 4 |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| % Lolos No.8 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| % Lolos No.30 | Paling sedikit 32 | Paling sedikit 40 | Paling sedikit 48 | Paling sedikit 56 |
| % Kesenjangan | 8 atau kurang | 10 atau kurang | 12 atau kurang | 14 atau kurang |

2.6 Abu Cangkang Kerang Lokan

Menurut Czernin, 1980 dalam (Wahyuni et al., 2013) mengatakan bahwa cangkang kerang adalah cangkang dari hewan *molusca* yang banyak kita temui di daerah perairan muara ataupun pantai. Abu cangkang kerang lokan mengandung senyawa *calcium carbonat* (CaCO_3) apabila dipanaskan akan berubah menjadi Kalsium Oksida (CaO) serta melepaskan Karbon Dioksida (CO_2) ke udara, sehingga hanya tersisa CaO dan silika dimana kandungan tersebut merupakan komponen dalam pembentuk semen.

Cangkang kerang ketika dibakar akan menghilangkan karbon dioksida dan menyisakan kapur tohor. Kapur tohor ini lalu diberi air dengan membiarkannya menyerap air sebanyak yang dapat dilakukannya, yang menyebabkan pembentukan kalsium hidrosida yang disebut sabagai kapur padam (Cahyadi & Kasuma, 2018).

Kapur dalam campuran aspal panas (*hotmix*) memiliki banyak manfaat diantaranya sebagai anti *stripping agent* yang dapat meningkatkan durabilitas atau keawetan kinerja campuran beton aspal dalam menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan, gesekan antara roda dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat cuaca dan iklim. Disamping itu kapur juga berperan sebagai stabilisator guna peningkatan stabilitas campuran sehingga tahan terhadap alur (*rutting*) dan deformasi plastis (Mansyur et al., 2012).



Gambar 2.1: Abu cangkang kerang lokan.

Berdasarkan kandungan yang terdapat pada cangkang kerang setelah pembakaran dan sifat bentuknya menjadi kapur, maka penelitian ini menggunakan cangkang kerang jenis lokan sebagai bahan pengisi (*filler*) yang akan dipakai dalam pembuatan aspal.

2.7 Metode Pengujian *Marshall*

Menurut (Sukirman, 2006), Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian *Marshall*, yang dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh *U.S. Corps Engineer*. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (=5000 lbf) dan *flowmeter* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Alat pengujian *marshall* (Laboratorium PT. Adhi Karya).

Menurut SNI 06-2489-1991 metode pengujian campuran aspal dengan alat *marshall* dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian campuran aspal dengan alat *marshall*. Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan suatu campuran aspal yang memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan di dalam kriteria perencanaan.

Pengujian campuran aspal dengan alat *marshall* yang umum dilakukan untuk menentukan kinerja aspal beton hanya meliputi pengukuran stabilitas dan alir (*flow*) dengan agregat ukuran maksimum 2,54 cm, sedangkan paramater lainnya didapatkan melalui penimbangan benda uji dan perhitungan (Badan Standardisasi Nasional, 1991).

2.7.1. Cara Uji

Menurut SNI 06-2489-1991 cara uji alat *Marshall* dilakukan, sebagai berikut:

Waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendaman atau oven sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.

1. Rendamlah benda uji dalam bak perendaman (*water bath*) selama 30-40 menit dengan suhu tetap 60°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) untuk benda uji yang menggunakan aspal padat, untuk benda uji yang menggunakan aspal cair masukkan benda uji ke dalam oven selama minimum 2 jam dengan suhu tetap 25°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$).
2. Keluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan.
3. Pasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
4. Pasang arloji pengukur alir (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
5. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji.
6. Atur jam arloji tekan pada kedudukan angka nol.
7. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun

seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (*stability*) yang dicapai, untuk benda uji yang tebalnya tidak sebesar 63,5 mm, koreksilah bebannya dengan faktor perkalian yang bersangkutan pada Tabel 2.8.

8. Catat nilai alir (*flow*) yang ditunjukkan arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai (Badan Standardisasi Nasional, 1991).

Tabel 2.8: Angka Korelasi Beban (Stabilitas) (Badan Standardisasi Nasional, 1991).

| Isi benda uji | Tebal benda uji (mm) | Angka korelasi |
|---------------|----------------------|----------------|
| 200 – 213 | 25,4 | 5,56 |
| 214 – 225 | 27,0 | 5,00 |
| 226 – 237 | 28,6 | 4,55 |
| 238 – 250 | 30,2 | 4,17 |
| 251 – 264 | 31,8 | 3,85 |
| 265 – 276 | 33,3 | 3,57 |
| 277 – 289 | 34,9 | 3,33 |
| 290 – 301 | 36,5 | 3,03 |
| 302 – 316 | 38,1 | 2,78 |
| 317 – 328 | 39,7 | 2,50 |
| 329 – 340 | 41,3 | 2,27 |
| 341 – 353 | 42,9 | 2,08 |
| 354 – 367 | 44,4 | 1,92 |
| 368 – 379 | 46,0 | 1,79 |
| 380 – 392 | 47,6 | 1,67 |
| 393 – 405 | 49,2 | 1,56 |
| 406 – 420 | 50,8 | 1,47 |
| 421 – 431 | 52,4 | 1,39 |
| 432 – 443 | 54,0 | 1,32 |
| 444 – 456 | 55,6 | 1,25 |
| 457 – 470 | 57,2 | 1,19 |
| 471 – 482 | 58,7 | 1,14 |
| 483 – 495 | 60,3 | 1,09 |
| 496 – 508 | 61,9 | 1,04 |
| 509 – 522 | 63,5 | 1,00 |
| 523 – 535 | 65,1 | 0,96 |
| 536 – 546 | 66,7 | 0,93 |
| 547 – 559 | 68,3 | 0,89 |
| 560 – 573 | 69,9 | 0,86 |
| 574 – 585 | 71,4 | 0,83 |
| 586 – 598 | 73,0 | 0,81 |
| 599 – 610 | 74,6 | 0,78 |
| 611 – 625 | 76,2 | 0,76 |

Menurut (Sukirman, 2006), setelah uji Marshall dilakukan maka dilanjutkan perhitungan untuk menentukan:

1. Berat Jenis *Bulk* Beton Aspal Padat (G_{mb})

Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat (G_{mb}) diukur dengan menggunakan hukum Archimedes, yaitu:

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a} \quad (2.9)$$

Dengan:

G_{mb} : Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat

B_k : Berat kering beton aspal padat, gram

B_{ssd} : Berat kering permukaan dari beton aspal padat, gram

B_a : Berat beton aspal padat di dalam air, gram

$B_{ssd} - B_a$: Volume *bulk* beton aspal padat, jika berat jenis air diasumsikan 1

2. Berat Jenis Maksimum Beton Aspal Sebelum Dipadatkan (G_{mm})

Berat jenis maksimum dari campuran beton aspal yang belum dipadatkan (G_{mm}) adalah berat jenis campuran beton aspal tanpa rongga udara. Nilai G_{mm} dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_a}{G_a}} \quad (2.10)$$

Dengan:

G_{mm} : Berat jenis maksimum dari campuran beton aspal yang belum di padatkan

A : Berat campuran beton aspal yang belum dipadatkan pada kondisi kering, gram

C : Berat campuran beton aspal yang belum dipadatkan, di dalam air, Gram

3. *Density* (Kepadatan)

Density adalah tingkat kerapatan campuran setelah campuran pada benda uji dipadatkan. Nilai *density* (kepadatan) dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$g = \frac{c}{f} \quad (2.11)$$

$$f = d - e \quad (2.12)$$

Dengan:

g : Nilai kepadatan (gr/cc)

c : Berat kering/sebelum direndam (gr)

d : Berat benda uji jenuh air (gr)

e : Berat benda uji dalam air (gr)

f : Volume benda uji (cc)

4. Volume rongga agregat dalam benda uji (VMA)

Volume rongga dalam agregat campuran (VMA = *Voids in the Mineral Aggregate*), adalah banyaknya rongga di antara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase terhadap volume *bulk* beton aspal padat. Nilai VMA dapat dihitung melalui 2 cara yaitu:

- a. Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persentase dari berat beton aspal padat. Maka nilai VMA dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$VMA = \left(100 - \frac{G_{mb}P_s}{G_{sb}}\right)\% \quad (2.13)$$

Dengan:

VMA : Volume rongga agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

G_{mb} : Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat

P_s : Kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat

G_{ab} : Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat

- b. Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persentase dari berat agregat. Maka nilai VMA dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$VMA = \left(100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100+P_{a1}} 100\right) \% \quad (2.14)$$

Dengan:

VMA : Volume rongga antara butir agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

G_{mb} : Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat

P_{a1} : Kadar aspal, % terhadap berat agregat

G_{sb} : Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat

5. Volume rongga benda uji (VIM)

Volume rongga dalam beton aspal padat (VIM) adalah volume rongga di antara butir-butir agregat yang diselimuti aspal atau volume rongga dalam beton aspal padat. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat. Nilai VIM dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$VIM = \left(100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}\right) \% \quad (2.15)$$

Dengan:

VIM : Volume rongga dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

G_{mm} : Berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan

G_{mb} : berat jenis *bulk* dari beton aspal padat

6. Volume rongga agregat yang terisi oleh aspal (VFA)

VFA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk di dalamnya aspal yang menyerap di dalam pori masing-masing butir agregat. VFA berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, menjadi film atau selimut aspal. Nilai VFA dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$VFA = \frac{(VMA-VIM)}{VMA} \times 100 \quad (2.16)$$

Dengan:

VFA : Volume rongga antara butir agregat yang terisi aspal % dari VMA

VMA : Volume rongga antara butir agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

VIM : Volume rongga dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

7. Kelelehan (*Flow*)

Flow adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat yang terjadi akibat adanya beban sampai batas keruntuhan. Tingkat kelelehan pada suatu campuran yang dimana ketika diuji dalam keadaan suhu ekstrim yakni 60⁰ C. Kelelehan (*flow*) ini dapat dihitung/dibaca pada arloji pengukur kelelehan.

8. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh dari nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Stabilitas merupakan yang menunjukkan batas maksimum beban yang diterima oleh campuran beraspal yang mengalami keruntuhan dan dinyatakan dalam kilogram (Besouw et al., 2019).

Nilai stabilitas dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = p \times q \quad (2.17)$$

Dengan:

S : Nilai stabilitas (kg)

p : Pembacaan arloji tekan x kalibrasi alat

q : Angka koreksi tebal benda uji

9. Marshall Quotient (MQ)

Marshall quotient adalah hasil bagi antara stabilitas dengan kelelehan (*flow*). Semakin tinggi nilai *marshall quotient*, maka akan semakin tinggi kekakuan dari campuran serta semakin rentan campuran tersebut yang akan diserap oleh agregat (Besouw et al., 2019).

Nilai *marshall quotient* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (2.18)$$

Dengan:

MQ : Nilai *marshall quotient* (kg)

S : Nilai stabilitas (kg)

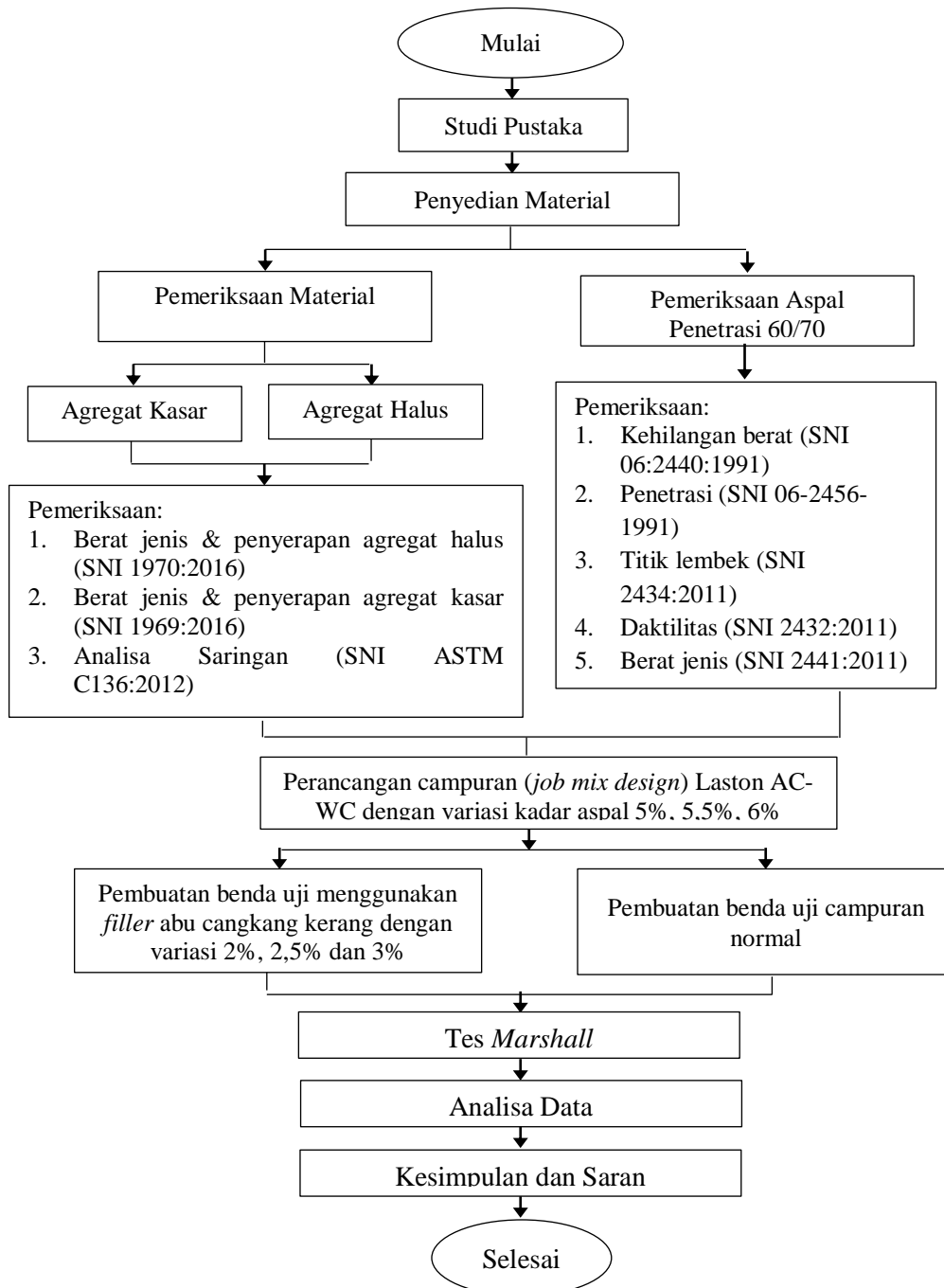
F : Nilai *flow* (mm)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menyusun kegiatan secara sistematis yang dilakukan dengan tujuan untuk mengoptimalkan dalam perencanaan.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian

3.1.1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

- a. Analisa saringan agregat
- b. Berat jenis dan penyerapan
- c. Variasi penggunaan abu cangkang kerang pada campuran aspal (*Job Mix Design*)
- d. Uji *marshall*.

3.1.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapat dari beberapa buku atau jurnal yang berhubungan dengan konstruksi jalan (literatur) dan didapat dari suatu perusahaan yang terkait. Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia serta buku-buku atau literatur merupakan penunjang guna memperkuat suatu penelitian yang akan dilaksanakan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak, Deli Serdang, Sumatera Utara. Penelitian dimulai pada tanggal 18 Juli 2022 – 08 Agustus 2022.

3.3 Bahan dan Peralatan

3.3.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian dibedakan menjadi dua, yakni bahan yang akan diuji dan bahan penunjang sebagai bahan yang menunjang proses pengujian. Bahan pengujian dalam penelitian ini adalah aspal, sedangkan bahan penunjangnya yaitu agregat halus, agregat kasar dan abu cangkang kerang lokan.

1. Aspal penetrasi 60/70
2. Agregat Halus
3. Agregat Kasar
4. Abu Cangkang Kerang Lokan.

3.3.2. Peralatan

Alat penelitian adalah semua benda yang akan dipakai untuk menunjang dalam pelaksanaan proses penelitian. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat Pengujian Aspal

Alat yang digunakan dalam pengujian aspal meliputi satu set alat pengujian berat jenis, pengujian titik lembek, pengujian titik nyala dan bakar serta satu alat pengujian penetrasi.

Berikut adalah alat-alat yang digunakan untuk pengujian:

a. Alat-alat pengujian berat jenis aspal

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian berat jenis aspal antara lain sebagai berikut:

- 1) Neraca *Ohaus*
- 2) *Picnometer* labu

b. Alat-alat pengujian titik lembek

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian titik lembek aspal antara lain sebagai berikut:

- 1) Cincin penguji
- 2) Bola baja
- 3) Termometer
- 4) Dudukan benda uji
- 5) Gelas ukur
- 6) Kompor listrik
- 7) Plat penghantar/kawat kassa
- 8) Penjepit termometer
- 9) *Stopwatch*

c. Alat-alat pengujian penetrasi aspal

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian penetrasi aspal antara lain sebagai berikut:

- 1) Penetrometer
- 2) Jarum penetrasi
- 3) *Stopwatch*

- 4) Cawan
 - 5) Termometer
2. Alat-Alat Pengujian Agregat
- a. Satu set alat pengujian analisa saringan
Satu set saringan adalah saringan yang digunakan dengan ukuran 37,5 mm (1 1/2"); 25 mm (1"); 19 mm (3/4"); 12,5 mm (1/2"); 9,5 mm (3/8"); 4,75 mm (No.4); 2,36 mm (No.8); 1,18 mm (No.16); 0,600 mm (No.30); 0,300 mm (No.50); 0,150 mm (No.100); 0,075 mm (No.200). Semua saringan disusun berurutan dimulai dari ukuran saringan yang terkecil di posisi paling bawah sampai ukuran terbesar di posisi paling atas.
 - b. Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapan
Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapan meliputi timbangan, oven, piring seng, alat uji SSD (*Saturated Surface Dry*) dan gelas ukur.
3. Alat-Alat Pembuat Benda Uji
- Untuk membuat benda uji alat-alat yang digunakan berupa cetakan benda uji (*mould*), penumbuk benda uji dan landasannya, dongkrak (pengeluar benda uji), termometer, kompor listrik, wadah pencampur, piring, kertas penyaring, sarung tangan dan spatula.
- a. Alat cetak benda uji (*Mould*)
 - b. Alat penumbuk benda uji beserta landasan penumbuk
 - c. Dongkrak (alat pengeluar benda uji)
 - d. Alat pengujian benda uji dengan metode *marshall*
Alat yang digunakan dalam pengujian *marshall* terhadap benda uji berupa *marshall test*, bak perendam, termometer, sarung tangan, kompor listrik dan lain-lain.

3.4 Persiapan Material

Pada dasarnya penelitian ini memiliki beberapa langkah dalam pengerjaannya. Diawali dengan menetapkan komposisi campuran yang akan digunakan, persiapan material, pemeriksaan material, pembuatan benda uji, perawatan dan pengujian benda uji. Semua tahapan-tahapan penelitian diatas, mengacu pada standar peraturan pengerjaan aspal yang disesuaikan dengan

kondisi laboratorium. Sebagian langkah pemeriksaan material hanya dibatasi pada pemeriksaan karakteristik saja, karena dianggap penting dalam perhitungan komposisi campuran. Namun tidak semua material dapat diperiksa karakteristiknya. Tidak dilakukan pemeriksaan terhadap air dan material aditif.

Semua material (aspal, agregat) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari tempat yang berbeda. Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat kasar (*Split*)

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat alami yang dipecahkan (batu pecah), agregat kasar ini berasal dari Sei Wampu, Langkat.

2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasir, agregat halus ini berasal dari Sei Wampu, Langkat.

3. *Filler*

Penelitian ini merupakan eksperimen dari penambahan *filler* yang dikombinasikan dengan aspal. *Filler* yang digunakan berupa abu cangkang kerang lokan.

a. Cangkang Kerang Lokan

1) Cangkang kerang lokan didapatkan dari Jl. Pantai Sialang Buah, Kec. Teluk Mengkudu, Kab. Serdang Bedagai, Provinsi Sumatera Utara.

