TUGAS AKHIR

ANALISIS *ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE* (AC-WC) DENGAN BAHAN TAMBAH ASBUTON DAN PASIR LAUT UNTUK PERKERASAN JALAN

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung

Disusun Oleh :
Ibnu Bagus Wicaksono
NIM : 30.2018.00.082

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2024

TUGAS AKHIR

ANALISIS *ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE* (AC-WC) DENGAN BAHAN TAMBAH ASBUTON DAN PASIR LAUT UNTUK PERKERASAN JALAN

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung

Disusun Oleh :
Ibnu Bagus Wicaksono
NIM : 30.2018.00.082

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2024

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS *ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE* (AC-WC) DENGAN BAHAN TAMBAH ASBUTON DAN PASIR LAUT UNTUK PERKERASAN JALAN

diajukan oleh:

Ibnu Bagus Wicaksono
NIM. 30201800082

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 2025

Tim Penguji

1. **Dr. Ir. Juny Andry Sulistyo, S.T., M.T.**
   NIDN: 0611118903 .....
2. **Ir. Lisa Fitriyana. S.T., M.Eng**
   NIDN: 0631128901 .....

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: .....

Pada hari ini tanggal Januari 2025 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing:

Nama : Dr. Ir. Juny Andry Sulistyo, ST, MT.

Jabatan Akademik : Lektor

Jabatan : Dosen Pembimbing

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir :

Ibnu Bagus Wicaksono
NIM. 30201800082

Judul : Analisis *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan Bahan Tambah Asbuton dan Pasir Laut untuk Perkerasan Jalan

Dengan tahapan sebagai berikut:

No.	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1.	Penunjukan dosen pembimbing	13/10/2024	ACC
2.	Seminar Proposal	23/11/2024	ACC
3.	Pengumpulan data	25/11/2024	ACC
4.	Analisis data	30/12/2024	ACC
5.	Penyusunan laporan	10/01/2025	ACC
6.	Selesai laporan	12/01/2025	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Juny Andry Sulistyo, ST, MT.
NIDN: 0611118903

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

1. NAMA : Ibnu Bagus Wicaksono

   NIM : 30201800082

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

Analisis *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan Bahan Tambah Asbuton dan Pasir Laut untuk Perkerasan Jalan

Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Januari 2025

Yang membuat pernyataan,

Ibnu Bagus Wicaksono

NIM. 30201800082

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA	:	IBNU BAGUS WICAKSONO
NIM	:	30201800082
JUDUL TUGAS AKHIR	:	ANALISIS ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN BAHAN TAMBAH ASBUTON DAN PASIR LAUT UNTUK PERKERASAN JALAN

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Januari 2025

Yang membuat pernyataan,

METERAI TEMPEL 10000 0A67AAMX147155929

Ibnu Bagus Wicaksono

NIM. 30201800082

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ اُمَّةٍ اُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُوْنَ بِالْمَعْرُوْفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُوْنَ بِاللّٰهِ وَلَوْ اٰمَنَ اَهْلُ الْكِتٰبِ لَكَانَ خَيْرًا لَّهُمْ مِنْهُمُ الْمُؤْمِنُوْنَ وَاَكْثَرُهُمُ الْفٰسِقُوْنَ

"Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik". (Qs. Ali Imran :110)

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهٗ بِاِذْنِ رَبِّهٖۚ وَالَّذِيْ خَبُثَ لَا يَخْرُجُ اِلَّا نَكِدًاۗ كَذٰلِكَ نُصَرِّفُ الْاٰيٰتِ لِقَوْمٍ يَّشْكُرُوْنَ

"Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur." (QS. Al A'raf : 58)

مِنْهَا خَلَقْنٰكُمْ وَفِيْهَا نُعِيْدُكُمْ وَمِنْهَا نُخْرِجُكُمْ تَارَةً اُخْرٰى

" Dari bumilah Kami ciptakan kamu, dan ke dalamnya Kami akan mengembalikan kamu, dan daripadanya pula Kami akan mengeluarkan kamu sekali lagi." (QS. At Taha : 55)