2) Tahap Pengolahan:

a) Cangkang kerang lokan yang telah dikumpulkan dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran sampai airnya jernih dan keringkan sebentar.

b) Siapkan alat pembakaran untuk cangkang kerang lokan berupa tungku pembakar dari susunan batu bata, kayu bakar dan kawat besi.

c) Cangkang kerang lokan dibakar di atas kawat besi yang sudah disusun dengan api menyala ± 25 menit diatas suhu 110° C.

d) Cangkang kerang lokan diangkat dari perapian setelah menjadi rapuh dan mudah dihancurkan, hal ini dapat dilihat dari kulit cangkang kerang yang berubah warna menjadi putih.

- e) Sebelum dihancurkan, cangkang kerang lokan dibersihkan kembali dari debu bekas pembakaran menggunakan busa kawat cuci piring lalu ditumbuk sampai menjadi halus.
- f) Setelah penumbukan, cangkang kerang lokan disaring dengan saringan No.200. Abu cangkang kerang lokan yang lolos saringan No.200 akan dipakai sebagai *filler* bahan pengisi pada aspal dan ditimbang sebanyak yang dibutuhkan untuk membuat benda uji. (Tripoli & Kesuma, 2020)

4. Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 yang terdapat di Laboratorium PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak, Deli Serdang, Sumatera Utara.

3.5 Pemeriksaan Agregat

Agregat halus dan kasar yang berasal dari Binjai tentunya juga dilakukan pemeriksaan yang dibuat untuk memenuhi standar agregat sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan. Pemeriksaan agregat ini antara lain sebagai berikut:

1. Pemeriksaan gradasi agregat.
2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969:2016).
3. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970:2016).

3.6 Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini membuat benda uji dengan sebanyak 27 benda uji, dimana menggunakan tiga variasi *filler* cangkang kerang lokan yang berbeda, yaitu 2%, 2,5% dan 3% dengan kadar aspal 5%, 5,5% dan 6% masing-masing dibuat sebanyak 3 benda uji. Untuk campuran normal dibuat benda uji sebanyak 9 benda uji dengan kadar aspal 5%, 5,5% dan 6% masing-masing dibuat sebanyak 3 benda uji. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan benda uji pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Menyiapkan semua bahan benda uji berupa aspal, agregat kasar, agregat halus dan *filler* abu cangkang kerang lokan kemudian dimasukkan ke dalam plastik sesuai dengan komposisi yang sudah direncanakan.

2. Menyiapkan semua peralatan pembuatan benda uji yang akan digunakan di laboratorium.
3. Memanaskan agregat dan *filler* abu cangkang kerang lokan di dalam wajan, sangrai sampai suhu mencapai 150⁰ C.
4. Setelah semua bahan mencapai suhu yang telah ditentukan, kemudian aspal yang sudah ditimbang dimasukkan ke dalam campuran tersebut, aduk-aduk hingga campuran tercampur dengan merata. Suhu maksimal pencampuran bahan ditetapkan sekitar 160⁰ C.
5. Menyiapkan cetakan benda uji (*mould*) lengkap dengan alas cetakan yang sudah diolesi dengan minyak pelumas dan dipanaskan. Selanjutnya memberi kertas penyaring atau lakmus pada bagian dasar cetakan atau diatas alas cetakan.
6. Memasukkan campuran aspal, agregat dan *filler* yang sudah dicampur rata dengan suhu maksimal pencampuran ke dalam cetakan sembari ditusuk-tusuk dengan sendok tusuk agar campuran tersebut padat dan tidak banyak rongga di dalam campuran. Penusukan dengan sendok dilakukan dengan prosedur menusuk pada bagian pinggir dan bagian tengah sebanyak 10 kali serta ratakan.
7. Langkah selanjutnya dilakukan penumbukkan benda uji dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali karena untuk lalu lintas berat. Kemudian balikkan cetakan dan ditumbuk kembali sebanyak 75 kali tumbukan.
8. Setelah dilakukan penumbukkan, benda uji dikeluarkan dari cetakan menggunakan alat dongkrak hidrolik secara satu persatu.
9. Letakkan benda uji diatas tempat dan berikan kode pengenal pada benda uji sesuai dengan kebutuhan agar tidak tertukar dengan benda uji yang lain.
10. Benda uji tersebut kemudian didiamkan sampai agak mengeras, kemudian benda uji ditimbang untuk mendapatkan nilai berat benda uji kering.
11. Benda uji kemudian direndam selama ± 24 jam.
12. Setelah benda uji direndam dalam waktu ± 24 jam, kemudian benda uji dikeluarkan dari bak perendam lalu dibersihkan menggunakan kain lap sampai dalam keadaan SSD atau dalam keadaan jenuh kering permukaan.

13. Benda uji kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai berat benda uji SSD (*saturated surface dry*).
14. Setelah itu, benda uji ditimbang di dalam air untuk mendapatkan nilai berat benda uji dalam air.
15. Kemudian dilakukn pengujian dengan alat *marshall* terhadap masing-masing benda uji.

3.7 Pengujian dengan Alat Marshall

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian *marshall* antara lain sebagai berikut:

1. Rendamlah benda uji dalam bak perendam (*water bath*) pada suhu tetap 60° C ($\pm 1^{\circ}$ C) selama 30 – 40 menit.
2. Bersihkan terlebih dahulu bagian dalam permukaan kepala penekan dan beri oli agar benda uji mudah dilepaskan dari cetakan setelah pengujian.
3. Selanjutnya benda uji dikeluarkan dari bak perendam (*waterbath*) dan letakkan benda uji di tengah pada bagian bawah kepala penekan. Lalu letakkan bagian atas kepala penekan dan alat pemasangan yang sudah lengkap tersebut diletakkan di tengah alat pembebanan.
4. Kemudian kepala penekan dinaikkan sampai menyentuh dudukan arloji kelelehan diatas salah satu batang penuntun. Selanjutnya atur kedudukan jarum arloji penekan.
5. Proses pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 50 mm per menit, kemudian baca dan catat nilai alir (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai.
6. Setelah pengujian selesai, benda uji dikeluarkan dari alat *marshall*. Waktu yang diperlukan untuk mengeluarkan benda uji tidak boleh lebih dari 30 detik.
7. Lalu ukur diameter dan tebal benda uji setelah pengujian.

3.8 Analisa Dan Pembahasan

Sesuai dengan acuan pada penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini hanya difokuskan pada pembahasan mengenai pengaruh kualitas dari campuran aspal beton terhadap pengujian *marshall* dimana perhitungannya meliputi: *Bulk*

density, stabilitas (Stability), pelepasan (Flow), air voids (VIM), void filled (VFA), VMA dan MQ (Marshall Quotient).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Aspal

Pada pemeriksaan aspal ini dilakukan beberapa pengujian pada aspal diantaranya yaitu, pengujian kehilangan berat, pengujian penetrasi, pengujian titik lembek, pengujian daktilitas dan pengujian berat jenis aspal. Aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat pada pembuatan benda uji campuran aspal dalam penelitian ini adalah aspal keras Pertamina Penetrasi 60/70. Data hasil pemeriksaan uji aspal didapat dari data sekunder. Dari pemeriksaan propertis aspal keras yang telah dilakukan oleh perusahaan dan diuji di Laboratorium Pengujian Bahan Konstruksi Jalan Dan Jembatan BPJN-Sumatera Utara maka diperoleh hasilnya seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70 (PT. Adhi Karya).

| Propertis Aspal | | | | | |
|-----------------|---|------------------|-----------|-------------|----------------|
| No | Jenis Pengujian | Metode Pengujian | Hasil Uji | Spesifikasi | Satuan |
| 1. | Penetrasi Pada 25 ^o C | SNI 2456:2011 | 64,1 | 60-70 | 0,1 mm |
| 2. | Titik Lembek | SNI 2434:2011 | 48 | ≥ 48 | ^o C |
| 3. | Daktilitas Pada 25 ^o C, 5 cm/menit | SNI 2432:2011 | ≥ 140 | ≥ 100 | Cm |
| 4. | Titik Nyala (^o C) | SNI 2433:2011 | 310 | ≥ 232 | ^o C |
| 5. | Berat Jenis | SNI 2441:2011 | 1,204 | ≥ 1,0 | |
| 6. | Kehilangan Berat (RTFOT) | SNI 06-2441-1991 | 0,0002 | ≤ 0,8 | % |
| 7. | Kelarutan | AASHTO T 44-03 | 99,35% | ≥ 99 | % |

4.2 Pemeriksaan Gradasi Agregat

4.2.1 Analisa Saringan

Dalam pembuatan aspal beton (laston) AC-WC komponen utama pembentuknya adalah aspal dan agregat. Untuk menentukan suatu gradasi agregat pada lapisan AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) terdapat agregat kasar yang terdiri dari batu pecah dengan ukuran 3/4” dan 1/2”, agregat halus terdiri dari pasir, sedangkan untuk bahan pengisi terdiri dari abu batu dan cangkang kerang sebagai bahan tambah pada *filler*. Untuk mendapatkan aspal beton yang berkualitas baik harus dengan melakukan pemeriksaan gradasi agregat terlebih dahulu dan harus memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 yang telah ditetapkan sesuai acuan (SNI-ASTM-C136-2012). Dari percobaan analisis saringan yang telah dilakukan hasil gradasi agregat dapat dilihat pada Tabel 4.2 – 4.6.

Tabel 4.2 : Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (CA) 3/4”.

| Nomor Saringan | Ukuran (mm) | % lolos saringan |
|----------------|-------------|------------------|
| 1 1/2” | 37.5 | 100.00 |
| 1 | 25.4 | 100.00 |
| 3/4” | 19.1 | 100.00 |
| 1/2” | 12.7 | 56.11 |
| 3/8” | 9.5 | 13.54 |
| No. 4 | 4.76 | 1.25 |
| No. 8 | 2.88 | 0.00 |
| No. 16 | 1.19 | 0.00 |
| No. 30 | 0.595 | 0.00 |
| No. 50 | 0.297 | 0.00 |
| No. 100 | 0.150 | 0.00 |
| No. 200 | 0.074 | 0.00 |

Tabel 4.3: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (MA) ½”.

| Nomor Saringan | Ukuran (mm) | % lolos saringan |
|----------------|-------------|------------------|
| 1” | 25.4 | 100.00 |
| ¾” | 19.1 | 100.00 |
| ½” | 12.7 | 100.00 |
| 3/8” | 9.5 | 78.99 |
| No. 4 | 4.76 | 32.43 |
| No. 8 | 2.88 | 11.37 |
| No. 16 | 1.19 | 8.47 |
| No. 30 | 0.595 | 5.14 |
| No. 50 | 0.297 | 4.46 |
| No. 100 | 0.15 | 3.31 |
| No. 200 | 0.074 | 1.07 |

Tabel 4.4: Hasil pemeriksaan analisis saringan abu batu (FA).

| Nomor saringan | Ukuran (mm) | % lolos saringan |
|----------------|-------------|------------------|
| 1” | 25.4 | 100.00 |
| ¾” | 19.1 | 100.00 |
| ½” | 12.7 | 100.00 |
| 3/8” | 9.5 | 100.00 |
| No. 4 | 4.76 | 97.72 |
| No. 8 | 2.88 | 76.69 |
| No. 16 | 1.19 | 53.16 |
| No. 30 | 0.595 | 36.79 |
| No. 50 | 0.297 | 25.75 |
| No. 100 | 0.15 | 17.10 |
| No. 200 | 0.074 | 10.77 |

Tabel 4.5: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus pasir (*Natural Sand*).

| Nomor saringan | Ukuran (mm) | % lolos saringan |
|-----------------|-------------|------------------|
| 1 | 25.4 | 100.00 |
| $\frac{3}{4}$ " | 19.1 | 100.00 |
| $\frac{1}{2}$ " | 12.7 | 100.00 |
| $\frac{3}{8}$ " | 9.5 | 100.00 |
| No. 4 | 4.76 | 100.00 |
| No. 8 | 2.88 | 93.51 |
| No. 16 | 1.19 | 80.20 |
| No. 30 | 0.595 | 45.61 |
| No. 50 | 0.297 | 14.20 |
| No. 100 | 0.15 | 5.01 |
| No. 200 | 0.074 | 1.73 |

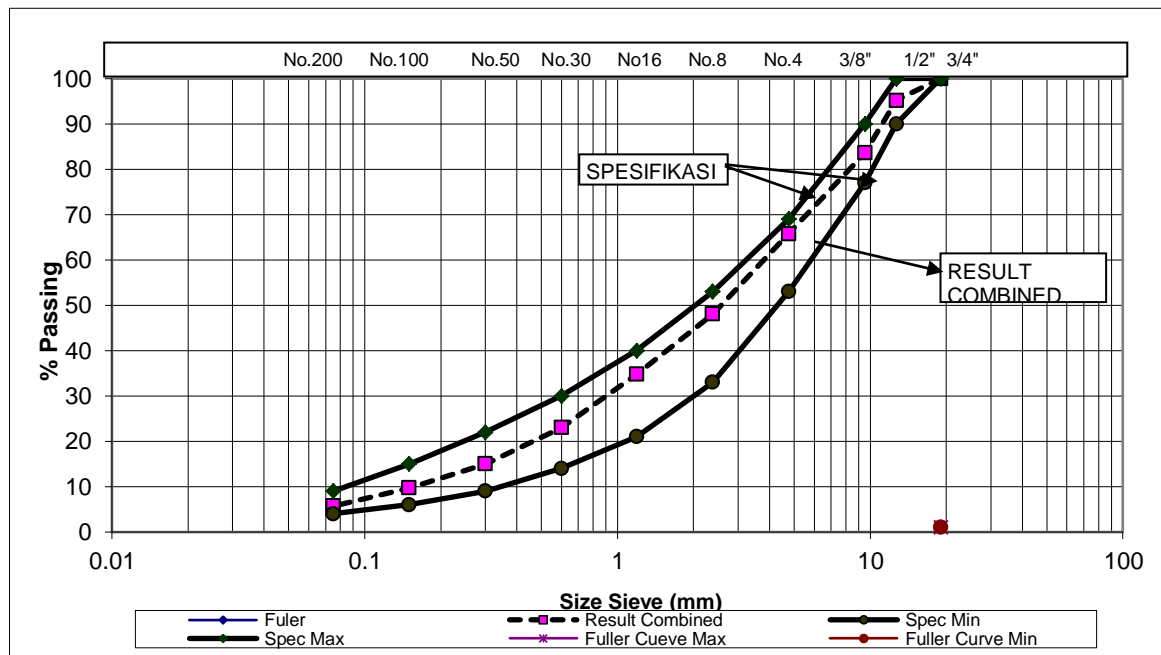
Tabel 4.6: Hasil pemeriksaan abu cangkang kerang lokan.

| Nomor saringan | Ukuran (mm) | % lolos saringan |
|----------------|-------------|------------------|
| 1 | 25.4 | 100.00 |
| $\frac{3}{4}$ | 19.1 | 100.00 |
| $\frac{1}{2}$ | 12.7 | 100.00 |
| $\frac{3}{8}$ | 9.5 | 100.00 |
| No. 4 | 4.76 | 100.00 |
| No. 8 | 2.88 | 100.00 |
| No. 16 | 1.19 | 100.00 |
| No. 30 | 0.595 | 100.00 |
| No. 50 | 0.297 | 89.44 |
| No. 100 | 0.15 | 59.17 |
| No. 200 | 0.074 | 54.95 |

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen berat yang lolos terhadap total agregat dan bahan pengisi, dimana harus memenuhi jarak terhadap batas-batas pada campuran laston AC-WC yang berada diantara batas *maximal* dan *minimum* yang telah disyaratkan sesuai dengan spesifikasi umum Bina Marga 2018. Berdasarkan hasil pemeriksaan analisa saringan maka kombinasi gradasi agregat didapat seperti pada Tabel 4.7 dan 4.9.

Tabel 4.7: Hasil kombinasi gradasi agregat campuran normal.

| No. Saringan | Batas Spesifikasi | | Kombinasi Agregat | | | | AVG |
|-----------------|-------------------|-----|-------------------|-----------------|-------|------|-------|
| | | | $\frac{3}{4}$ " | $\frac{1}{2}$ " | FA | Sand | |
| | | | 11% | 33% | 48% | 8% | |
| $\frac{3}{4}$ " | 100 | 100 | 11.00 | 33.00 | 48.00 | 8.00 | 100 |
| $\frac{1}{2}$ " | 100 | 90 | 6.17 | 33.00 | 48.00 | 8.00 | 95.17 |
| $\frac{3}{8}$ " | 90 | 77 | 1.49 | 26.07 | 48.00 | 8.00 | 83.55 |
| No. 4 | 69 | 53 | 0.14 | 10.70 | 46.90 | 8.00 | 65.75 |
| No. 8 | 53 | 33 | 0.00 | 3.75 | 36.81 | 7.48 | 48.04 |
| No. 16 | 40 | 21 | 0.00 | 2.79 | 25.52 | 6.42 | 34.73 |
| No. 30 | 30 | 14 | 0.00 | 1.70 | 17.66 | 3.65 | 23.01 |
| No. 50 | 22 | 9 | 0.00 | 1.47 | 12.36 | 1.14 | 14.97 |
| No. 100 | 15 | 6 | 0.00 | 1.09 | 8.21 | 0.40 | 9.70 |
| No. 200 | 9 | 4 | 0.00 | 0.35 | 5.17 | 0.14 | 5.66 |



Gambar 4.1: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat campuran normal.

Dari hasil pengujian analisis saringan di dapat hasil kombinasi gradasi agregat yang telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

Data persen agregat yang diperoleh:

- Agregat kasar CA = 11 %
- Agregat kasar MA ½ = 33 %
- Agregat halus abu batu (FA) = 48 %
- Agregat halus pasir (*Natural Sand*) = 8 %

Setiap benda uji menggunakan agregat sebanyak 1200 gram sehingga menghasilkan diameter benda uji sekitar 10,2 cm dan tebal ± 6,5 cm.

$$\text{Aspal} = \text{berat sampel} \times \% \text{ kadar aspal (gram)}$$

$$\text{CA } \frac{3}{4} = (\text{berat sampel} - \text{aspal}) \times \% \text{ CA } \frac{3}{4} \text{ (gram)}$$

$$\text{MA } \frac{1}{2} = (\text{berat sampel} - \text{aspal}) \times \% \text{ MA } \frac{1}{2} \text{ (gram)}$$

$$\text{FA} = (\text{berat sampel} - \text{aspal}) \times \% \text{ FA (gram)}$$

$$\text{Sand} = (\text{berat sampel} - \text{aspal}) \times \text{Sand (gram)}$$

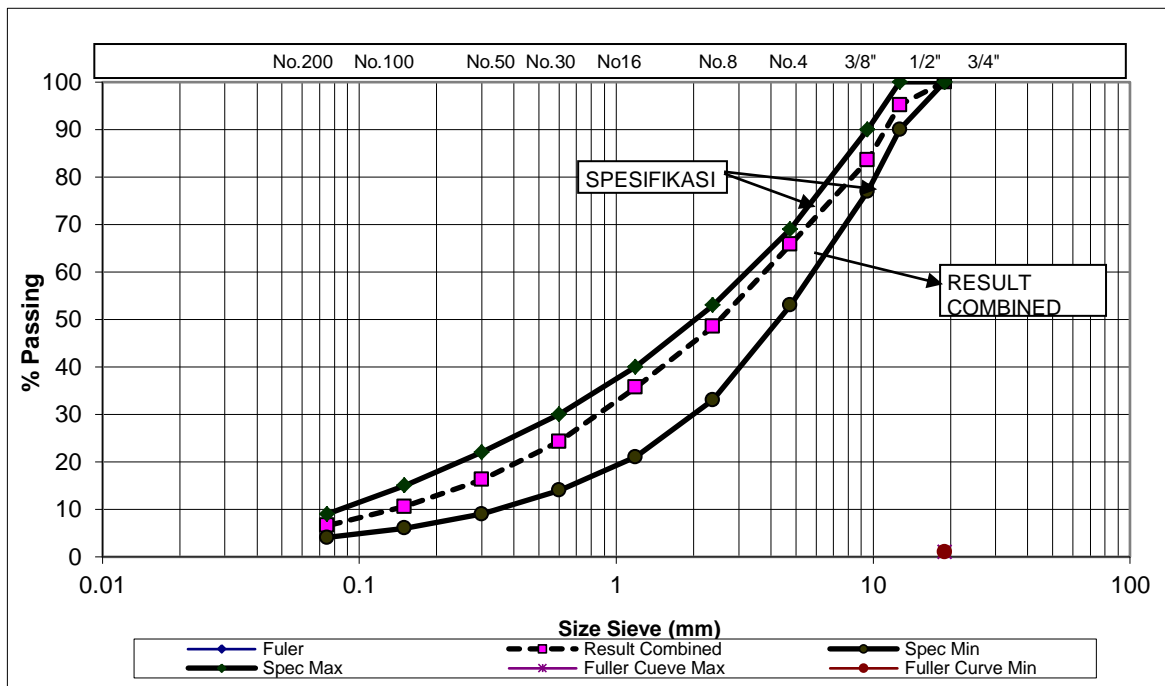
Hasil perhitungan setiap sampel benda uji dengan kadar aspal 5%, 5,5% dan 6% dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Hasil perhitungan berat agregat yang dibutuhkan pada benda uji campuran normal.

| Kadar Aspal (%) | Aspal (gram) | CA ¾" | MA ½" | FA (gram) | Sand (gram) |
|-----------------|--------------|--------|--------|-----------|-------------|
| 5 % | 60 | 125.40 | 376.20 | 547.20 | 91.20 |
| 5,5 % | 66 | 124.74 | 374.22 | 544.32 | 90.72 |
| 6 % | 72 | 124.08 | 372.24 | 541.44 | 90.24 |

Tabel 4.9: Hasil kombinasi gradasi agregat untuk campuran *filler* abu cangkang kerang variasi 2%.

| No. Saringan | Batas Spesifikasi | | Kombinasi Agregat | | | | | AVG |
|--------------|-------------------|-----|-------------------|-------|-------|------|--------|-------|
| | | | ¾" | ½" | FA | Sand | Filler | |
| | | | 11% | 33% | 46% | 8% | 2% | |
| ¾" | 100 | 100 | 11.00 | 33.00 | 46.00 | 8.00 | 2.00 | 100 |
| ½" | 100 | 90 | 6.17 | 33.00 | 46.00 | 8.00 | 2.00 | 95.17 |
| 3/8" | 90 | 77 | 1.49 | 26.07 | 46.00 | 8.00 | 2.00 | 83.55 |
| No. 4 | 69 | 53 | 0.14 | 10.70 | 44.95 | 8.00 | 2.00 | 65.79 |
| No. 8 | 53 | 33 | 0.00 | 3.75 | 35.28 | 7.48 | 2.00 | 48.51 |
| No. 16 | 40 | 21 | 0.00 | 2.79 | 24.45 | 6.42 | 2.00 | 35.66 |
| No. 30 | 30 | 14 | 0.00 | 1.70 | 16.93 | 3.65 | 2.00 | 24.27 |
| No. 50 | 22 | 9 | 0.00 | 1.47 | 11.84 | 1.14 | 1.79 | 16.24 |
| No. 100 | 15 | 6 | 0.00 | 1.09 | 7.87 | 0.40 | 1.18 | 10.54 |
| No. 200 | 9 | 4 | 0.00 | 0.35 | 4.95 | 0.14 | 1.10 | 6.54 |



Gambar 4.2: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat campuran *filler* abu cangkang kerang 2%

Dari hasil pengujian analisis saringan di dapat hasil kombinasi gradasi agregat yang telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

Data persen agregat yang diperoleh:

- Agregat kasar CA = 11%
- Agregat kasar MA ½ = 33 %
- Agregat halus abu batu (FA) = 46 %
- Agregat halus pasir (*Natural Sand*) = 8 %
- Abu cangkang kerang lokan (*filler*) = 2 %

Setiap benda uji menggunakan agregat sebanyak 1200 gram sehingga menghasilkan diameter benda uji sekitar 10,2 cm dan tebal ± 6,5 cm.

- Aspal = berat sampel x % kadar aspal (*gram*)
- CA ¾ = (berat sampel – aspal) x % CA ¾ (*gram*)
- MA ½ = (berat sampel – aspal) x % MA ½ (*gram*)
- FA = (berat sampel – aspal) x % FA (*gram*)
- *Sand* = (berat sampel – aspal) x *Sand* (*gram*)
- *Filler* = (berat sampel – aspal) x % *filler* (*gram*)

Hasil perhitungan untuk setiap sampel benda uji menggunakan kadar aspal 5%, 5,5% dan 6% pada campuran *filler* abu cangkang kerang dengan variasi 2 % dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji yang menggunakan *filler* abu cangkang kerang variasi 2%.

| Kadar Aspal (%) | Aspal (gram) | CA ¾” (gram) | MA ½” (gram) | FA (gram) | Cangkang Kerang (gram) | Pasir (gram) |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|-----------|------------------------|--------------|
| 5 % | 60 | 125.40 | 376.20 | 524.20 | 22.80 | 91.20 |
| 5,5 % | 66 | 124.74 | 374.22 | 521.64 | 22.68 | 90.72 |
| 6 % | 72 | 124.08 | 372.24 | 518.88 | 22.56 | 90.24 |

Untuk hasil kombinasi gradasi agregat pada campuran *filler* abu cangkang kerang variasi 2,5% dan 3% beserta grafik hasil kombinasi gradasi agregat secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 6 – Lampiran 7.

4.2.2 Perhitungan Berat Jenis Agregat

Berat jenis suatu agregat yang digunakan pada suatu rancangan campuran aspal sangat berpengaruh terhadap banyaknya rongga udara yang diperhitungkan sehingga mendapatkan suatu campuran aspal yang berkualitas baik. Berat jenis efektif dianggap paling mendekati nilai sebenarnya untuk menentukan besarnya rongga udara dalam campuran beraspal. Dalam pengujian berat jenis agregat kasar prosedur mengikuti acuan yang terdapat pada SNI 1969: 2016 dan SNI 1970: 2016 untuk pengujian berat jenis agregat halus. Dari hasil pemeriksaan tersebut didapat data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.11 - 4.14.

1. Berat jenis agregat kasar CA ¾” inch

Dari percobaan yang sudah dilakukan didapat hasil perhitungan dari sampel 1:

- Berat Jenis Curah $= \frac{2606}{2622-1616} = 2,590 \text{ gr/cc}$
- Berat Jenis Semu $= \frac{2606}{2606-1616} = 2,632 \text{ gr/cc}$

- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh = $\frac{2622}{2622-1616} = 2,606 \text{ gr/cc}$
- Penyerapan = $\frac{(2622-2606)}{2606} \times 100 = 0,614 \%$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi perhitungan data hasil pengujian CA ¾” inch dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Data hasil perhitungan berat jenis agregat kasar CA ¾”.

| Perhitungan | I | II | Rata-Rata |
|---|-------|-------|-----------|
| Berat jenis curah kering (Sd) | 2,590 | 2,577 | 2,584 |
| Berat jenis semu (SS) | 2,632 | 2,634 | 2,633 |
| Berat jenis curah kering permukaan (Ss) | 2,606 | 2,599 | 2,602 |
| Penyerapan (Sw) | 0,614 | 0,850 | 0,732 |

2. Berat jenis agregat kasar MA ½”

Dari percobaan yang sudah dilakukan didapat hasil perhitungan dari sampel 1:

- Berat Jenis Curah = $\frac{2331}{2353-1446} = 2,570 \text{ gr/cc}$
- Berat Jenis Semu = $\frac{2331}{2331-1446} = 2,634 \text{ gr/cc}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh = $\frac{2353}{2353-1446} = 2,594 \text{ gr/cc}$
- Penyerapan = $\frac{(2353-2331)}{2331} \times 100 = 0,944 \%$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi perhitungan data hasil pengujian MA ½” dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Data hasil perhitungan berat jenis agregat kasar MA ½”.

| Perhitungan | I | II | Rata-Rata |
|-------------------------------|-------|-------|-----------|
| Berat jenis curah kering (Sd) | 2,570 | 2,580 | 2,575 |
| Berat jenis semu (SS) | 2,634 | 2,653 | 2,644 |

Tabel 4.12: *Lanjutan*

| Perhitungan | I | II | Rata-Rata |
|---|-------|-------|-----------|
| Berat jenis curah kering permukaan (Ss) | 2,694 | 2,607 | 2,601 |
| Penyerapan (Sw) | 0,944 | 1,078 | 1,011 |

3. Berat jenis agregat halus pasir (*Sand*)

Dari percobaan yang sudah dilakukan didapat hasil perhitungan dari sampel 1:

- Berat Jenis Curah $= \frac{492,5}{(1226 + 500 - 1529,6)} = 2,508 \text{ gr/cc}$
- Berat Jenis Semu $= \frac{492,5}{(1226 + 492,5 - 1529,6)} = 2,607 \text{ gr/cc}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $= \frac{500}{(1226 + 500 - 1529,6)} = 2,546 \text{ gr/cc}$
- Penyerapan $= \frac{(500 - 492,5)}{492,5} \times 100\% = 1,523 \%$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi perhitungan data hasil pengujian agregat halus pasir (*sand*) dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Data hasil perhitungan berat jenis agregat halus pasir (*Sand*).

| Perhitungan | I | II | Rata-Rata |
|---|-------|-------|-----------|
| Berat jenis curah kering (Sd) | 2,508 | 2,546 | 2,527 |
| Berat jenis semu (SS) | 2,607 | 2,639 | 2,623 |
| Berat jenis curah kering permukaan (Ss) | 2,546 | 2,581 | 2,564 |
| Penyerapan (Sw) | 1,523 | 1,379 | 1,451 |

4. Berat jenis agregat halus abu batu (FA)

Dari percobaan yang sudah dilakukan didapat hasil perhitungan dari sampel 1:

- Berat Jenis Curah $= \frac{490,7}{(1224 + 500 - 1532,6)} = 2,564 \text{ gr/cc}$
- Berat Jenis Semu $= \frac{490,7}{(1224 + 490,7 - 1532,6)} = 2,695 \text{ gr/cc}$

- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh = $\frac{500}{(1224 + 500 - 1532,6)} = 2,612 \text{ gr/cc}$
- Penyerapan = $\frac{(500 - 490,7)}{490,7} \times 100\% = 1,895 \%$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi perhitungan data hasil pengujian agregat halus abu batu (FA) dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Data hasil perhitungan berat jenis agregat halus abu batu (FA).

| Perhitungan | I | II | Rata-Rata |
|---|-------|-------|-----------|
| Berat jenis curah kering (Sd) | 2,564 | 2,539 | 2,551 |
| Berat jenis semu (SS) | 2,695 | 2,666 | 2,680 |
| Berat jenis curah kering permukaan (Ss) | 2,612 | 2,587 | 2,599 |
| Penyerapan (Sw) | 1,895 | 1,874 | 1,885 |

4.3 Pemeriksaan Benda Uji

4.3.1 Perhitungan Nilai Karakteristik Pada Pemeriksaan Uji *Marshall*

Nilai karakteristik *Marshall* didapat dengan cara melakukan perhitungan terhadap hasil percobaan di laboratorium. Berikut salah satu contoh analisa perhitungan karakteristik *Marshall* pada campuran normal dengan kadar aspal 5% sampel 1:

- Persentase terhadap batuan (a) = 95%
- Persentase aspal terhadap campuran (b) = 5%
- Berat sampel kering (c) = 1180,2 gr
- Berat sampel jenuh (SSD) = 1188 gr
- Berat sampel dalam air = 672 gr
- Volume sampel = Berat SSD – Berat Dalam Air
= 1188 – 672 = 516 cc
- Berat isi sampel (g) = Berat awal / Volume sampel
= $\frac{1180}{516} = 2,287 \text{ gr/cc}$

| | |
|--|---|
| h. Berat jenis maksimum (h) | $= \frac{100}{\frac{\%agregat}{bj.agregat} + \frac{\%aspal}{bj.aspal}}$ $= \frac{100}{\frac{95}{2,595} + \frac{5}{1,029}} = 2,411 \%$ |
| i. Persentase volume aspal | $= \frac{b \times g}{bj.aspal}$ $= \frac{5 \times 2,287}{1,029} = 11,113 \%$ |
| j. Persentase volume agregat | $= \frac{((100-b) \times g)}{bj.agregat}$ $= \frac{((100 - 5) \times 2,287)}{2,595} = 83,724 \%$ |
| k. Persentase rongga terhadap campuran | $= 100 - \frac{(100 \times g)}{h}$ $= 100 - \frac{(100 \times 2,287)}{2,411} = 5,143 \%$ |
| l. Persentase rongga terhadap agregat | $= 100 - \frac{(100-b) \times g}{bj.agregat}$ $= 100 - \frac{(100-5) \times 2,287}{2,595} = 16,276 \%$ |
| m. Persentase rongga terisi aspal | $= 100 \times \frac{(i-k)}{i}$ $= 100 \times \frac{(11,113 - 5,143)}{11,113} = 53,721 \%$ |
| n. Pembacaan arloji stabilitas | = 45 |
| o. Stabilitas Kalibrasi proving ring | = 45 x 24,194 = 1088,7 kg |
| p. Stabilitas akhir | = 1088,73 x 0,89 = 969 kg |
| q. Kelelehan | = 2,60 mm |

Untuk rekapitulasi perhitungan campuran normal dengan kadar aspal 5,5%, 6% beserta perhitungan campuran abu cangkang kerang variasi 2%, 2,5% dan 3% dapat dilihat pada Lampiran 8 – Lampiran 11.

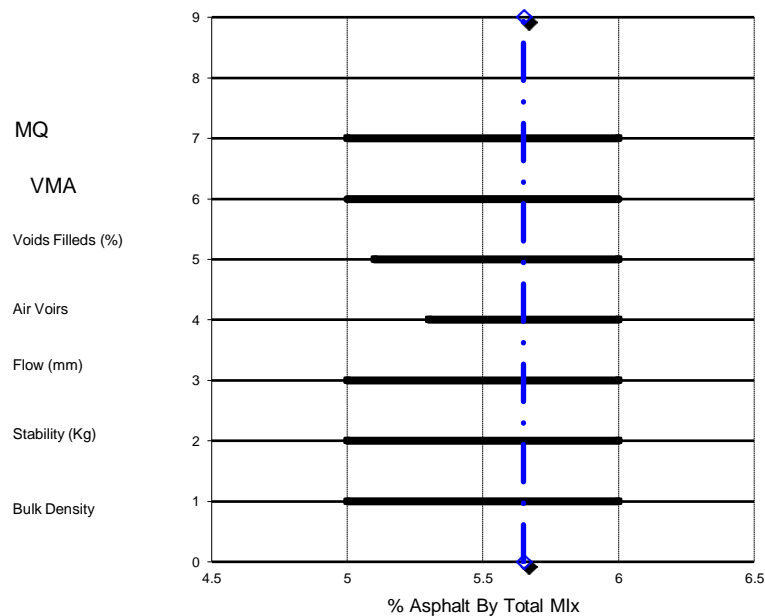
Dari hasil pengujian *Marshall* yang telah dilakukan di Laboratorium PT. Adhi Karya didapatkan nilai Berat isi (*Bulk Density*), Stabilitas (*Stability*), Kelelehan (*Flow*), Persentase Rongga Terhadap Campuran (*VIM*), Persentase Rongga Terisi Aspal (*VFA*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), dan Marshall Quotient (*MQ*). Berikut hasil pengujian *Marshall* untuk campuram aspal normal

dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6% beserta campuran aspal abu cangkang kerang variasi 2%, 2,5% dan 3% dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan 4.16.

Tabel 4.15: Hasil uji *Marshall* pada aspal campuran normal.

| Karakteristik | Satuan | Kadar Aspal % | | | Batas Spesifikasi Bina Marga 2018 |
|--------------------|--------|---------------|-------|-------|-----------------------------------|
| | | 5% | 5,5% | 6% | |
| Bulk Density | gr/cc | 2,277 | 2,298 | 2,301 | - |
| Stability | Kg | 919 | 1062 | 1156 | Min 800 |
| Flow | mm | 2,37 | 3,13 | 3,37 | 2 – 4 |
| Air Voids (VIM) | % | 5,59 | 4,04 | 3,22 | 3 – 5 |
| Void Filleds (VFA) | % | 63,86 | 73,31 | 79,15 | Min 65 |
| VMA | % | 15,47 | 15,13 | 15,46 | Min 15 |
| Marshall Quotient | kg/mm | 388 | 339 | 343 | Min 250 |

Dari grafik *Marshall* diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,65% dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut pada aspal campuran normal.



Gambar 4.3: Grafik kadar aspal optimum pada aspal normal.

Tabel 4.16: Hasil uji *Marshall* pada aspal campuran menggunakan *filler* abu cangkang kerang dengan variasi 2%, 2,5% dan 3%.

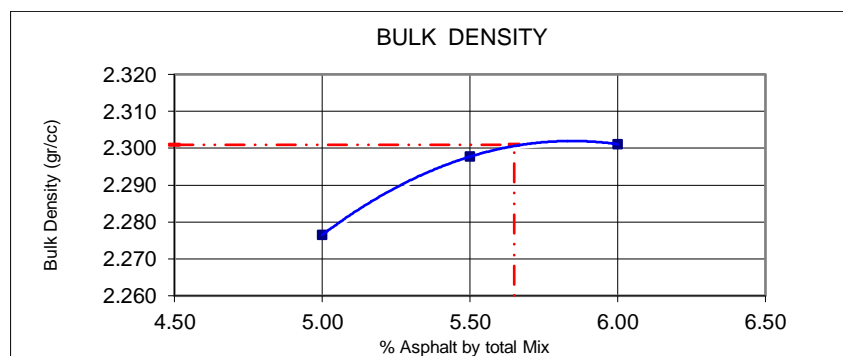
| Karakteristik | Satuan | Abu Cangkang Kerang% | | | Batas Spesifikasi Bina Marga 2018 |
|--------------------|--------|----------------------|-------|-------|-----------------------------------|
| | | 2% | 2,5% | 3% | |
| Bulk Density | gr/cc | 2,306 | 2,308 | 2,305 | - |
| Stability | kg | 1125 | 1135 | 1200 | Min 800 |
| Flow | mm | 2,80 | 3,60 | 3,50 | 2 – 4 |
| Air Voids (VIM) | % | 3,95 | 3,90 | 4,05 | 3 – 5 |
| Void Filleds (VFA) | % | 74,00 | 74,00 | 75,60 | Min 65 |
| VMA | % | 14,80 | 15,00 | 14,80 | Min 15 |
| Marshall Quotient | kg/mm | 399 | 315 | 350 | Min 250 |

4.4 Pembahasan dan Analisis

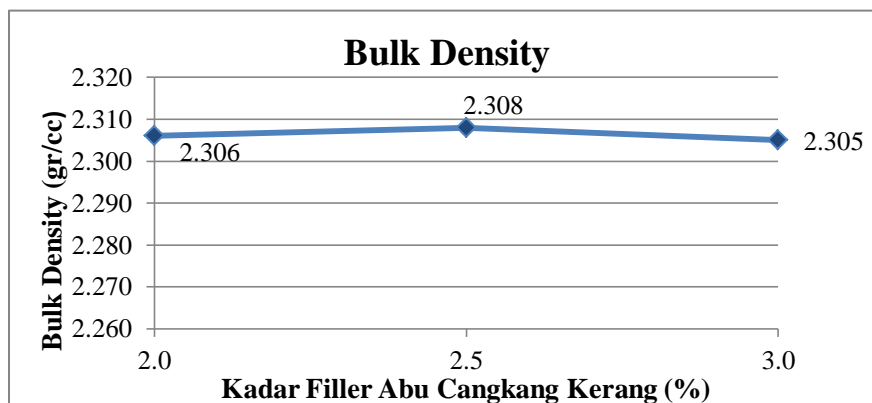
Dari hasil nilai pengujian karakteristik *Marshall* untuk nilai Berat isi (*Bulk Density*), Stabilitas (*Stability*), Kelelehan (*Flow*), Persentase Rongga Terhadap Campuran (*VIM*), Persentase Rongga Terisi Aspal (*VFA*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), dan *Marshall Quotient (MQ)* untuk campuran aspal normal serta yang menggunakan *filler* abu cangkang kerang variasi 2%, 2,5% dan 3% dapat dilihat perbandingannya seperti pada gambar berikut.

a. Berat Isi (*Bulk Density*)

Hasil nilai *bulk density* pada aspal campuran normal serta yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 2%, 2,5%, dan 3% dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan 4.5.