فَاِنْ لَّمْ تَفْعَلُوْا وَلَنْ تَفْعَلُوْا فَاتَّقُوا النَّارَ الَّتِيْ وَقُوْدُهَا النَّاسُ وَالْحِجَارَةُۖ اُعِدَّتْ لِلْكٰفِرِيْنَ

"Maka jika kamu tidak dapat membuat(nya) – dan pasti kamu tidak akan dapat membuat(nya), peliharalah dirimu dari neraka yang bahan bakarnya manusia dan batu, yang disediakan bagi orang-orang kafir" (QS. Al-Baqarah : 24)

"Ketahuilah bahwa kemenangan bersama kesabaran, kelapangan Bersama kesempitan, dan kesulitan bersama kemudahan". (HR Tirmidzi)

"waktu itu bagaikan pedang. Jika kamu tidak memanfaatkannya dengan baik, maka ia akan memanfaatkanmu". (HR. Muslim)

PERSEMBAHAN

Alhamdullilah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang saya rasakan hingga saat ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Orang tua saya tercinta, ayah Mohsan dan Suparyanti yang selalu memberi semangat serta saran yang berguna dan selalu memberi dukungan baik berupa materi maupun moril.
2. Dr. Ir. Juny Andry Sulistyo, ST., MT selaku dosen peinbimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan arahan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Dosen - dosen Program Studi Teknik Sipil Unissula yang telah membagikan ilmunya.
4. Ivanny MR, ST.dan Kurnia supriyadi yang selama ini mensuppot dalam menyelesaikan Tugas Akhir dan melewati sukaduka selama mengerjakan Tugas Akhir.
5. Asisten Laboratorium Perkerasan Jalan yaitu Mas Daryanto, Ferdiano Yogi, Kondang Syaukani, Zahra Ridha, Vieka Halwa, dan juga teman-teman yang sudah membantu dalam melaksanakan penelitian ini.
6. Teman-teman semua yang telah membantu serta memberi semangat yang tidakbisa saya sebut satu persatu.

Ibnu Bagus Wicaksono

30201800082

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan menyebut asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puja danpuji syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala yang atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah Nya, kami telah apat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Analisis *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan Bahan Tambah Asbuton dan Pasir Laut untuk Perkerasan Jalan"

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terwujud atas pertolongan Allah TuhanYang Maha Penolong dan atas bantuan serta dukungan beberapa pihak. Untuk itu ingin mengucpkan terima kasih kepada kepada:

1. Bapak Dr.Abdul Rochim, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik SipilFakultas Teknik Universitas Islam Sultan AgungSemarang.
3. Bapak Dr. Ir. Juny Andry Sulistyo, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan, kesabaran dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunan dalam penulisan. Semoga Tugas Akhir dapat bermanfaat bagi kita semua dan tidak hanya bagi penulis saja.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Semarang, Januari 2025

Penulis

Ibnu Bagus Wicaksono

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ اُمَّةٍ اُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُوْنَ بِالْمَعْرُوْفِ وَتَنْهَوْنَ
عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُوْنَ بِاللهِ ۗ وَلَوْ اٰمَنَ اَهْلُ الْكِتٰبِ لَكَانَ خَيْرًا
لَّهُمْ ۗ مِنْهُمُ الْمُؤْمِنُوْنَ وَاَكْثَرُهُمُ الْفٰسِقُوْنَ

"Kamu adalah umat yang terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada yang ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang yang fasik".

(QS. Ali 'Imran : 110)

فَتَعَالَى اللَّهُ الْمَلِكُ الْحَقُّ ۗ وَلَا تَعْجَلْ بِالْقُرْآنِ مِنْ قَبْلِ أَنْ يُقْضَىٰ إِلَيْكَ وَحْيُهُ ۖ وَقُلْ
رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

Maka Maha Tinggi Allah Raja Yang sebenar-benarnya, dan janganlah kamu tergesa-gesa membaca Al qur'an sebelum disempurnakan mewahyukannya kepadamu, dan katakanlah: "Ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu pengetahuan".