Gambar 4.4: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density* (*gr/cc*) pada aspal campuran normal.



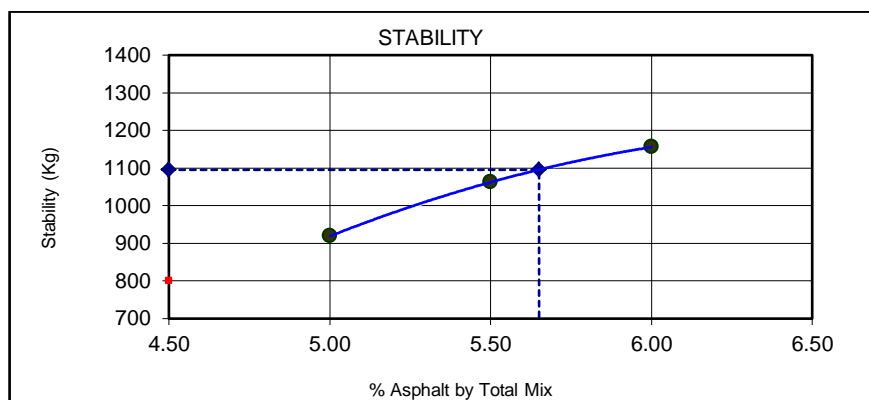
Gambar 4.5: Grafik hubungan antara kadar bahan tambah *filler* abu cangkang kerang (%) dengan *Bulk Density* (gr/cc).

Berdasarkan Gambar 4.4 dan 4.5 diatas menunjukkan bahwa penambahan kadar *filler* abu cangkang kerang mempengaruhi nilai *bulk density*. Dimana nilai *bulk density* pada aspal campuran normal lebih rendah daripada yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang.

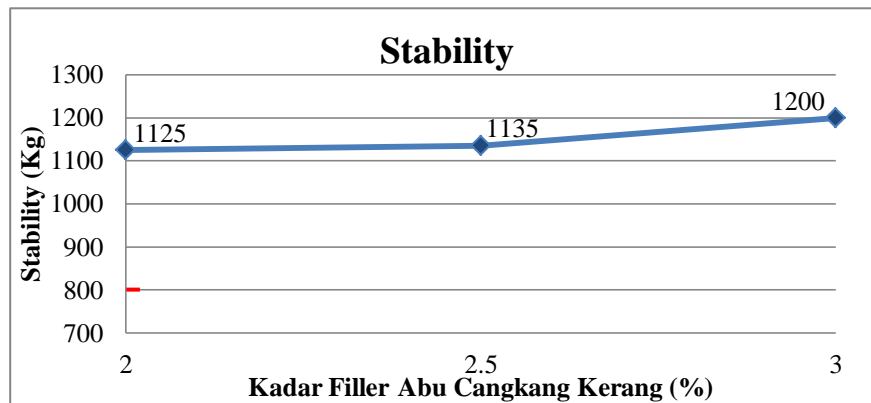
Nilai tertinggi *bulk density* pada benda uji aspal campuran normal sebesar 2,301 gr/cc dengan kadar aspal 6%, serta nilai tertinggi yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 2,5% sebesar 2,308 gr/cc. Sedangkan pada penambahan *filler* abu cangkang kerang 2% sebesar 2,306 gr/cc dan variasi 3% didapatkan nilai *bulk density* sebesar 2,305 gr/cc.

b. Stabilitas (*Stability*)

Hasil nilai *bulk density* pada aspal campuran normal serta yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 2%, 2,5%, dan 3% dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan 4.7.



Gambar 4.6: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* (Kg) pada aspal campuran normal.

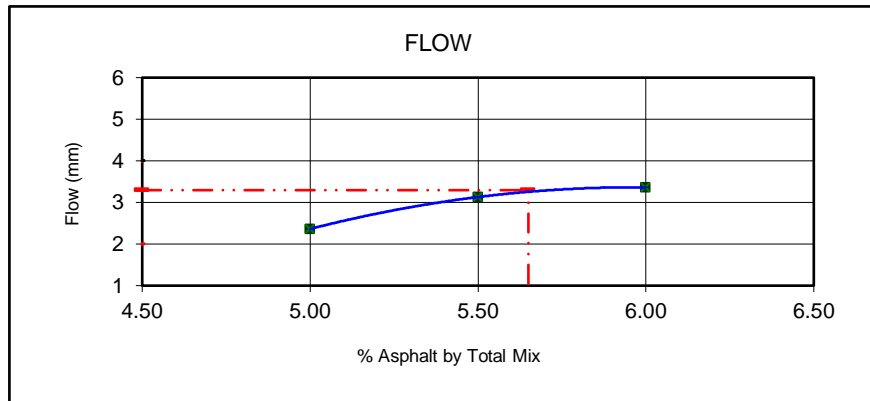


Gambar 4.7: Grafik hubungan antara kadar bahan tambah *filler* cangkang kerang (%) dengan *Stability* (Kg).

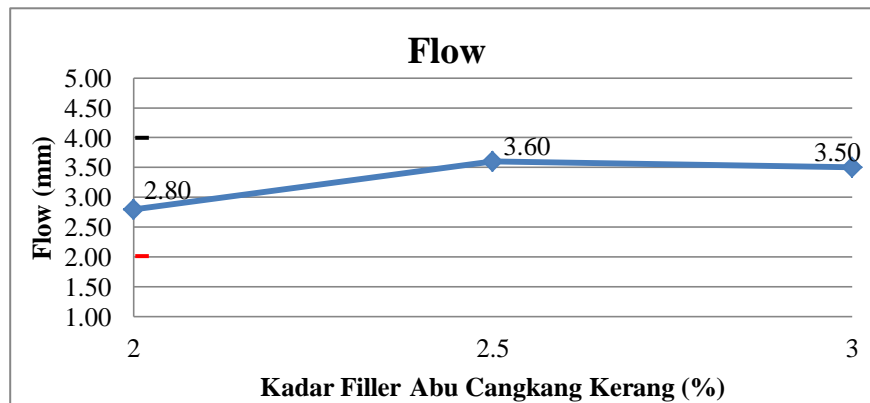
Berdasarkan Gambar 4.6 dan 4.7 di atas menunjukkan bahwa nilai *stability* tertinggi pada benda uji campuran normal adalah sebesar 1156 kg pada kadar aspal 6% sedangkan nilai tertinggi yang menggunakan bahan tambah pada campuran *filler* abu cangkang kerang adalah sebesar 1200 kg pada variasi 3%, dimana nilai tersebut mengalami peningkatan yang mempengaruhi nilai *stability*. Benda uji yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 2% sebesar 1125 kg, sedangkan benda uji yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 2,5% sebesar 1135 kg. Dapat dilihat semakin tinggi kadar *filler* abu cangkang kerang maka nilai *stability* pun akan semakin tinggi juga. Hal ini sesuai dengan teori pada penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa kandungan pada kapur yang terdapat pada cangkang kerang lokan yang tinggi dapat meningkatkan stabilitas pada benda uji.

c. Kelelahan (*Flow*)

Hasil nilai *flow* pada aspal campuran normal serta yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 2%, 2,5%, dan 3% dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan 4.9.



Gambar 4.8: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Flow* (mm) pada aspal campuran normal.



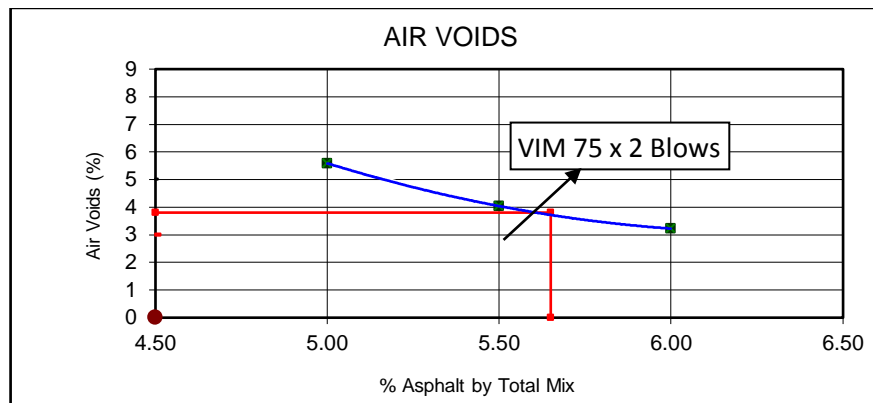
Gambar 4.9: Grafik hubungan antara kadar bahan tambah *filler* abu cangkang kerang (%) dengan *Flow* (mm).

Berdasarkan Gambar 4.8 dan 4.9 dapat kita lihat nilai kelelehan (*Flow*) dari campuran aspal normal dan yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang seluruhnya memenuhi batas spesifikasi yang telah disyaratkan oleh Bina Marga 2018. Dari grafik dapat dilihat nilai *flow* tertinggi sebesar 3,60 mm yaitu ada pada benda uji campuran *filler* abu cangkang kerang 2,5%, sedangkan nilai *flow* terendah sebesar 2,37 mm yaitu ada pada benda uji normal dengan kadar aspal 5%. Untuk yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 2% memiliki nilai *flow* sebesar 2,80 mm dan dengan bahan tambah 3% memiliki nilai *flow* sebesar 3,50 mm. Meskipun nilai kenaikan tidak begitu besar dapat disimpulkan bahwa penambahan *filler* membuat benda uji semakin bersifat

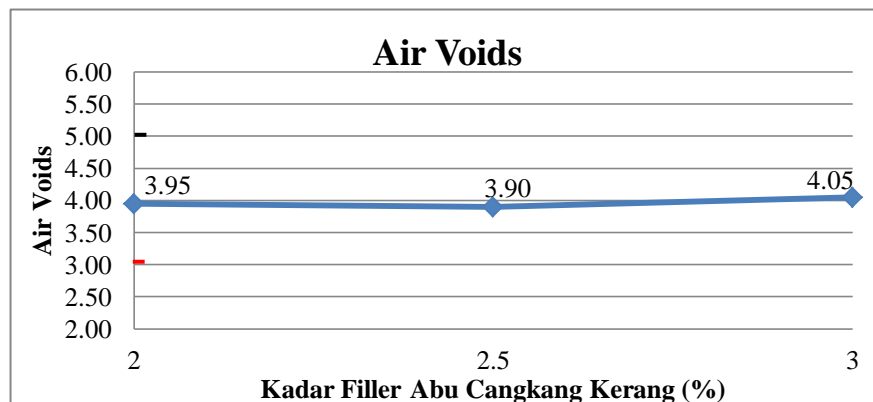
plastis. Hal ini dikarenakan *filler* dapat bercampur baik bersama aspal sehingga memperlentur campuran.

d. VIM (*Void In Mix*)

Hasil nilai VIM pada aspal campuran normal serta yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 2%, 2,5%, dan 3% dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan 4.11.



Gambar 4.10: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (%) pada aspal campuran normal.



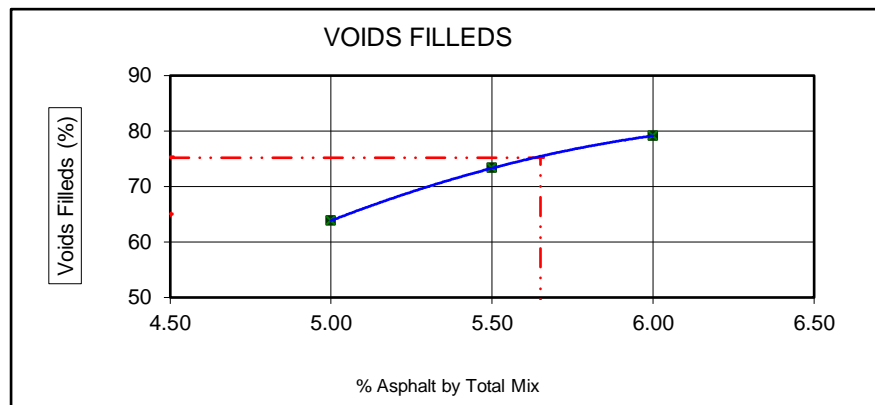
Gambar 4.11: Grafik hubungan antara kadar bahan tambah *filler* abu cangkang kerang (%) dengan *Air Voids* (%).

Berdasarkan Gambar 4.10 dan 4.11 dapat dilihat bahwa nilai *Air Voids* dari campuran normal yang memenuhi batas spesifikasi Bina Marga 2018 dengan nilai batas 3 – 5% hanya kadar aspal variasi 5,5% dan 6% yakni sebesar 4,04% dan 3,22%, sedangkan nilai *Air Voids* yang menggunakan bahan tambah campuran

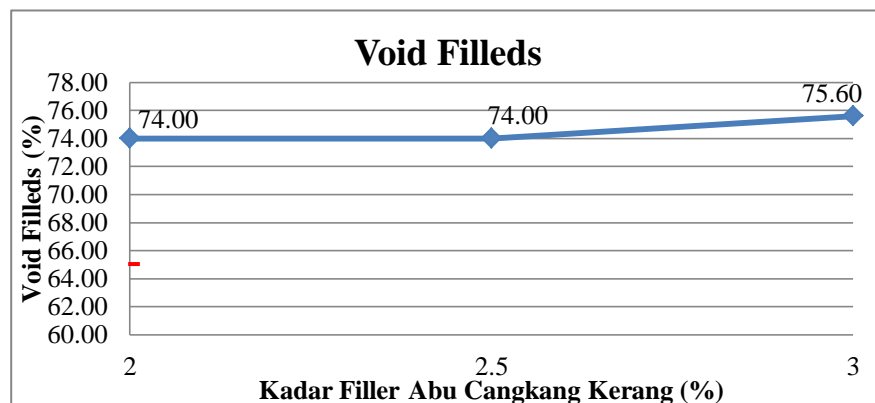
filler abu cangkang kerang hasilnya semua memenuhi batas yang telah disyaratkan Bina Marga 2018 dengan perolehan nilai lebih rendah sedikit daripada campuran normal. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *filler* abu cangkang kerang akan memperkecil nilai VIM karena *filler* berhasil untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran sehingga campuran menjadi lebih padat.

e. VFA (*Void Filled with Asphalt*)

Hasil nilai VFA pada aspal campuran normal serta yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 2%, 2,5%, dan 3% dapat dilihat pada Gambar 4.12 dan 4.13.



Gambar 4.12: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Void Filleds* (%) pada aspal campuran normal.

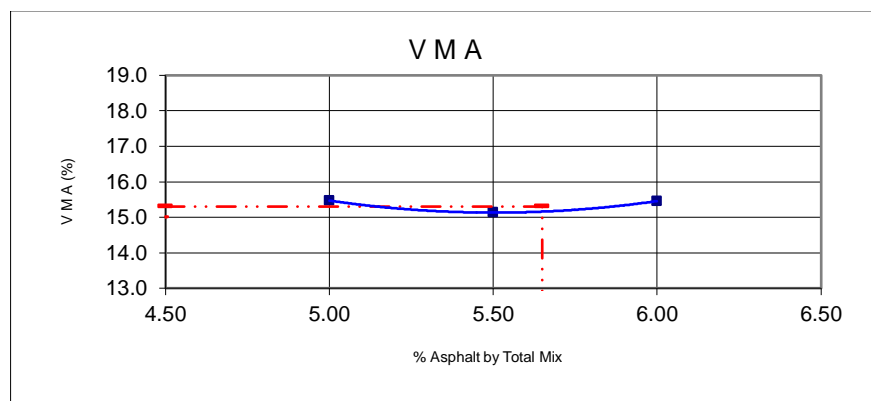


Gambar 4.13: Grafik hubungan antara kadar bahan tambah *filler* abu cangkang kerang (%) dengan *Void Filleds* (%).

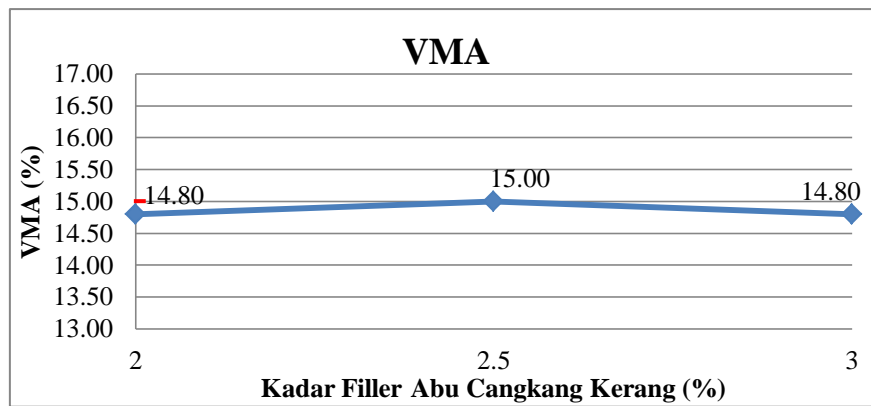
Berdasarkan Gambar 4.12 dan 4.13 di atas dapat dilihat bahwa nilai *Void Filled* dari campuran aspal normal yang memenuhi batas spesifikasi bina marga 2018 hanya variasi 5,5% dan 6%, sedangkan penggunaan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang seluruhnya memenuhi batas spesifikasi Bina Marga 2018 dengan peningkatan nilai untuk yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 2% sebesar 74,00%, kadar *filler* abu cangkang kerang 2,5% sebesar 74,00% dan kadar *filler* abu cangkang kerang 3% sebesar 75,60%. Dapat dilihat pada grafik setiap penambahan pada variasi kadar aspal maka nilai VFA juga semakin meningkat. Semakin nilai VFA meningkat menandakan bahwa semakin banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga campuran menjadi lebih kedap terhadap air dan udara.

f. VMA (*Void in Mineral Agregate*)

Hasil nilai VMA pada aspal campuran normal serta yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 2%, 2,5%, dan 3% dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan 4.15.



Gambar 4.14: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) pada aspal campuran normal.

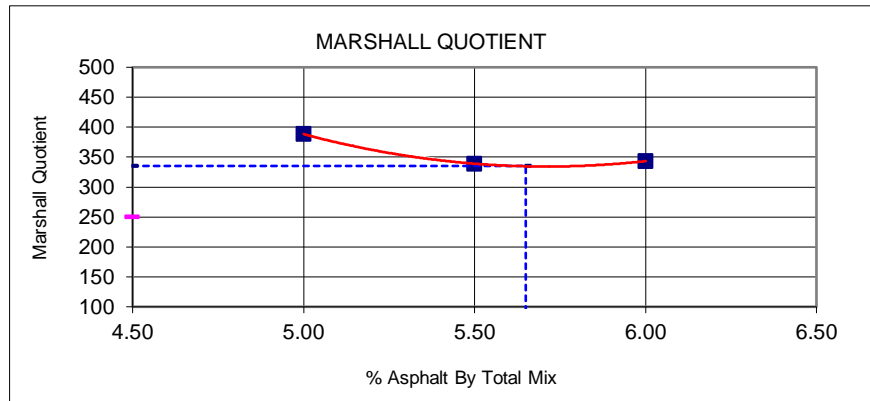


Gambar 4.15: Grafik hubungan antara kadar bahan tambah *filler* abu cangkang kerang (%) dengan VMA (%).