(QS. Thaha : 114)

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ وَمِنَ الْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ يَتَنَزَّلُ الْأَمْرُ بَيْنَهُنَّ لِتَعْلَمُوا
أَنَّ اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ وَأَنَّ اللَّهَ قَدْ أَحَاطَ بِكُلِّ شَيْءٍ عِلْمًا

"Allah-lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi. Perintah Allah berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwasanya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu, dan sesungguhnya Allah ilmu-Nya benar-benar meliputi segala sesuatu".

(QS. At Talaq : 12)

وَيَسْأَلُونَكَ عَنِ الرُّوحِ ۖ قُلِ الرُّوحُ مِنْ أَمْرِ رَبِّي وَمَا أُوتِيتُمْ مِنَ الْعِلْمِ إِلَّا قَلِيلًا

"Dan mereka bertanya kepadamu tentang roh. Katakanlah: "Roh itu termasuk urusan Tuhan-ku, dan tidaklah kamu diberi pengetahuan melainkan sedikit".

(QS. Al Isra : 85)

PERSEMBAHAN

Alhamdullilah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang saya rasakan hingga saat ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Orang tua saya tercinta, ayah Mohsan dan Suparyanti yang selalu memberi semangat serta saran yang berguna dan selalu memberi dukungan baik berupa materi maupun moril.
2. Dr. Ir. Juny Andry Sulistyo, ST., MT selaku dosen peinbimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan arahan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Dosen - dosen Program Studi Teknik Sipil Unissula yang telah membagikan ilmunya.
4. Ivanny MR, ST.dan Kurnia supriyadi yang selama ini mensuppot dalam menyelesaikan Tugas Akhir dan melewati sukaduka selama mengerjakan Tugas Akhir.
5. Asisten Laboratorium Perkerasan Jalan yaitu Mas Daryanto, Ferdiano Yogi, Kondang Syaukani, Zahra Ridha, Vieka Halwa, dan juga teman-teman yang sudah membantu dalam melaksanakan penelitian ini.
6. Teman-teman semua yang telah membantu serta memberi semangat yang tidakbisa saya sebut satu persatu.

Ibnu Bagus Wicaksono

30201800082

KATA PENGANTAR

Assa1amu'a1aikum Wr. Wb

Dengan menyebut asma Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, segala puja danpuji syukur bagi Allah Subhanahu Wa ta'ala yang atas Rahmat, Taufiq, dan Hidayah Nya, kami telah apat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Analisis *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan Bahan Tambah Asbuton dan Pasir Laut untuk Perkerasan Jalan"

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terwujud atas pertolongan Allah TuhanYang Maha Penolong dan atas bantuan serta dukungan beberapa pihak. Untuk itu ingin mengucpkan terima kasih kepada kepada:

1. Bapak Dr.Abdul Rochim, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik SipilFakultas Teknik Universitas Islam Sultan AgungSemarang.
3. Bapak Dr. Ir. Juny Andry Sulistyo, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan, kesabaran dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunan dalam penulisan. Semoga Tugas Akhir dapat bermanfaat bagi kita semua dan tidak hanya bagi penulis saja.

Wassa1amu'a1aikum wr. wb.

Semarang, Januari 2025

Penulis

Ibnu Bagus Wicaksono

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR iii
PERNYATAAN KEASLIAN..... iv
MOTTO v
PERSEMBAHAN vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xiii
ABSTRAK xv
ABSTRACT xvi

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 3
1.4. Manfaat Penelitian 3
1.5. Batasan Masalah 4
1.6. Sistematika Penulisan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1. Kadar Aspal Optimum 7
2.2. Density 7
2.3. Sifat Pasir Laut 8
2.4. Pasir Laut dan Campuran Aspal 9
2.5. Aspal Buton 10
2.6. Penyusunan Perkerasan Jalan 12
2.6.1. Persyaratan Agregat 13
2.6.2. Gradasi Agregat 14
2.7. Material Penyusun Perkerasan Jalan 15
2.8. Spesifikasi Gradasi Agregat Lapis (AC-WC) 15

2.8.1. Aspal.....16
2.8.2. Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Metode Marshall 16
2.9. Pengikat Bitumen.....18
2.10. Sifat Bahan Agregat Asphalt Wearing Course 19
2.11. Lapisan Pengikat.....20
2.12. Validitas 21
2.13. Sifat-Sifat Campuran Aspal.....22
2.13.1. Stabilitas.....22
2.13.2. Kepadatan komposisi (Flow) 22
2.13.3. Marshall Quotient 22
2.15. Laston Lapis Aus.....22
2.16. Penelitian Terdahulu.....23

BAB III METODOLOGI.....26
3.1 Tipe Penelitian.....26
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian.....26
3.2.1. Bahan Penelitian.....26
3.2.2. Peralatan Penelitian 27
3.3. Rancangan dan Pelaksanaan Penelitian.....28
3.4. Prosedur Perencanaan Penelitian 29
3.5. Metode Keawetan (Durability) 34
3.6. Aspal.....35
3.7. Metode Analisis.....36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....39
4.1. Persiapan Material 39
4.2. Rancangan Campuran Aspal Porous (Job Mix Design) 40
4.2.1. Pembuatan Benda Uji Dengan Kadar Pasir Laut dan Asbuton 40
4.3. Pengujian Laboratorium 49
4.3.1 Hasil Pengujian Aspal Polimer (Pertamina 60-70).....49
4.3.2. Hasil Pengujian Aggregat I 50
4.3.3 Hasil Pengujian Agregat II 51
4.3.4. Hasil Pengujian Agregat III 52

4.3.5. Hasil Pengujian Agregat IV 52
4.3.6. Hasil Pengujian Pasir 53
4.3.7. Hasil Perhitungan Kombinasi Agregat.....54
4.4. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Pengujian Laboratorium.....56
4.5. Pengujian Marshall 57
4.5.1. Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Asbuton 0% dengan persentase Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% 57
4.5.2. Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Asbuton 10% dengan persentase Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% 64
4.5.3. Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Asbuton 20%dengan persentase Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% 71
4.5.4. Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Asbuton 30% dengan persentase Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% 78
4.5.5. Rekapituasi Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Asbuton 0%, 10%, 20% dan 30% dengan persentase Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30%.....85

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 99
5.1. Kesimpulan 99
5.2. Saran 100

DAFTAR PUSTAKA.....101
LAMPIRAN 103

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Persyaratan Agregat Kasar.....13

Tabel 2.2. Persyaratan Agregat Halus 14

Tabel 2.3. Spesifikasi Pengujian Aspal 16

Tabel 2.4. Gradasi Agregat Lapis Drainase untuk Wearing Course 19

Tabel 2.5. Sifat-sifat Agregat Lapis Drainase untuk Wearing Course 20

Tabel 3.1. Perhitungan Jumlah Sampel Penentuan Kadar Aspal Optimum 33

Tabel 3.2. Jumlah Benda Uji untuk variasi PP dan Asbuton Granular 34

Tabel 4.1. Pembuatan Benda Uji 40

Tabel 4.2. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 0% dan Pasir Laut 0 %).....41

Tabel 4.3. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 0% dan Pasir Laut 10 %).....41

Tabel 4.4. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 0% dan Pasir Laut 20 %).....42

Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar kadar (Asbuton 0% dan Pasir Laut 30 %).....42

Tabel 4.6. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 10% dan Pasir Laut 0 %).....43

Tabel 4.7. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 10% dan Pasir Laut 10 %).....43

Tabel 4.8. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 10% dan Pasir Laut 20 %).....44

Tabel 4.9. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 10% dan Pasir Laut 30 %).....44

Tabel 4.10. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 20% dan Pasir Laut 0 %).....45

Tabel 4.11. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 20% dan Pasir Laut 10 %).....45

Tabel 4.12. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 20% dan Pasir Laut 20 %).....46

Tabel 4.13. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 20% dan Pasir Laut 30 %).....46

Tabel 4.14. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 30% dan Pasir Laut 0 %).....47

Tabel 4.15. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 30% dan Pasir Laut 10 %).....47