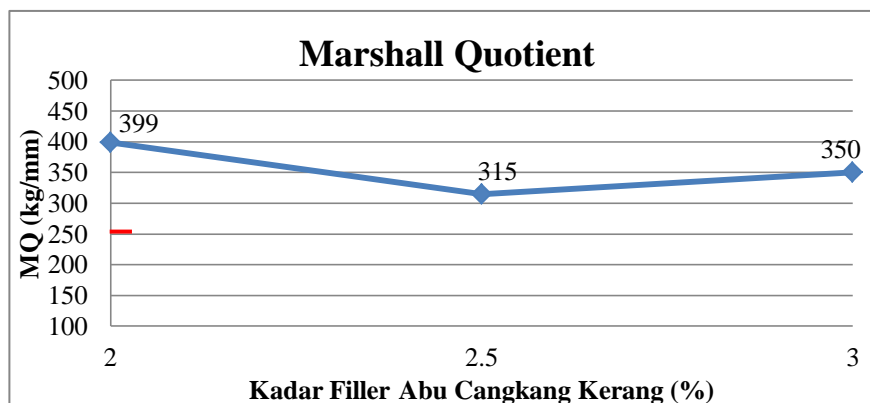
Berdasarkan Gambar 4.14 dan 4.15 dapat dilihat bahwa nilai VMA dari campuran normal seluruhnya memenuhi batas spesifikasi bina marga 2018 dengan nilai batas >15% sedangkan yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang yang memenuhi batas spesifikasi bina marga 2018 hanya variasi 2,5% sebesar 15,00%. Untuk *filler* abu cangkang kerang 2% dan 3% sebesar 14,80%. Pada grafik dapat dilihat terjadi variasi naik turun dari nilai VMA. Penurunan nilai VMA bisa jadi disebabkan oleh kualitas pemadatan yang kurang baik ataupun dikarenakan karena kadar aspal dalam suatu campuran semakin sedikit karena penambahan *filler* abu cangkang kerang bekerja lebih banyak dalam mengisi rongga antar partikel, sehingga terserapnya aspal dalam campuran tersebut.

g. *Marshall Quotient*

Hasil nilai *marshall quotient* pada aspal campuran normal serta yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 2%, 2,5%, dan 3% dapat dilihat pada Gambar 4.16 dan 4.17.



Gambar 4.16: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan MQ (kg/mm) pada aspal campuran normal.



Gambar 4.17: Grafik hubungan antara kadar bahan tambah *filler* abu cangkang kerang (%) dengan MQ (kg/mm).

Berdasarkan Gambar 4.16 dan 4.17 didapat nilai MQ (*Marshall Quotient*) pada campuran normal dan yang menggunakan bahan tambah campuran *filler* abu cangkang kerang seluruhnya memenuhi batas spesifikasi bina marga 2018 dengan nilai >250 kg/mm . Nilai MQ pada bahan tambah campuran *filler* abu cangkang kerang 2% sebesar 399 kg/mm . Terjadi penurunan pada bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 2,5% sebesar 315 kg/mm . Pada bahan tambah *filler* abu cangkang kerang 3%, nilai MQ naik sebesar 350 kg/mm . Kenaikan dan penurunan nilai MQ dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow* pada campuran. Dikarenakan MQ diperoleh dari perbandingan antara stabilitas dan *flow*. Stabilitas yang kecil dan *flow* yang besar menghasilkan campuran yang lembek dan mudah berubah bentuk jika terjadi beban.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium PT. Adhi Karya maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi kadar bahan tambah *filler* abu cangkang kerang lokan mempengaruhi nilai karakteristik *marshall*. Pada setiap penambahan *filler* abu cangkang kerang semua nilai dari pengujian *marshall* mengalami perubahan. Variasi kadar *filler* abu cangkang berpengaruh baik pada nilai karakteristik *marshall* seperti nilai *Bulk Density*, *VIM*, *VFA*, *Flow*, *Stabilitas* dan *MQ*. Namun pada nilai *VMA* memiliki pengaruh kurang baik sehingga nilai tersebut tidak memenuhi spesifikasi.
2. Adapun nilai karakteristik *marshall* yang menggunakan bahan tambah *filler* abu cangkang kerang pada lapisan AC-WC yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 adalah sebagai berikut:
 - a. Nilai *Bulk Density* pada campuran bahan tambah *filler* abu cangkang kerang terbesar terdapat pada variasi 2,5% sebesar 2,308 gr.
 - b. Nilai *Stability* pada campuran bahan tambah *filler* abu cangkang kerang seluruhnya memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dengan nilai persenan 2% = 1125 kg, 2,5% = 1135 kg dan 3% = 1200 kg dengan ketentuan minimum 800 kg.
 - c. Nilai *Flow* pada campuran bahan tambah *filler* abu cangkang kerang seluruhnya memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dengan nilai persenan 2% = 2,80 mm, 2,5% = 3,60 mm dan 3% = 3,5 mm dengan ketentuan batas 2 – 4 mm.
 - d. Nilai *Air Voids (VIM)* pada campuran bahan tambah *filler* abu cangkang kerang seluruhnya memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dengan nilai persenan 2% = 3,95%, 2,5% = 3,90% dan 3% = 4,05% dengan ketentuan batas 3 – 5%.

- e. Nilai *Void Filleds (VFA)* pada campuran bahan tambah *filler* abu cangkang kerang seluruhnya memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dengan nilai persenan 2% = 74,00%, 2,5% = 74,00% dan 3% = 75,60% dengan ketentuan minimum 65%.
- f. Nilai *VMA* yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 hanya pada variasi *filler* abu cangkang kerang 2,5% yaitu sebesar 15% dengan ketentuan minimum 15%.
- g. Nilai *Marshall Quotient (MQ)* pada campuran bahan tambah *filler* abu cangkang kerang seluruhnya memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dengan nilai persenan 2% = 399 kg/mm, 2,5% = 315 kg/mm dan 3% = 350 kg/mm dengan ketentuan minimum 250 kg/mm.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka ada beberapa saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini, antara lain:

1. Dalam melakukan pengujian Analisa Saringan dan Pengujian *Marshall* diperlukan ketelitian agar tidak terjadi kesalahan.
2. Agar dilakukan penelitian lanjutan dengan nilai kadar aspal optimum (KAO) yang sudah didapat untuk mendapatkan kualitas campuran lapis aspal beton (laston) pada lapisan AC-WC yang lebih baik lagi.
3. Perlu dikembangkan jenis-jenis penelitian campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan menggunakan bahan campur yang dapat mendukung kekuatan pada AC-WC dengan memanfaatkan bahan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Asfiati, S., Zurkiyah, Yani, M., Indrayani, & Prafanti, S. (2022). *Analysis of mixed stiffness modulus of different asphalt levels for AC – BC pavement layer with pertamina 60 / 70 asphalt and 60 / 70 esso asphalt Analysis of mixed stiffness modulus of different asphalt levels for AC – BC pavement layer with pertamina 60.* 4–10. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2193/1/012017>
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall. Sni 06-2489-1991, 1, 7.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 03-1968-1990 : Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar. Badan Standardisasi Nasional, 1–24.*
- Besouw, G. V., Manoppo, M. R. E., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., Manado, R., Kehalusan, M., & Belakang, L. (2019). *PENGARUH MODULUS KEHALUSAN AGREGAT TERHADAP PENENTUAN KADAR ASPAL PADA CAMPURAN JENIS AC-WC.* 7(4), 481–490.
- Bina Marga. (2018). *Spesifikasi umum 2018. Direktorat Jendral Bina Marga, 2018(Revisi 3), 1–6.*
- Cahyadi, H., & Kasuma, S. W. (2018). *Penggunaan Kapur Padam Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran AC-WC. Media Ilmiah Teknik Sipil, 7(1), 27–34.* <https://doi.org/10.33084/mits.v7i1.682>
- Clarkson H. Oglesby R. Gary Hicks. (1996). *Teknik Jalan Raya.* Erlangga.
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2016). *Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.*
- Koespiadi, K. (2020). *Variasi HDPE (High Density Polyethylene) Untuk Lapis AUS Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC).*
- Mansyur, K., Mashuri, & Alhadar, A. (2012). *Studi penggunaan kapur sebagai bahan aditif terhadap karakteristik campuran beton aspal lapis aus (ac-wc).*
- Nasional, B. S. (2016). *Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.*
- Sukirman, S. 2003. (2006). *Beton Aspal Campuran Panas.* In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Tripoli, B., & Kesuma, H. (2020). *Kombinasi Semen Dengan Cangkang Lokan Dan Sabut Kelapa. Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, 9, 1–9.*
- Wahyuni, A. S., Dlucef, A., & Supriani, F. (2013). *Pengaruh penambahan serat bambu dan penggantian 10% agregat halus dengan abu sekam padi dan abu cangkang lokan terhadap kuat tarik beton 1,3). Jurnal Inersia, 5(2), 33–39.*

Widyaningsih, N., & Hamzah, F. F. (2019). Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang Terhadap Parameter Marshall Di Lapisan Laston Ac-Wc. *Teknika*, 14(1), 22. <https://doi.org/10.26623/teknika.v14i1.1517>

LAMPIRAN



No : 027/AK-KWSM/EXT/VII/2022
Lamp : -
Hal : **Konfirmasi Permohonan Pengambilan Data**

**Kepada Yth,
Bapak/ibu Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Di -
Tempat.**

Assalamu' Alaikum Wr.Wb

Dengan Hormat,

Sesuai dengan surat No. 960/II.B-AU/UMSU-07/B/2022 tanggal 06 Juli 2022 Perihal Pengambilan data di PT. Adhi Karya (Persero) Tbk AMP Kawasan Medan, Maka dengan ini kami memberikan izin melakukan pengambilan data kepada mahasiswa yang tersebut dibawah ini:

Nama : Dimas Diko Perdana
NPM : 1807210096
Nama : Agung Trisandi
NPM : 1807210080
Nama : Nila Ardiyah
NPM : 1807210074
Nama : Wahyu Dewantara
NPM : 1807210077
Nama : Enicha Apriana Damanik
NPM : 1807210063
Nama : Nur Eriskas
NPM : 1807210063
Fakultas: Teknik
Jurusan : Teknik Sipil
Alamat : Jl. Mukhtar Basri No.3 Medan

Dengan persyaratan bahwa mahasiswa tersebut harus mematuhi ketentuan perusahaan. Demikianlah di sampaikan kami ucapkan terima kasih.

PT. ADHI KARYA (Persero) Tbk
AMP MEDAN

Rukijatno
Project Manager

Tembusan : **Arsip**



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan Telp (061)6622400

LEMBAR ASISTENSI
PROPOSAL

PENGARUH VARIASI KADAR *FILER* ABU CANGKANG KERANG
PADA LAPISAN *ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC)*
DENGAN PENGUJIAN *MARSHALL*

NAMA : ENICHA APRIANA DAMANIK

NPM : 1807210063

KELAS : B-1 Transportasi

| No | Tanggal | Keterangan | Paraf |
|----|-----------|--------------------------------|-------|
| | 10/3-2022 | acc proposal dan acc Revisi | |

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SRI ASFIATI, MT



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Enicha Apriana Damanik
Npm : 1807210063
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang
Pada Lapisan *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-
WC)* Dengan Pengujian *Marshall*

| No | Tanggal | Keterangan | Paraf |
|----|-------------------|--|-------|
| | 15/September-2022 | buat lembar pengesahan | |
| | 19/September-2022 | buat daftar pustaka secara Maudelay Caiyut | |

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Asfiati, M.T



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Enicha Apriana Damanik
Npm : 1807210063
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Pengaruh Variasi Kadar *Filler* Abu Cangkang Kerang
Pada Lapisan *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-
WC)* Dengan Pengujian *Marshall* (Studi Penelitian)

| No | Tanggal | Keterangan | Paraf |
|----|-------------|------------|-------|
| | 4/10 - 2022 | | |

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Asfiati, M.T

L1: Proporsi Campuran *Filler* Abu Cangkang Kerang Variasi 2%, 2,5% , 3%.

Proporsi Campuran Kadar Aspal AC – WC Campuran Kadar *Filler* Abu Cangkang Kerang

ASPHALT 5%

| Proportion | Percentage | Decimal | Weight Mix (gr) | Gr |
|-----------------|------------|---------|-----------------|-------|
| Sand | 8% | 0.08 | 1140 | 91.2 |
| FA | 46% | 0.46 | 1140 | 524.4 |
| Cangkang Kerang | 2% | 0.02 | 1140 | 22.8 |
| MA | 33% | 0.33 | 1140 | 376.2 |
| CA 3/4 | 11% | 0.11 | 1140 | 125.4 |
| Asphalt | 5% | 0.05 | 1200 | 60 |
| Total | 105% | 1.05 | | 1200 |

| Proportion | Percentage | Decimal | Weight Mix (gr) | Gr |
|-----------------|------------|---------|-----------------|-------|
| Sand | 8% | 0.08 | 1140 | 91.2 |
| FA | 45.5% | 0.455 | 1140 | 518.7 |
| Cangkang Kerang | 2.5% | 0.025 | 1140 | 28.5 |
| MA | 33% | 0.33 | 1140 | 376.2 |
| CA 3/4 | 11% | 0.11 | 1140 | 125.4 |
| Asphalt | 5% | 0.05 | 1200 | 60 |
| Total | 105% | 1.05 | | 1200 |

| Proportion | Percentage | Decimal | Weight Mix (gr) | Gr |
|-----------------|------------|---------|-----------------|-------|
| Sand | 8% | 0.08 | 1140 | 91.2 |
| FA | 45% | 0.45 | 1140 | 513 |
| Cangkang Kerang | 3% | 0.03 | 1140 | 34.2 |
| MA | 33% | 0.33 | 1140 | 376.2 |
| CA 3/4 | 11% | 0.11 | 1140 | 125.4 |
| Asphalt | 5% | 0.05 | 1200 | 60 |
| Total | 105% | 1.05 | | 1200 |

ASPHALT 5,5%

| Proportion | Percentage | Decimal | Weight Mix (gr) | gr |
|-----------------|------------|---------|-----------------|--------|
| Sand | 8% | 0.08 | 1134.0 | 90.72 |
| FA | 46% | 0.46 | 1134.0 | 521.64 |
| Cangkang Kerang | 2% | 0.02 | 1134.0 | 22.68 |
| MA | 33% | 0.33 | 1134.0 | 374.22 |
| CA 3/4 | 11% | 0.11 | 1134.0 | 124.74 |
| Asphalt | 5.5% | 0.055 | 1200 | 66 |
| Total | 105.5% | 1.055 | | 1200 |

| Proportion | Percentage | Decimal | Weight Mix (gr) | gr |
|-----------------|------------|---------|-----------------|--------|
| Sand | 8% | 0.08 | 1134 | 90.72 |
| FA | 45.5% | 0.455 | 1134 | 515.97 |
| Cangkang Kerang | 2.5% | 0.025 | 1134 | 28.35 |
| MA | 33% | 0.33 | 1134 | 374.22 |
| CA 3/4 | 11% | 0.11 | 1134 | 124.74 |
| Asphalt | 5.5% | 0.055 | 1200 | 66 |
| Total | 105.5% | 1.055 | | 1200 |

| Proportion | Percentage | Decimal | Weight Mix (gr) | gr |
|-----------------|------------|---------|-----------------|--------|
| Sand | 8% | 0.08 | 1134 | 90.72 |
| FA | 45% | 0.45 | 1134 | 510.3 |
| Cangkang Kerang | 3% | 0.03 | 1134 | 34.02 |
| MA | 33% | 0.33 | 1134 | 374.22 |
| CA 3/4 | 11% | 0.11 | 1134 | 124.74 |
| Asphalt | 5.5% | 0.055 | 1200 | 66 |
| Total | 105.5% | 1.055 | | 1200 |


ASPHALT 6%


| Proportion | Percentage | Decimal | Weight Mix (gr) | gr |
|-----------------|------------|---------|-----------------|--------|
| Sand | 8% | 0.08 | 1128 | 90.24 |
| FA | 46% | 0.46 | 1128 | 518.88 |
| Cangkang Kerang | 2% | 0.02 | 1128 | 22.56 |
| MA | 33% | 0.33 | 1128 | 372.24 |
| CA 3/4 | 11% | 0.11 | 1128 | 124.08 |
| Asphalt | 6% | 0.06 | 1200 | 72 |
| Total | 106.0% | 1.06 | | 1200 |

| Proportion | Percentage | Decimal | Weight Mix (gr) | gr |
|-----------------|------------|---------|-----------------|--------|
| Sand | 8% | 0.08 | 1128 | 90.24 |
| FA | 45.5% | 0.455 | 1128 | 513.24 |
| Cangkang Kerang | 2.5% | 0.025 | 1128 | 28.2 |
| MA | 33% | 0.33 | 1128 | 372.24 |
| CA 3/4 | 11% | 0.11 | 1128 | 124.08 |
| Asphalt | 6% | 0.06 | 1200 | 72 |
| Total | 106% | 1.06 | | 1200 |



| Proportion | Percentage | Decimal | Weight Mix (gr) | gr |
|-----------------|------------|---------|-----------------|--------|
| Sand | 8% | 0.08 | 1128 | 90.24 |
| FA | 45% | 0.45 | 1128 | 507.6 |
| Cangkang Kerang | 3% | 0.03 | 1128 | 33.84 |
| MA | 33% | 0.33 | 1128 | 372.24 |
| CA 3/4 | 11% | 0.11 | 1128 | 124.08 |
| Asphalt | 6% | 0.06 | 1200 | 72 |
| Total | 106% | 1.06 | | 1200 |