Tabel 4.16. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 30% dan Pasir Laut 20 %) 48
Tabel 4.17. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan kadar (Asbuton 30% dan Pasir Laut 30 %) 48
Tabel 4.18. Pengujian Pen 60-70 (Pertamina) 49
Tabel 4.19. hasil Penelitian Sifat Fisik dan Mekanis Agregat 50
Tabel 4.20. Hasil Analisis Pembagian Butiran Agregat II (SNI 03-1968-1990/ AASHTO T.27-88) 51
Tabel 4.21. Hasil Analisa Pembagian Butiran Agregat III (SNI 03-1968-1990/ AASHTO T.27-88) 52
Tabel 4.22. Hasil Analisa Pembagian Butiran (SNI 03-1968-1990/ AASHTO T.27-88) 53
Tabel 4.23. Hasil Analisa Pembagian Butiran Pasir (SNI 03-1968-1990/ AASHTO T.27-88) 54
Tabel 4.24. Perhitungan Kombinasi Agregat (SNI 03-1968-1990/ AASHTO T.27-88) 55
Tabel 4.25. Pemeriksaan Pengujian Laboratorium (SNI 03-1968-1990/ AASHTO T.27-88) 56
Tabel 4.26. Hasil Marshall Komposisi Asbuton 0% dengan persentase Pasir Laut 58
Tabel 4.27. Hasil Marshall Komposisi Asbuto 10% + Pasir Laut 65
Tabel 4.28. Hasil Marshall Komposisi Asbuton 20% dengan persentase Pasir Laut 72
Tabel 4.29. Hasil Marshall Komposisi Asbuton 30%dengan persentase Pasir Laut 79
Tabel 4.30. Hasil Rekapitulasi Marshall Komposisi Asbuton dengan persentase Pasir Laut 86
Tabel 4.31. Rekap Hasil rata-rata komposisi Asbuton dengan Pasir Laut 98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Lokasi deposit Asbuton di Pulau Buton Sulawesi Tenggara.....11
Gambar 2.2. Marshall Compaction Hammer dan Alat Marshall Test 18
Gambar 3.1. Bagan Alur Penelitian.....29
Gambar 3.2. Pengolahan Minyak Bumi Menjadi Aspal 36
Gambar 4.1. Persiapan Bahan Asbuton sebagai Bahan Tambah.....39
Gambar 4.2. Persiapan Bahan Pasir Laut Sebagai Bahan Tambah 39
Gambar 4.3. Kombinasi Agregat.....55
Gambar 4.4. VIM Komposisi Asbuton 0% dengan Pasir Laut.....59
Gambar 4.5. VMA Komposisi Asbuton 0% dengan Pasir Laut 60
Gambar 4.6. VFB Komposisi Asbuton 0% dengan Pasir Laut 61
Gambar 4.7. Stabilitas Komposisi Asbuton 0% dengan Pasir Laut 62
Gambar 4.8. Flow Komposisi Asbuton 0% dengan Pasir Laut 63
Gambar 4.9. MQ Komposisi Asbuton 0% dengan Pasir Laut 64
Gambar 4.10. VIM Komposisi Asbuton 10% dengan Pasir Laut.....66
Gambar 4.11. VMA Komposisi Asbuton 10% dengan Pasir Laut 67
Gambar 4.12. VFB Komposisi Asbuton 10% dengan Pasir Laut.....68
Gambar 4.13. Stabilitas Komposisi Asbuton 10% dengan Pasir Laut.....69
Gambar 4.14. Flow Komposisi Asbuton 10% dengan Pasir Laut 70
Gambar 4.15. MQ Komposisi Asbuton 10% dengan Pasir Laut 71
Gambar 4.16. VIM Komposisi Asbuton 20% dengan Pasir Laut 73
Gambar 4.17. VMA Komposisi Asbuton 20% dengan Pasir Laut.....74
Gambar 4.18. VFB Komposisi Asbuton 20% dengan Pasir Laut 75
Gambar 4.19. Stabilitas Komposisi Asbuton 20% dengan Pasir Laut 76
Gambar 4.20. Flow Komposisi Asbuton 20% dengan Pasir Laut.....77
Gambar 4.21. MQ Komposisi Asbuton 20% dengan Pasir Laut.....78
Gambar 4.22. VIM Komposisi Asbuton 30% dengan Pasir Laut 80
Gambar 4.23. VMA Komposisi Asbuton 30% dengan Pasir Laut.....81
Gambar 4.24. VFB Komposisi Asbuton 30% dengan Pasir Laut 82
Gambar 4.25. Stabilitas Komposisi Asbuton 30% dengan Pasir Laut 83
Gambar 4.26. Flow Komposisi Asbuton 30% dengan Pasir Laut.....84
Gambar 4.27. MQ Komposisi Asbuton 30% dengan Pasir Laut.....85

Gambar 4.28. Rekapitulasi VIM Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut.....90
Gambar 4.29. Rekapitulasi VMA Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut.....91
Gambar 4.30. Rekapitulasi VFB Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut.....93
Gambar 4.31. Rekapitulasi Stabilitas Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut 94
Gambar 4.32. Rekapitulasi Flow Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut.....95
Gambar 4.33. Rekapitulasi MQ Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut.....97

ANALISIS *ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE* (AC-WC) DENGAN BAHAN TAMBAH ASBUTON DAN PASIR LAUT UNTUK PERKERASAN JALAN

ABSTRAK

Jalan di indonesia mengalami peningkatan volume kendaraan yang pesat dalam menangani tekanan berat yang menyebabkan kerusakan dini pada jalan, sehingga perlu adanya modifikasi pada perkerasan jalan. potensi penggunaan pasir laut dengan Asbuton sebagai bahan perkerasan jalan sangat besar dan menjanjikan. Kombinasi ini tidak hanya menawarkan solusi yang efisien dan ramah lingkungan, tetapi juga mendukung kemandirian Indonesia dalam pembangunan infrastruktur jalan. Penelitian ini bertujuan mengetahui seberapa besar nilai karakteristik dan pengaruh pengunaan pasi laut dan asbuton pada nilai Stabilitas.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan percobaan untuk mendapatkan hasil, pemanfaatan Asbuton 0%,10%,20%, dan 30% sebagai pencampuran dengan variasi kadar Pasir Laut 0%,10%,20%, dan 30% terhadap total campuran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan persentase Asbuton dan Pasir Laut berpengaruh pada nilai marshall Semakin banyak banyak pengunaan asbuton dan pasir laut akan menyebabkan peningkatan pada nilai stabilitas, Pada kadar Asbuton 0% nilai stabilitas yang didapatkan sebesar 1424,28 Kg, pada saat kadar Asbuton 10%, nilai stabilitas meningkat menjadi 2356,08 Kg. Dan mengalami penurunan nilai stabilitas ketika penambahan asbuton 20& dan 30%. Dengan penurunan rata-rata sebesar 1991,21 kg dan 1765,42 kg. Kelelehan flow campuran mengalami peningkatan seiring pertambahan kadar asbuton dan pasir laut. Pada saat campuran menggunakan variasi asbuton sebesar 0 %, memiliki nilai flow sebesar 3,02 setelah divariasikan dengan kadar asbuton sampai pada 30%, nilai flow meningkat menjadi 3,53 dengan rata- rata peningkatan sebesar 3,25.

Kata Kunci : Campuran Beton aspal, Asbuton, Pasir Laut dan Karakteristik stabilitas

ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE ANALYSIS (AC-WC) WITH ADDITIVES OF ASBUTON AND SEA SAND FOR ROAD PAVEMENT

ABSTRACT

Roads in Indonesia are experiencing a rapid increase in the volume of vehicles in handling heavy pressure that causes premature damage to roads, so there is a need for modifications to road pavements. The potential for the use of sea sand with Asbuton as a road pavement material is very large and promising. This combination not only offers efficient and environmentally friendly solutions, but also supports Indonesia's independence in road infrastructure development. This study aims to find out how much the characteristic value and influence of the use of sea fish and asbuton on the stability value.

This study uses an experimental method with experiments to obtain results, the use of 0%, 10%, 20%, and 30% Asbuton as a mixture with variations in the content of 0%, 10%, 20%, and 30% of Sea Sand to the total mixture

The results of the study show that the use of Asbuton and Sea Sand percentages has an effect on the marshall value The more and more asbuton and sand are used.