L2: Analisa Saringan

| Pengaruh Variasi Kadar filler Abu Cangkang Kerang Pada lapisan Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Pengujian Marshall | | | SIEVE ANALYSIS TEST | | | |  | | | |
|--|-------|-----------------------------|---------------------|-------------|-------------|-----------------------------|---|---------------|-------------|---------------------|
| SUMBER MATERIAL COLD BIN | | | | | | | | | | |
| Coarse Aggregate 3/4" | | | | | | | | | | |
| Sieve Size | | Sample 1 | | | | Sample 2 | | | | Average Passing (%) |
| | | Individual Wt Retained (Gr) | Weight Cumulative | | | Individual Wt Retained (Gr) | Weight Cumulative | | | |
| Inch | mm | | Retained (Gr) | Retaind (%) | Passing (%) | | Retained (Gr) | Retained (Gr) | Retaind (%) | Passing (%) |
| 1 1/2" | 37.5 | | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| 1 | 25.4 | | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| 3/4 | 19.1 | | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| 1/2 | 12.7 | 1370 | 1370 | 42.81 | 57.19 | 1549 | 1549 | 44.96 | 55.04 | 56.11 |
| 3/8 | 9.5 | 1441 | 2811 | 87.84 | 12.16 | 1382 | 2931 | 85.08 | 14.92 | 13.54 |
| No. 4 | 4.76 | 361 | 3172 | 99.13 | 0.88 | 458 | 3389 | 98.37 | 1.63 | 1.25 |
| No. 8 | 2.88 | | | | | | | | | |
| No. 16 | 1.19 | | | | | | | | | |
| No. 30 | 0.595 | | | | | | | | | |
| No. 50 | 0.297 | | | | | | | | | |
| No. 100 | 0.150 | | | | | | | | | |
| No. 200 | 0.074 | | | | | | | | | |
| Total Weight | | 3200 | | | | 3445 | | | | |
| MEDIUM AGGREGATE/ MA 1/2 | | | | | | | | | | |
| Sieve Size | | Sample 1 | | | | Sample 2 | | | | Average Passing (%) |
| | | Individual Wt Retained (Gr) | Weight Cumulative | | | Individual Wt Retained (Gr) | Weight Cumulative | | | |
| Inch | mm | | Retained (Gr) | Retaind (%) | Passing (%) | | Retained (Gr) | Retained (Gr) | Retaind (%) | Passing (%) |
| 1 | 25.4 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| 3/4 | 19.1 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| 1/2 | 12.7 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| 3/8 | 9.5 | 1762 | 1762 | 20.87 | 79.13 | 1192 | 1192 | 21.16 | 78.84 | 78.99 |
| No. 4 | 4.76 | 4137 | 5899 | 69.87 | 30.13 | 2485 | 3677 | 65.26 | 34.74 | 32.43 |
| No. 8 | 2.88 | 1563 | 7462 | 88.38 | 11.62 | 1331 | 5008 | 88.89 | 11.11 | 11.37 |
| No. 16 | 1.19 | 224 | 7686 | 91.03 | 8.97 | 177 | 5185 | 92.03 | 7.97 | 8.47 |
| No. 30 | 0.595 | 276 | 7962 | 94.30 | 5.70 | 191 | 5376 | 95.42 | 4.58 | 5.14 |
| No. 50 | 0.297 | 47 | 8009 | 94.86 | 5.14 | 45 | 5421 | 96.22 | 3.78 | 4.46 |
| No. 100 | 0.15 | 194 | 8203 | 97.16 | 2.84 | 0 | 5421 | 96.22 | 3.78 | 3.31 |
| No. 200 | 0.074 | 340 | 8349 | 98.89 | 1.11 | 155 | 5576 | 98.97 | 1.03 | 1.07 |
| Total Weight | | 8443 | | | | 5634 | | | | |

| Pengaruh Variasi Kadar <i>Filler</i> Abu Cangkang Kerang Pada Lapisan <i>Asphalt Concrete - Wearing Course</i> (AC-WC) Dengan Pengujian <i>Marshall</i> | | | | | | SIEVE ANALYSIS TEST | | | |  | |
|---|-------|---------------|-------------------|-------------|-------------|---------------------|-------------------|-------------|-------------|---|--|
| SUMBER MATERIAL COLD BIN | | | | | | | | | | | |
| FINE AGGREGATE | | | | | | | | | | | |
| Sieve Size | | Sample 1 | | | | Sample 2 | | | | Average Passing (%) | |
| | | Individual Wt | Weight Cumulative | | | Individual Wt | Weight Cumulative | | | | |
| Inch | mm | Retained (Gr) | Retained (Gr) | Retaind (%) | Passing (%) | Retained (Gr) | Retained (Gr) | Retaind (%) | Passing (%) | | |
| 1 | 25.4 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | |
| 3/4 | 19.1 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | |
| 1/2 | 12.7 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | |
| 3/8 | 9.5 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | |
| No 4 | 4.76 | 36.4 | 36.4 | 3.32 | 96.68 | 12.0 | 12.0 | 1.24 | 98.76 | 97.72 | |
| No 8 | 2.88 | 228.0 | 264.4 | 24.12 | 75.88 | 205.1 | 217.1 | 22.50 | 77.50 | 76.69 | |
| No 16 | 1.19 | 252.3 | 516.7 | 47.14 | 52.86 | 232.0 | 449.1 | 46.54 | 53.46 | 53.16 | |
| No 30 | 0.595 | 188.0 | 704.7 | 64.30 | 35.70 | 150.3 | 599.4 | 62.11 | 37.89 | 36.79 | |
| No 50 | 0.297 | 102.3 | 807.0 | 73.63 | 26.37 | 123.1 | 722.5 | 74.87 | 25.13 | 25.75 | |
| No. 100 | 0.15 | 107.7 | 914.7 | 83.46 | 16.54 | 72.1 | 794.6 | 82.34 | 17.66 | 17.10 | |
| No. 200 | 0.074 | 181.0 | 988.0 | 90.15 | 9.85 | 129.8 | 852.3 | 88.32 | 11.68 | 10.77 | |
| Total Weight | | 1096.0 | | | | 965.0 | | | | | |
| NATURAL SAND | | | | | | | | | | | |
| Sieve Size | | Sample 1 | | | | Sample 2 | | | | Average Passing (%) | |
| | | Individual Wt | Weight Cumulative | | | Individual Wt | Weight Cumulative | | | | |
| Inch | mm | Retained (Gr) | Retained (Gr) | Retaind (%) | Passing (%) | Retained (Gr) | Retained (Gr) | Retaind (%) | Passing (%) | | |
| 1 | 25.4 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | |
| 3/4 | 19.1 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | |
| 1/2 | 12.7 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | |
| 3/8 | 9.5 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 100.00 | |
| No 4 | 4.76 | 29.3 | 29.3 | 2.67 | 97.33 | 36.2 | 36.2 | 2.24 | 97.76 | 97.54 | |
| No 8 | 2.88 | 64.5 | 93.8 | 5.74 | 94.26 | 80.7 | 116.9 | 7.25 | 92.75 | 93.51 | |
| No 16 | 1.19 | 160.4 | 254.2 | 15.56 | 84.44 | 270.9 | 387.8 | 24.03 | 75.97 | 80.20 | |
| No 30 | 0.595 | 610.8 | 865.0 | 52.94 | 47.06 | 513.1 | 900.9 | 55.84 | 44.16 | 45.61 | |
| No 50 | 0.297 | 635.9 | 1500.9 | 91.85 | 8.15 | 385.9 | 1286.8 | 79.75 | 20.25 | 14.20 | |
| No 100 | 0.15 | 61.2 | 1562.1 | 95.60 | 4.40 | 236.1 | 1522.9 | 94.38 | 5.62 | 5.01 | |
| No. 200 | 0.074 | 109.7 | 1610.6 | 98.57 | 1.43 | 293.9 | 1580.7 | 97.97 | 2.03 | 1.73 | |
| Total Weight | | 1634.0 | | | | 1613.5 | | | | | |

L2: Analisa Saringan

| Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang Pada Lapisan Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Pengujian Marshall | | SIEVE ANALYSIS TEST | | | |  | | | | |
|---|-------|---------------------|-------------------|-------------|-------------|---|-------------------|-------------|-------------|---------------------|
| SUBER MATERIAL COLD BIN | | | | | | | | | | |
| CANGKANG KERANG | | | | | | | | | | |
| Sieve Size | | Sample 1 | | | | Sample 2 | | | | Average Passing (%) |
| | | Individual Wt | Weight Cumulative | | | Individual Wt | Weight Cumulative | | | |
| Inch | mm | Retained (Gr) | Retained (Gr) | Retaind (%) | Passing (%) | Retained (Gr) | Retained (Gr) | Retaind (%) | Passing (%) | (%) |
| 1 | 25.4 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| 3/4 | 19.1 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| 1/2 | 12.7 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| 3/8 | 9.5 | 0 | 0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| No. 4 | 4.76 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| No. 8 | 2.88 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| No. 16 | 1.19 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| No. 30 | 0.595 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 |
| No. 50 | 0.297 | 57.2 | 57.2 | 11.44 | 88.56 | 46.6 | 46.6 | 9.67 | 90.33 | 89.44 |
| No. 100 | 0.15 | 150.6 | 207.80 | 41.56 | 58.44 | 146.60 | 193.20 | 40.09 | 59.91 | 59.17 |
| No. 200 | 0.074 | 165.0 | 222.20 | 44.44 | 55.56 | 173.40 | 220.00 | 45.65 | 54.35 | 54.95 |
| Total Weight | | 500 | | | | 481.9 | | | | |
|  Dstujui Oleh Quality Control Abdi Safitri | | | | | | | | | | |

L3: Berat Jenis Agregat

Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang Pada Lapisan Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Pengujian Marshall

SPECIFIC GRAVITY TEST



SUMBER MATERIAL : COLD BIN

1. COARSE AGGREGATE (RETAINED NO 4 SIEVE)

Weight of oven dry sample in air
 Weight of saturated surface dry sample in air
 Weight of saturated sample in air

| | CA 3/4" | | | MA 1/2" | | | FA | | | SAND | | |
|--------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|
| | Sample 1 | Sample 2 | Average | Sample 1 | Sample 2 | Average | Sample 1 | Sample 2 | Average | Sample 1 | Sample 2 | Average |
| A (Gr) | 2606 | 2597 | 2584 | 2331 | 2319 | 2325 | 1821 | 1552 | | | | |
| B (Gr) | 2622 | 2609 | 2615 | 2353 | 2344 | 2348 | 1839 | 1576 | | | | |
| C (Gr) | 1616 | 1605 | 1610 | 1446 | 1445 | 1445 | 1129 | 992.5 | | | | |

Bulk Specific Gravity (Gr/cc)
 App Specific Gravity (Gr/cc)
 Ssd Specific Gravity (Gr/cc)
 Absorption (%)
 (B-A)/A x 100

| | CA 3/4" | | | MA 1/2" | | | FA | | | SAND | | |
|----------------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|
| | Sample 1 | Sample 2 | Average | Sample 1 | Sample 2 | Average | Sample 1 | Sample 2 | Average | Sample 1 | Sample 2 | Average |
| A / (B-C) | 2.577 | 2.577 | 2.577 | 2.570 | 2.580 | 2.575 | 2.566 | 2.546 | 2.556 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| A / (A-C) | 2.632 | 2.634 | 2.633 | 2.633 | 2.634 | 2.633 | 2.644 | 2.632 | 2.639 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| B / (B-C) | 2.606 | 2.599 | 2.602 | 2.594 | 2.607 | 2.601 | 2.590 | 2.569 | 2.580 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Absorption (%) | 0.614 | 0.850 | 0.732 | 0.944 | 1.078 | 1.011 | 0.988 | 0.696 | 0.942 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

2. FINE AGGREGATE (PASSING NO 4 SIEVE)

Weight of saturated surface dry sample in air
 Weight of oven dry sample in air
 Weight of pycnometer filled with water
 Weight of pycnometer filled with saturated water
 Weight of saturated sample in air

| | CA 3/4" | | | MA 1/2" | | | FA | | | SAND | | |
|--------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|
| | Sample 1 | Sample 2 | Average | Sample 1 | Sample 2 | Average | Sample 1 | Sample 2 | Average | Sample 1 | Sample 2 | Average |
| A (Gr) | | | | 489.2 | 489.6 | 489.4 | 480.7 | 490.8 | 485.7 | 492.5 | 493.2 | |
| B (Gr) | | | | 1270.1 | 1225 | 1247.5 | 1224 | 1270.4 | 1247.2 | 1226 | 1224 | |
| C (Gr) | | | | 1577.1 | 1533 | 1555.0 | 1532.6 | 1577.1 | 1554.8 | 1529.6 | 1530.3 | |

Bulk Specific Gravity (Gr/cc)
 App Specific Gravity (Gr/cc)
 Ssd Specific Gravity (Gr/cc)
 Absorption (%)
 (500-A)/A x 100

| | CA 3/4" | | | MA 1/2" | | | FA | | | SAND | | |
|----------------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|
| | Sample 1 | Sample 2 | Average | Sample 1 | Sample 2 | Average | Sample 1 | Sample 2 | Average | Sample 1 | Sample 2 | Average |
| A / (B+500-C) | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 2.535 | 2.550 | 2.542 | 2.564 | 2.539 | 2.551 | 2.508 | 2.546 | 2.527 |
| A / (B+A-C) | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 2.685 | 2.686 | 2.685 | 2.680 | 2.686 | 2.682 | 2.607 | 2.639 | 2.623 |
| 500/(B+500-C) | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 2.591 | 2.604 | 2.597 | 2.612 | 2.587 | 2.599 | 2.548 | 2.581 | 2.564 |
| Absorption (%) | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 2.208 | 2.124 | 2.166 | 1.885 | 1.874 | 1.885 | 1.523 | 1.379 | 1.451 |

3. AVERAGE SPECIFIC GRAVITY OF AGGREGAT

Percentage of aggregate retained No 4 sieve (%)
 Percentage of aggregate passing No 4 sieve (%)


| | CA 3/4" | MA 1/2" | FA + F | SAND |
|---|---------|---------|--------|--------|
| Percentage of aggregate retained No 4 sieve (%) | 100.00 | 84.37 | 83.88 | 100.00 |
| Percentage of aggregate passing No 4 sieve (%) | 0.00 | 35.84 | 93.88 | 0.00 |

4. RESULT TEST

Bulk Specific Gravity (Gr/cc)
 App Specific Gravity (Gr/cc)
 Ssd Specific Gravity (Gr/cc)
 Absorption (%)

| | CA 3/4" | MA 1/2" | FA | SAND |
|-------------------------------|---------|---------|-------|-------|
| Bulk Specific Gravity (Gr/cc) | 2.584 | 2.583 | 2.552 | 2.527 |
| App Specific Gravity (Gr/cc) | 2.633 | 2.680 | 2.676 | 2.623 |
| Ssd Specific Gravity (Gr/cc) | 2.602 | 2.600 | 2.598 | 2.564 |
| Absorption (%) | 0.732 | 1.423 | 1.825 | 1.451 |

L4: Grafik Gradasi Campuran Normal

| | | |
|--|--|---|
| Pengaruh Variasi Kadar filler Abu Cangkang Kerang Pada lapisan Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Pengejian Marshall | GRAFIK GRADASI CAMPURAN AC WEARING COURSE |  |
|--|--|---|

SUMBER MATERIAL : COLD BIN


| UKURAN SARINGAN | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Inch | | 3/4" | 1/2" | 3/8" | # 4 | # 8 | # 16 | # 30 | # 50 | # 100 | # 200 |
| mm | | 19 | 12.7 | 9.53 | 4.76 | 2.38 | 1.19 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |
| DATA MATERIAL | | | | | | | | | | | |
| COARSE AGREGATE 3/4 | | 100.00 | 56.11 | 13.54 | 1.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MEDIUM AGREGATE 1/2" | | 100.00 | 100.00 | 78.99 | 32.43 | 11.37 | 8.47 | 5.14 | 4.46 | 3.31 | 1.07 |
| FINE AGGREGATE | | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 97.72 | 76.69 | 53.16 | 38.79 | 25.75 | 17.10 | 10.77 |
| NATURAL SAND | | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 93.51 | 80.20 | 45.61 | 14.20 | 5.01 | 1.73 |
| KOMPOSISI CAMPURAN | | | | | | | | | | | |
| COARSE AGGREGATE 3/4 | 11 | 11.00 | 6.17 | 1.49 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MEDIUM AGGREGATE 1/2" | 33 | 33.00 | 33.00 | 26.07 | 10.70 | 3.75 | 2.79 | 1.70 | 1.47 | 1.09 | 0.35 |
| FINE AGGREGATE | 48 | 48.00 | 48.00 | 48.00 | 46.90 | 38.81 | 25.52 | 17.66 | 12.36 | 8.21 | 5.17 |
| NATURAL SAND | 8 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 7.48 | 6.42 | 3.65 | 1.14 | 0.40 | 0.14 |
| Total Campuran | | 100.00 | 100.00 | 95.17 | 83.55 | 65.75 | 48.04 | 34.73 | 23.01 | 14.97 | 9.70 |
| Spec Max | | 100.00 | 100.00 | 90.00 | 69.00 | 53.00 | 40.00 | 30.00 | 22.00 | 15.00 | 9.00 |
| Spec Min | | 100.00 | 90.00 | 77.00 | 53.00 | 33.00 | 21.00 | 14.00 | 9.00 | 6.00 | 4.00 |



Disetujui Oleh
 Quality Control

adhi
 Adhi Safitri

L5: Grafik Gradasi Campuran *Filler* Abu Cangkang Kerang Variasi 2%

| | | |
|--|--|---|
| Pengaruh Variasi Kadar filler Abu Cangkang Kerang Pada lapisan Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Pengujian Marshall | GRAFIK GRADASI CAMPURAN AC WEARING COURSE |  |
|--|--|---|

SUMBER MATERIAL COLD BIN

UKURAN SARINGAN

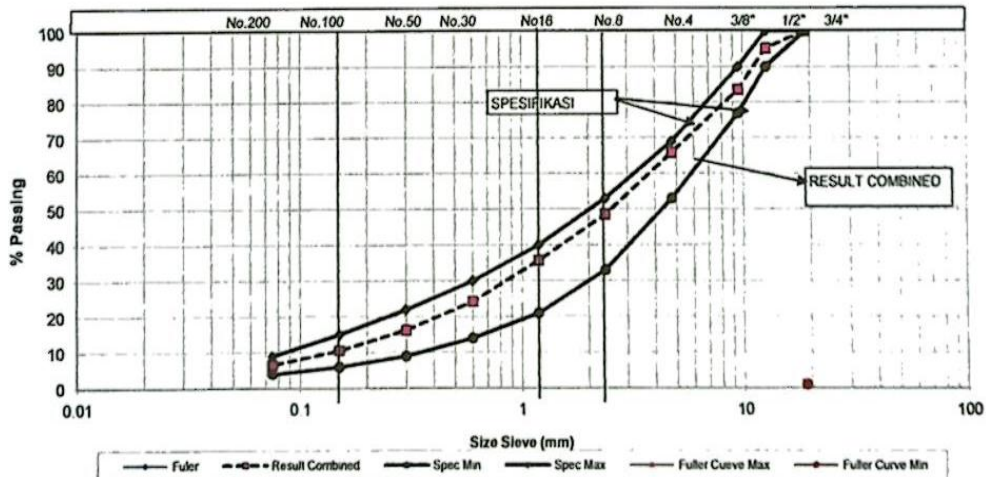
| | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Inch | 3/4" | 1/2" | 3/8" | # 4 | # 8 | # 16 | # 30 | # 50 | #100 | # 200 |
| mm | 19 | 12.7 | 9.53 | 4.76 | 2.38 | 1.19 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |

DATA MATERIAL

| | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| COARSE AGREGATE 3/4 | 100.00 | 56.11 | 13.54 | 1.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MEDIUM AGREGATE 1/2" | 100.00 | 100.00 | 78.99 | 32.43 | 11.37 | 8.47 | 5.14 | 4.46 | 3.31 | 1.07 |
| FINE AGGREGATE | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 97.72 | 76.69 | 53.16 | 36.79 | 25.75 | 17.10 | 10.77 |
| NATURAL SAND | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 93.51 | 80.20 | 45.61 | 14.20 | 5.01 | 1.73 |
| CANGKANG KERANG | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 89.44 | 59.17 | 54.95 |

KOMPOSISI CAMPURAN

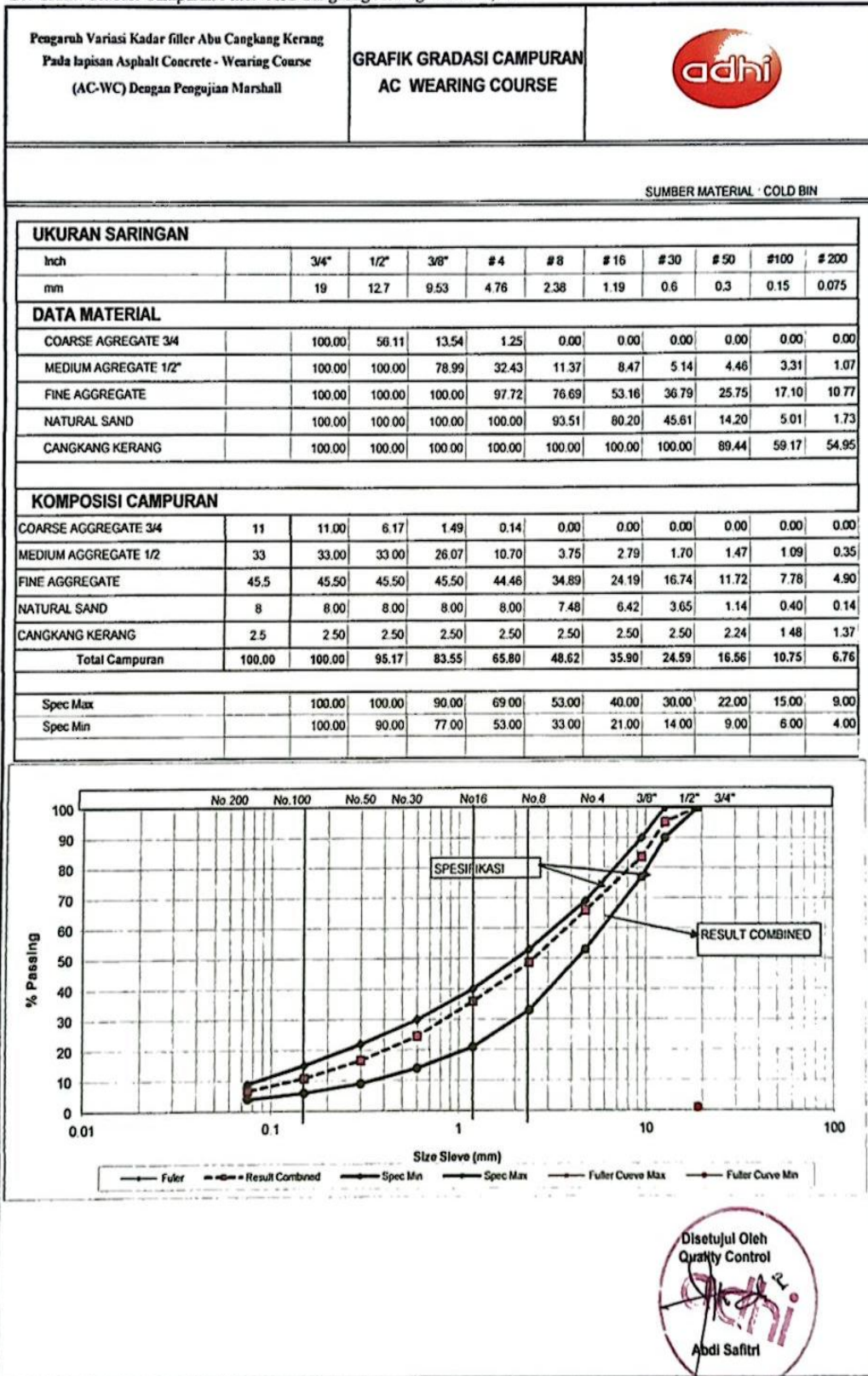
| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| COARSE AGGREGATE 3/4 | 11 | 11.00 | 6.17 | 1.49 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MEDIUM AGGREGATE 1/2" | 33 | 33.00 | 33.00 | 26.07 | 10.70 | 3.75 | 2.79 | 1.70 | 1.47 | 1.09 | 0.35 |
| FINE AGGREGATE | 46 | 46.00 | 46.00 | 46.00 | 44.95 | 35.28 | 24.45 | 16.93 | 11.84 | 7.87 | 4.95 |
| NATURAL SAND | 8 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 7.48 | 6.42 | 3.65 | 1.14 | 0.40 | 0.14 |
| CANGKANG KERANG | 2 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.79 | 1.18 | 1.10 |
| Total Campuran | 100.00 | 100.00 | 95.17 | 83.55 | 65.79 | 48.51 | 35.66 | 24.27 | 16.24 | 10.54 | 6.54 |
| Spec Max | | 100.00 | 100.00 | 90.00 | 69.00 | 53.00 | 40.00 | 30.00 | 22.00 | 15.00 | 9.00 |
| Spec Min | | 100.00 | 90.00 | 77.00 | 53.00 | 33.00 | 21.00 | 14.00 | 9.00 | 6.00 | 4.00 |



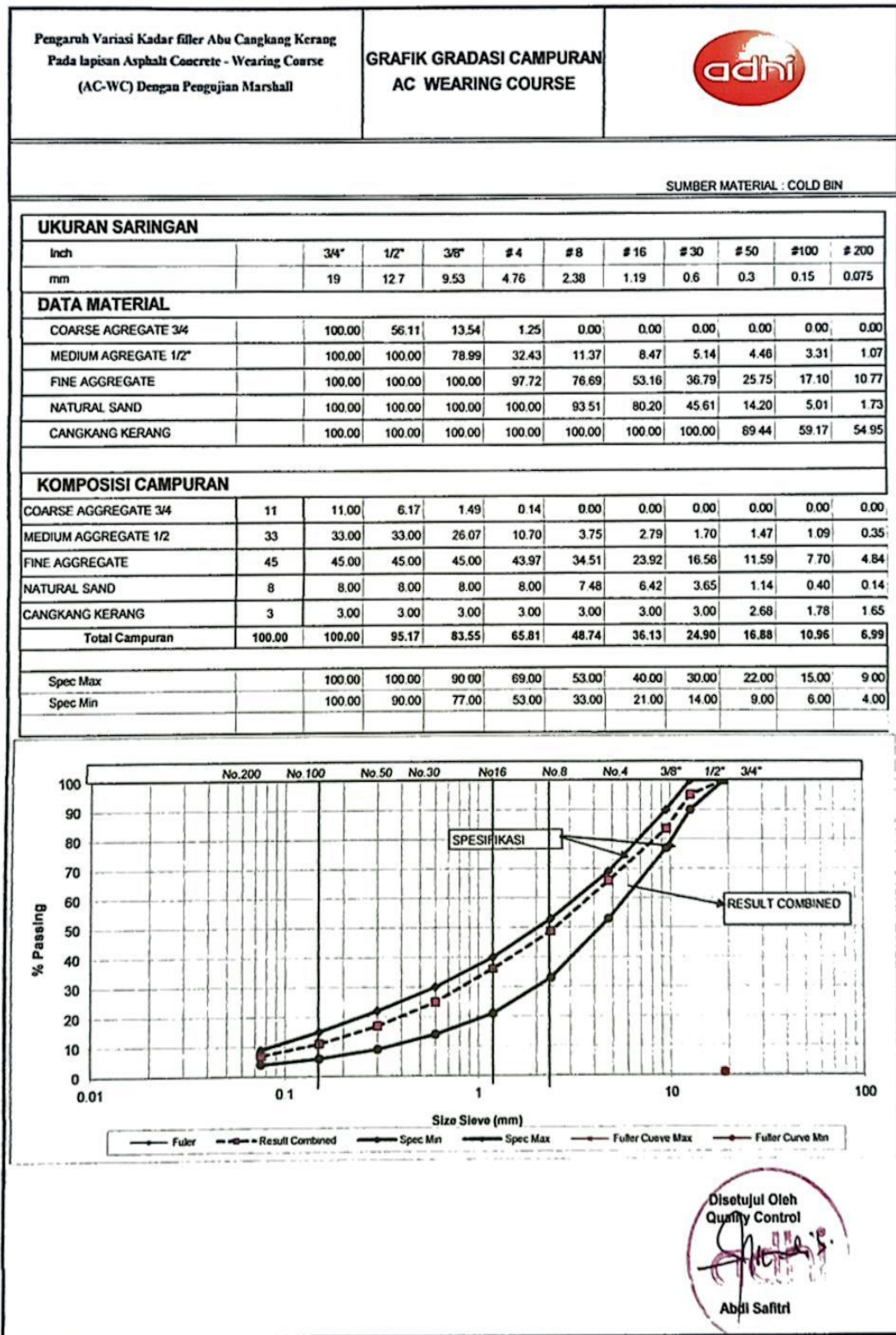
Disetujui Oleh
 Quality Control

 Abdi Safitri

L6: Grafik Gradasi Campuran Filler Abu Cangkang Kerang Variasi 2,5%



L7: Grafik Gradasi Campuran Filler Abu Cangkang Kerang Variasi 3%



L8: Pengujian Marshall Campuran Normal

| Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang Pada Lapisan Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Pengujian Marshall | | | | | | | | | | PERCOBAAN MARSHALL (SNI 06-2489-1991) | | | | | | | | | | SOURSE : COLD BIN (AC-WC) | | | | | | |
|--|---------------|------|---------------|--------|--------------|--------|--------|-------|----------------------|---|---------|----|---------|---------|---------|-------|-------------------------|-----|-----------|---------------------------|-----------|------|-------------------|------|-------------------|---|
| Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang Pada Lapisan Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Pengujian Marshall | | | | | | | | | | PERCOBAAN MARSHALL (SNI 06-2489-1991) | | | | | | | | | | SOURSE : COLD BIN (AC-WC) | | | | | | |
| No./Sta | Aggregate (%) | | A.C mixes (%) | | Berat (gram) | | Volume | | Berat Jenis (gm/cc) | | VMA (%) | | VIM (%) | | VFA (%) | | Bacaan arloji stability | | Stability | | Kelelahan | | Marshall Quolient | | K Asphalt Efektif | |
| | a | b | c | d | e | f=d-e | g=c/f | h | i | j | k | l | m | n=m*scr | o | p=n/o | q | r | s | t | u | v | w | x | y | z |
| 1 | 95.0 | 5.0 | 1180.2 | 672.0 | 1188.0 | 516.0 | 2.287 | 2.411 | 15.47 | 5.59 | 63.86 | 53 | 1282.3 | 1141 | 3.10 | 3.10 | 1088.7 | 989 | 2.80 | 2.80 | 1062 | 3.13 | 339 | 4.97 | | |
| 2 | | | 1185.0 | 680.4 | 1201.2 | 520.8 | 2.275 | 2.298 | 15.13 | 4.04 | 73.31 | 49 | 1185.5 | 1055 | 3.20 | 3.20 | 1040.3 | 926 | 2.30 | 2.30 | 1062 | 3.13 | 339 | 4.97 | | |
| 3 | | | 1185.7 | 684.7 | 1207.7 | 523.0 | 2.267 | 2.277 | 15.47 | 5.59 | 63.86 | 53 | 1282.3 | 1141 | 3.10 | 3.10 | 1040.3 | 926 | 2.30 | 2.30 | 1062 | 3.13 | 339 | 4.97 | | |
| Rata - rata | | 94.5 | 5.5 | 1185.3 | 673.1 | 1190.1 | 517.0 | 2.293 | 15.47 | 5.59 | 63.86 | 53 | 1282.3 | 1141 | 3.10 | 3.10 | 1040.3 | 926 | 2.30 | 2.30 | 1062 | 3.13 | 339 | 4.97 | | |
| 1 | | | 1180.4 | 679.4 | 1188.5 | 509.1 | 2.319 | 2.298 | 15.13 | 4.04 | 73.31 | 49 | 1185.5 | 1055 | 3.20 | 3.20 | 1040.3 | 926 | 2.30 | 2.30 | 1062 | 3.13 | 339 | 4.97 | | |
| 2 | | | 1180.3 | 687.1 | 1197.7 | 510.6 | 2.331 | 2.331 | 15.46 | 3.22 | 79.15 | 52 | 1258.1 | 1120 | 3.30 | 3.30 | 1040.3 | 926 | 2.30 | 2.30 | 1062 | 3.13 | 339 | 4.97 | | |
| 3 | | | 1188.2 | 686.5 | 1195.5 | 509.0 | 2.334 | 2.301 | 15.46 | 3.22 | 79.15 | 52 | 1258.1 | 1120 | 3.30 | 3.30 | 1040.3 | 926 | 2.30 | 2.30 | 1062 | 3.13 | 339 | 4.97 | | |
| Rata - rata | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | |
|-----------|-------|------------|-------|------------|-------|
| Bj/Bulk | 2.559 | K/Aggregat | 94.5 | K/Asphalt | 5.5 |
| Kelelahan | | Bj/Asphalt | 1.029 | Gnm | 2.394 |
| | | | | Bj Eff Agg | 2.595 |
| | | | | Adsp Aspi | 0.56 |

* GMM ditentukan dengan cara AASTHO T 209 pada kadar asphalt optimum perkiraan
 $P_b = 0.035 (\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0.18 (\%FF) + K$
 $K = 0.5 - 1$ Untuk laston, 2.0 - 3.0 Untuk lateston

** Bj Eff Agg = $\frac{100 \cdot KA}{Gnm}$

*** Absorpsi Asphalt terhadap aggregate = $\frac{Bj \cdot eff \cdot Bj \cdot bulk}{Bj \cdot eff \cdot Bj \cdot bulk} \times Bj \cdot Asphalt$

**** Absorpsi Asphalt terhadap aggregate = $\frac{Bj \cdot eff \cdot Bj \cdot bulk}{Bj \cdot eff \cdot Bj \cdot bulk} \times Bj \cdot Asphalt$

***** Absorpsi Asphalt terhadap aggregate = $\frac{Bj \cdot eff \cdot Bj \cdot bulk}{Bj \cdot eff \cdot Bj \cdot bulk} \times Bj \cdot Asphalt$

L9: Pengujian Marshall Campuran Filler Cangkang Kerang Variasi 2%

Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang Pada lapisan Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Pengujian Marshall

PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE MARSHALL METHOD



SOURCE MATERIAL : COLD BIN

Specific Gravity Aggregate

| No | Aggregate oven dry | app |
|----|--------------------|-------|
| b | CA 3/4 | 2.585 |
| b | MA | 2.563 |
| c | FA | 2.544 |
| d | SAND | 2.526 |

Penetration Grade of Bitumen AC 60/70
Specific Gravity of Bitumen, T 1.029
Calibration Ring, Ring = 15.15 kg

15.1543

| Spec No | Bitumen Content | Bulk Sp Gg Of Total Agg | Bulk Sp Gg Of Total Agg | Eff Sp Gg Of Total Agg | Max Sp Gg Combined | Weight (Gram) | | Volume Of Specimen | Bulk Density (G/cc) | Absorbtion (% By Wt) Of Tot Mix | Volume % of Total | | Air Void | VMA (%) | % Voids Filled | Stability | | Flow (mm) | Marshall Countent (Kg/mm) |
|---------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|---------------|----------|--------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------|----------|----------|---------|----------------|-----------|----------|-----------|---------------------------|
| | | | | | | In Air | In Water | | | | SSD | From Lab | | | | From Lab | From Lab | | |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
| 1 | 5.00 | 2.553 | 2.607 | 1194.0 | 682.0 | 1198.6 | 516.6 | 2.311 | 0.79 | Refer Note 5 | 9.49 | 85.45 | 5.15 | 14.64 | 64.81 | 55 | 775 | 2.00 | 391 |
| 2 | 5.50 | 2.553 | 2.607 | 1192.0 | 679.5 | 1194.0 | 514.5 | 2.317 | 0.78 | Refer Note 4 | 10.66 | 85.31 | 4.13 | 14.79 | 72.10 | 80 | 1127 | 2.60 | 403 |
| 3 | 6.00 | 2.553 | 2.607 | 1191.0 | 680.0 | 1194.0 | 514.0 | 2.317 | 0.78 | Refer Note 4 | 10.66 | 85.31 | 4.13 | 14.79 | 72.10 | 90 | 1268 | 3.20 | 403 |
| | | | | 1194.0 | 680.0 | 1198.2 | 518.2 | 2.304 | | | | | | | | 85 | 1236 | 3.30 | |
| | | | | 1204.0 | 685.4 | 1208.0 | 522.6 | 2.304 | | | | | | | | 75 | 1057 | 3.00 | |
| | | | | | | | | 2.308 | 0.78 | 5.27 | 11.82 | 84.89 | 3.30 | 15.11 | 78.20 | | 1187 | 3.17 | 376 |

- $B = (a+b+c+d+e) / (a/oven_s + b/oven_s + c/oven_s + d/oven_s + e/oven_s)$
 - $C = (a+b+c+d+e) / (a/app_s + b/app_s + c/app_s + d/app_s + e/app_s) + B) / 2$
 - $D = 100 / ((100-A)/C + A/T)$
 - $J = 100(C-B)/(B-C)T$
 - $K = A - (100 - A) / 100 X J$
 - $R = 1000(A-J) / UT(100-A)$
- If Q > 0.8 then formula shown for D shall not be used and shall be obtained instead ASSTHO T 209 - 74

MIX PROPORTION (% BY WT OF COMB AGGREGATE)

| a | b | c | d | e | f |
|----|----|----|---|---|---|
| 11 | 33 | 46 | 8 | 2 | |



L.10: Pengujian Marshall Campuran Filler Cangkang Kerang Variasi 2,5%

Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang Pada Lapisan Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Pengujian Marshall

PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE MARSHALL METHOD



SOURCE MATERIAL : COLD BIT

Specific Gravity Aggregate

| No | Aggregate | even dry | app |
|----|-----------|----------|-------|
| b | CA 3/4 | 2.585 | 2.635 |
| b | MA | 2.563 | 2.556 |
| c | FA | 2.544 | 2.676 |
| d | SAND | 2.526 | 2.621 |

Penetration Grade of Bitumen AC 60/70
 Specific Gravity of Bitumen, T 1.029
 Calibration Ring, Ring = 24.18 kg

| Spec No | Bitumen Content % Bit | Bulk Sp Gg Of Total Agg | Eff Sp Gg Of Total Agg | Max Sp Gr Combined Mix | Weight (Gram) | | SSD | | Volume Of Specimen | Bulk Density (G/cc) | Absorption Bit (% By Wt) Of Tot Mix | % eff AC BY Mix | Volume % of Total Agg | | | | VMA (%) | % Voids Filled | Stability Measure (Kg) | Flow (mm) | Marshall Countment (Kg/mm) |
|---------|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------------|------|-------|-------|----------------|----------------------|------------------------|-----------|----------------------------|
| | | | | | In Air | In Water | F | G | | | | | H | I | J | K | | | | | |
| 1 | 5.00 | 2.553 | 2.607 | 2.421 | 1188.0 1193.0 1197.0 | 672.0 674.5 687.6 | 1184.4 1204.0 1205.8 | 522.4 529.5 518.2 | 2.270 2.253 2.310 | 0.79 | 4.26 | 9.41 | 84.76 | 5.92 | 16.33 | 61.40 | 36 42 35 | 809 904 753 | 2.30 2.70 2.60 | | |
| 2 | 5.50 | 2.553 | 2.607 | 2.404 | 1189.0 1188.0 1200.0 | 691.0 672.0 691.0 | 1192.3 1192.3 1201.6 | 511.3 520.3 520.6 | 2.325 2.283 2.305 | 0.78 | 4.76 | 10.66 | 85.30 | 4.13 | 14.79 | 72.07 | 45 50 55 | 1012 1076 1183 | 3.30 3.60 3.70 | | |
| 3 | 6.00 | 2.553 | 2.607 | 2.387 | 1192.0 1193.0 1190.0 | 677.0 678.3 682.5 | 1197.5 1197.0 1191.0 | 520.5 518.7 508.5 | 2.290 2.300 2.340 | 0.78 | 5.27 | 11.83 | 85.08 | 3.22 | 15.06 | 78.58 | 50 55 53 | 1124 1277 1192 | 3.60 3.60 3.70 | | |
| | | | | | | | | | 2.310 | | | | | 3.22 | 15.06 | 78.58 | | 1187 | 3.60 | | 333 |

MIX PROPORTION (% BY WT OF COMB AGGREGATE)

| | a | b | c | d | e | f |
|--|----|----|------|---|-----|---|
| | 11 | 33 | 45.5 | 6 | 2.5 | |

- $B = (a+b+c+d+e) / (a \cdot v_{en} + b \cdot v_{en} + c \cdot v_{en} + d \cdot v_{en} + e \cdot v_{en})$
- $C = [(a+b+c+d+e) / (a \cdot v_{ap} + b \cdot v_{ap} + c \cdot v_{ap} + d \cdot v_{ap} + e \cdot v_{ap})] \cdot B$
- $D = 100 / [(100-A)C + A] \cdot T$
- $J = 100(C-B) / (B \cdot C) \cdot T$
- $K = A - (100 - A) / 100 \cdot X \cdot J$
- $R = 1000(A-J) / UT(100-A)$
 If $Q > 0.8$ then formula shown for D shall not be used and shall be obtained instead ASSTHO T 209 - 74



L11: Pengujian Marshall Campuran Filler Abu Cangkang Kerang Variasi 3%

Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang Pada Lapisan Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Pengujian Marshall

PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE MARSHALL METHOD



SOURCE MATERIAL : COLD BIN

Specific Gravity Aggregate

| No | Aggregate oven dry | app |
|----|--------------------|-------|
| a | CA 3/4 | 2.585 |
| b | MA | 2.563 |
| c | FA | 2.544 |
| d | SAND | 2.526 |

Penetration Grade of Bitumen AC 60/70
 Specific Gravity of Bitumen, T 1.024
 Calibration Ring, Ring = 24.18 kg

| Spec No | Bitumen Content (%) | Bulk Sp Gg Of Total Agg | Eff Sp Gg Of Total Agg | Max Sp Gg Combined | Weight (Gram) | | Volume Of Specimen | Bulk Density (G/cc) | Absorption Bit (% By Wt) Of Tot Mix | % eff AC BY Mix | Volume % of Total | | | VMA (%) | % Voids Filled | Stability | | Flow (mm) | Marshall Countient (Kg/mm) | |
|---------|---------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|---------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------|----------|--------|---------|----------------|-----------|--------|-----------|----------------------------|----------|
| | | | | | In Air | In Water | | | | | SSD | From Lab | To Lab | | | From Lab | To Lab | | | From Lab |
| 1 | 5.00 | 2.553 | 2.607 | 2.420 | 1188.0 | 675.5 | 1194.4 | 2.289 | 0.78 | 4.26 | 9.46 | 84.71 | 5.92 | 15.36 | 61.63 | 37 | 832 | 2.50 | 320 | |
| 2 | 5.50 | 2.553 | 2.607 | 2.402 | 1221.0 | 685.5 | 1223.0 | 2.272 | 0.78 | 4.76 | 10.71 | 85.24 | 4.14 | 14.85 | 72.12 | 47 | 1057 | 3.30 | 353 | |
| 3 | 6.00 | 2.553 | 2.607 | 2.385 | 1193.0 | 650.0 | 1200.4 | 2.303 | 0.78 | 4.76 | 10.71 | 85.24 | 4.14 | 14.85 | 72.12 | 55 | 1183 | 3.60 | 353 | |
| | | | | | 1193.0 | 650.0 | 1191.0 | 2.335 | | | | | | | | | 60 | 1291 | 3.20 | |
| | | | | | 1193.0 | 650.0 | 1191.0 | 2.316 | | | | | | | | | 52 | 1169 | 3.40 | |
| | | | | | 1193.0 | 650.0 | 1191.0 | 2.316 | | | | | | | | | 60 | 1393 | 3.60 | |
| | | | | | 1193.0 | 650.0 | 1191.0 | 2.316 | | | | | | | | | 55 | 1237 | 3.60 | |
| | | | | | 1193.0 | 650.0 | 1191.0 | 2.316 | | | | | | | | | 55 | 1266 | 3.60 | |

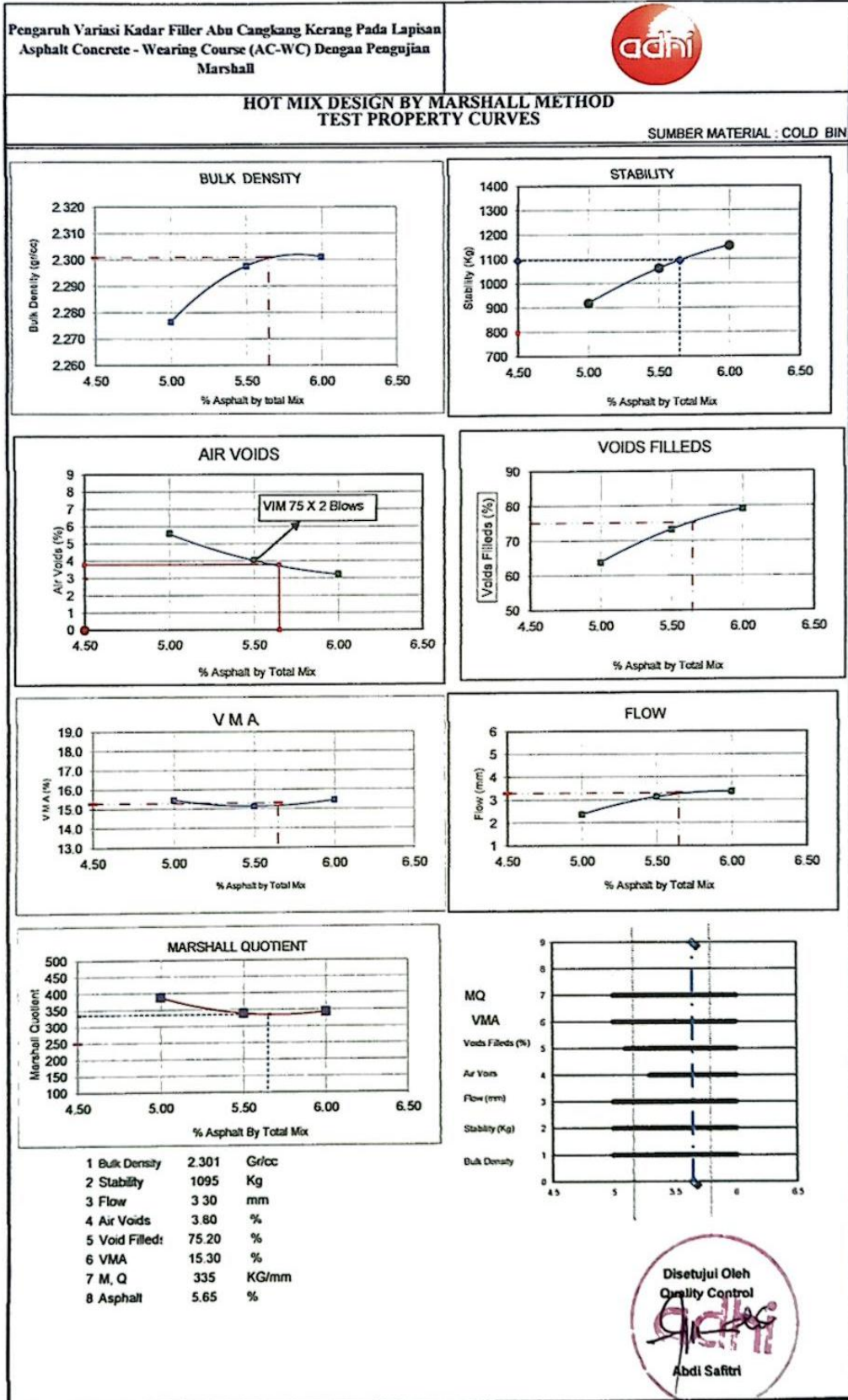
MIX PROPORTION (% BY WT OF COMB AGGREGATE)

| | a | b | c | d | e | f |
|----|----|----|---|---|---|---|
| 11 | 33 | 45 | 8 | 3 | | |

- $B = (a+b+c+d+e) / (a+b+c+d+e) + b'oven_3 + c'oven_3 + d'oven_3$
 - $C = ((a+b+c+d+e) / (a'app_3 + b'apps_3 + c'apps_3 + d'apps_3 + e'apps_3 + A/T)) / 2$
 - $D = 100 / ((100-A)/C + A/T)$
 - $J = 100(C-B)/(B-C)T$
 - $K = A - (100 - A) / (100 X J)$
 - $R = 1000(A-J) / UT(100-A)$
- If $Q > 0.8$ then formula shown for D shall not be used and shall be obtained instead ASSTHO T 209 - 74



L12: Grafik Marshall Campuran Normal



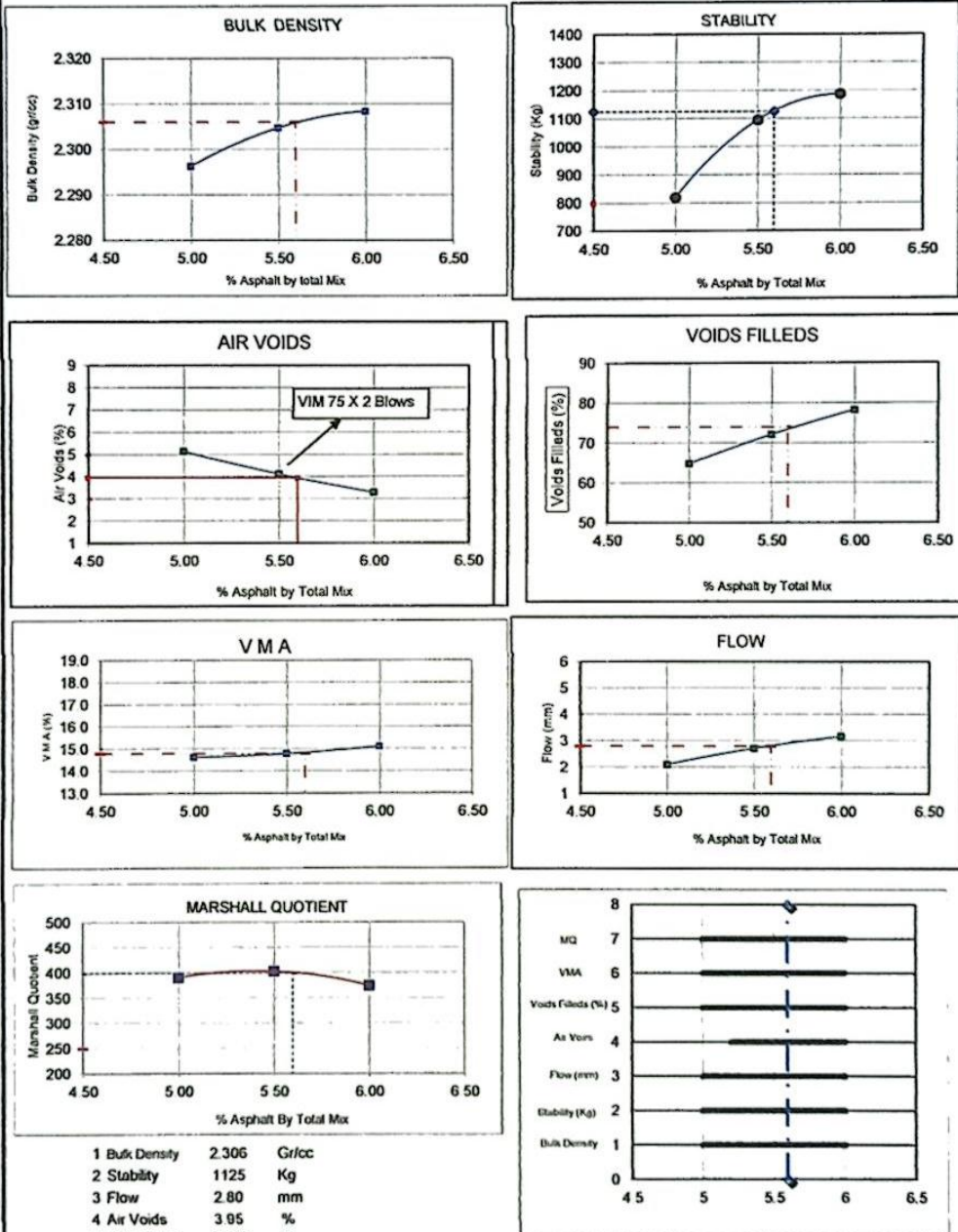
L13: Grafik Marshall Campuran Filler Abu Cangkang Kerang 2%

Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang
 Pada lapisan Asphalt Concrete - Wearing Course
 (AC-WC) Dengan Pengujian Marshall



HOT MIX DESIGN BY MARSHALL METHOD
 TEST PROPERTY CURVES

SUMBER MATERIAL : COLD BIN

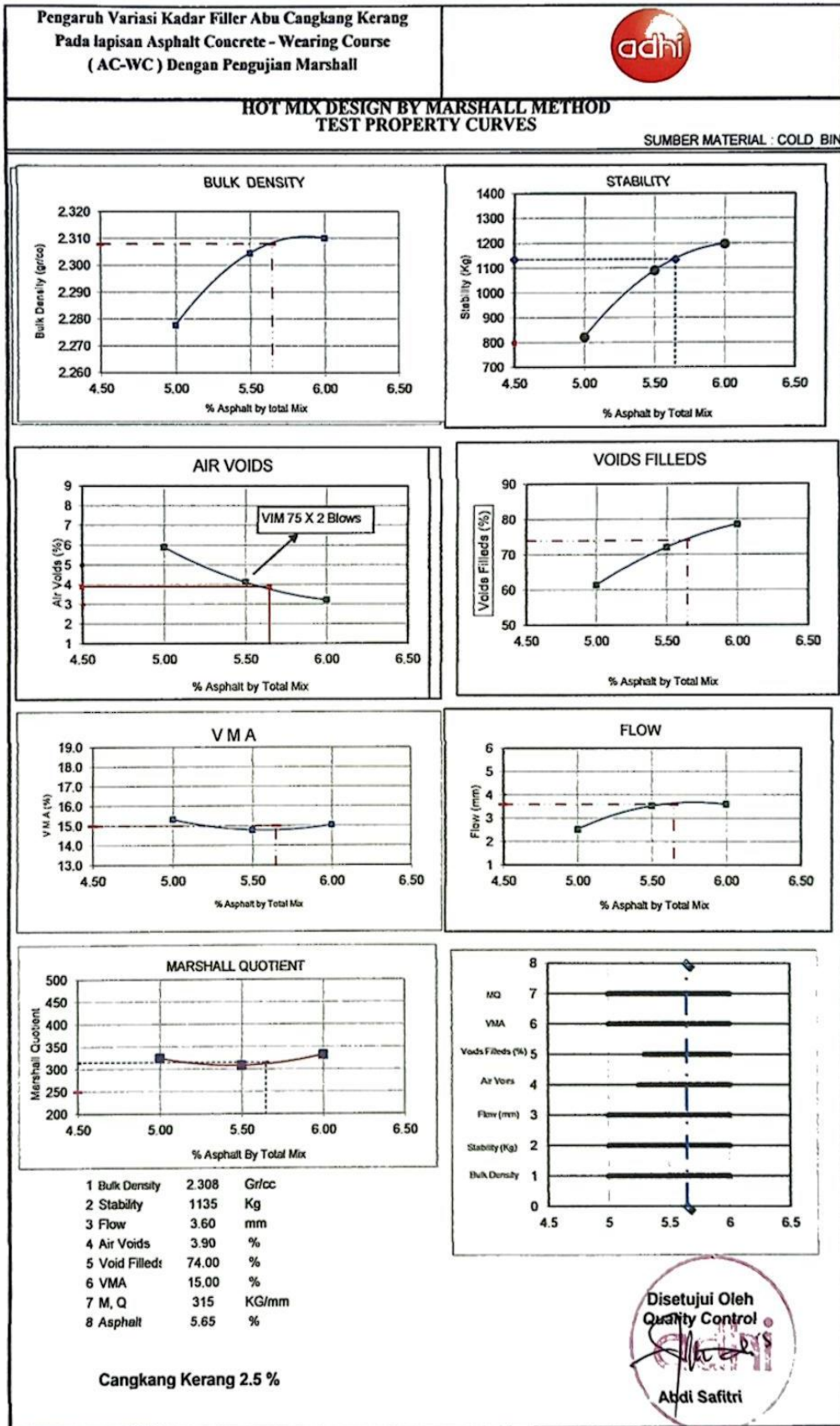


Cangkang Kerang 2 %

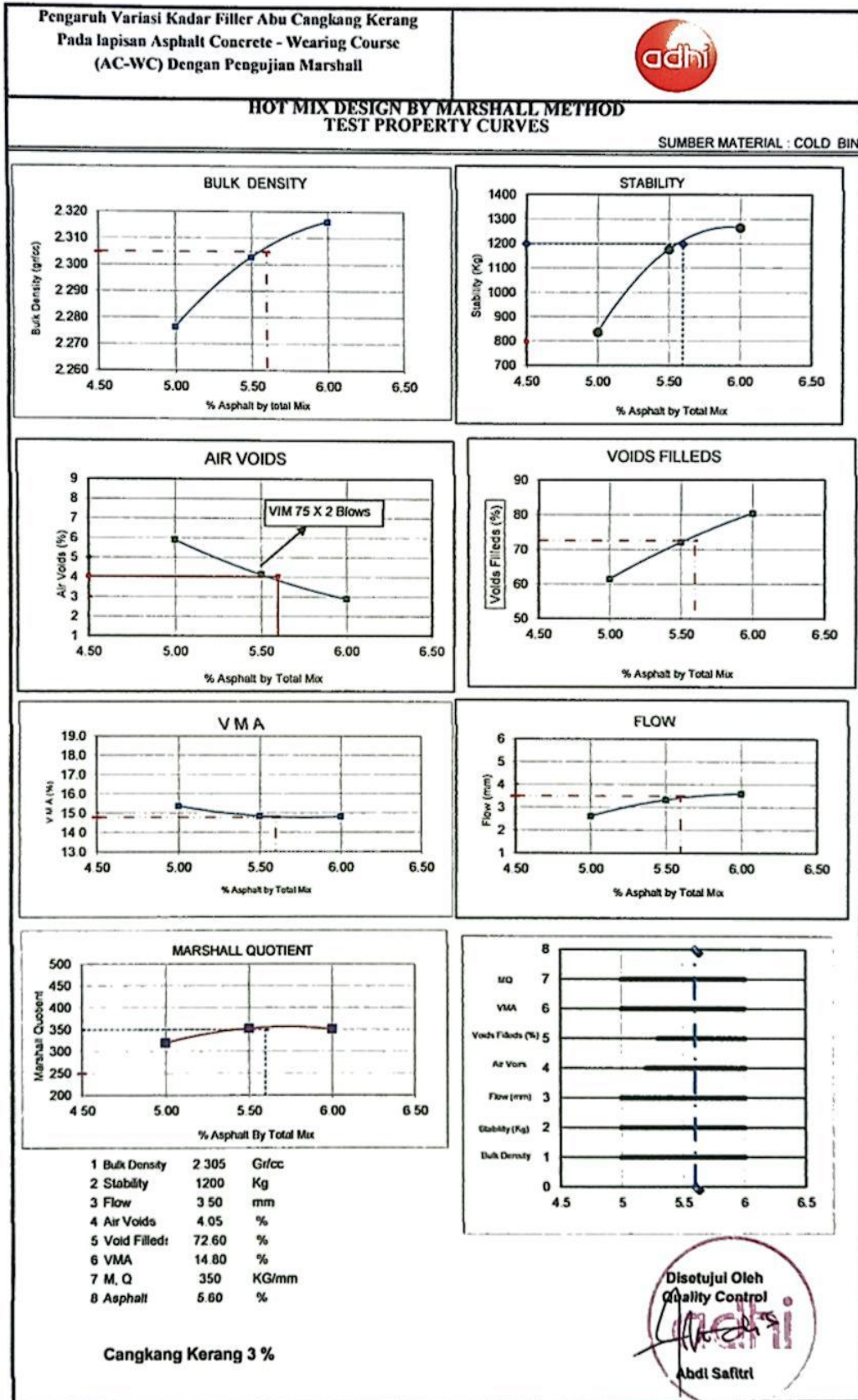
Disetujui Oleh
 Quality Control

 Abdi Safitri

L14: Grafik Marshall Campuran Filler Abu Cangkang Kerang Variasi 2,5%



L15: Grafik Marshall Campuran Filler Abu Cangkang Kerang 3%





Gambar L1: Foto mengambil cangkang kerang lokan di Jl. Pantai Sialang Buah



Gambar L2: Aspal penetrasi 60/70.



Gambar L3: Agregat Kasar (MA) $\frac{1}{2}$ inch.



Gambar L4: Agregat Kasar (Ca) $\frac{3}{4}$ inch.



Gambar L5: Agregat halus abu batu (FA).



Gambar L6: Bahan tambah *filler* abu cangkang kerang lokan



Gambar L7: Agregat halus pasir (*Sand*).



Gambar L8: Proses penyaringan agregat.



Gambar L9: Proses pemanasan benda uji.



Gambar L10: Proses penumbukan benda uji.



Gambar L11: Proses perendaman benda uji di *waterbath*.



Gambar L12: Proses pengujian *Marshall*

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Enicha Apriana Damanik
Panggilan : Icha
Tempat, Tanggal Lahir : Tanjung Hataran, 03 April 2001
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Huta II Tanjung Hataran
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Alm. M. Nasir Damanik
Ibu : Mawartik
No.HP : 082267035702
E-Mail : enichadamanik03@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1807210063
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Sipil
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

| No | Tingkat Pendidikan | Nama dan Tempat | Tahun Kelulusan |
|----|--|-------------------------------|-----------------|
| 1 | SD | SDN 095257 | 2012 |
| 2 | SMP | SMPN 1 Bandar Huluan | 2015 |
| 3 | SMA | SMA Muhammadiyah 7 Serbelawan | 2018 |
| 4 | Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2018 sampai selesai. | | |