Keywords: Asphalt Concrete Mixture, Asbuton, Sea Sand and Stability Characteristics

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkerasan jalan di Indonesia menghadapi berbagai tantangan yang mempengaruhi kualitas dan umur panjangnya. Dengan pertumbuhan populasi yang pesat dan peningkatan volume kendaraan, jalan-jalan di Indonesia mengalami tekanan berat yang sering kali menyebabkan kerusakan dini. Selain itu, iklim tropis dengan suhu panas yang ekstrim dan curah hujan tinggi juga turut berkontribusi pada degradasi aspal. Oleh karena itu, inovasi dalam bahan perkerasan jalan menjadi sangat penting untuk meningkatkan daya tahan dan efisiensi biaya konstruksi jalan.

Menurut Abdul Gaus. (2017), Pasir laut merupakan sumber daya alam dengan deposit cukup besar yang terdapat di Maluku Utara. Pasir laut diketahui paling banyak mengandung kalsium, hal ini karena bahan pembentuk utama yang menyusun pasir laut adalah serpiahan cangkang karang laut, sedangkan bahan utama pembentuk cangkang karang laut kalsium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir laut sebagai bahan subsitusi agregat halus dalam campuran aspal beton AC-WC. Penelitian ini dilaksanakan dilaboratorium dengan melakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik marshall yang meliputi stabilitas marshall, flow, VIM, VMA dan marshall quotient. Digunakan pasir laut dengan variasi 0% dan 5% dengan jumlah sampel sebanyak 30. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah semakin banyak pasir laut semakin rendah nilai stabilitas dan semakin menurun nilai flow, namun kadar aspal yang berlebihan juga dapat mengakibatkan penurunan nilai stabilitas. Dari hasil pengujian Marshall dengan menggunakan pasir laut didapat nilai stabilitas tertinggi 3136,91 kg pada campuran pasir laut 5% dikadar aspal 6%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas memenuhi dan berdasarkan spesifikasi sifat- sifat campuran aspal beton yang terdapat dalam spesifikasi Bina Marga 2010.

Di sisi lain, Asbuton atau aspal Buton adalah aspal alami yang ditemukan di Pulau Buton dan sekitarnya. Indonesia memiliki cadangan Asbuton terbesar di dunia, Asbuton ditemukan oleh geolog asal Belanda WH Hetzel Asbuton pada tahun 1924, dan dua tahun kemudian digunakan pertama untuk pengaspalan jalan.

Ada lebih 750 juta ton aspal alam di pulau Buton, yang merupakan 80% Cadangan aspal alam di dunia. Trinidad, Tobago, Meksiko, dan Kanada memiliki sisanya. Aspal minyak yang diimpor dari negara tetangga, sebagian besar digunakan untuk pembangunan jalan di Indonesia. Karena kebutuhan aspal Indonesia sebesar 2 juta ton per tahun, impor aspal minyak membutuhkan uang sebesar 18 triliun rupiah dan menghemat devisa negara dapat mencapai 9,3 triliun rupiah per tahun selama masa pakai minimal 350 tahun (Zebua, 2015).

Penggunaan campuran aspal dari pasir laut dan Asbuton menawarkan beberapa keuntungan. Pertama, ketersediaan bahan baku yang melimpah di dalam negeri dapat mengurangi biaya impor dan meningkatkan kemandirian dalam pembangunan infrastruktur jalan. Kedua, campuran ini dapat menghasilkan perkerasan jalan yang lebih kuat dan tahan lama. Pasir laut memberikan stabilitas struktural, sedangkan Asbuton memberikan daya rekat yang kuat. Selain itu, penggunaan bahan lokal seperti pasir laut dan Asbuton juga dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Pengurangan penggunaan aspal minyak dapat meminimalkan emisi karbon dan dampak lingkungan lainnya. Lebih jauh lagi, pemanfaatan pasir laut dapat mengurangi eksploitasi pasir sungai yang sering menyebabkan kerusakan ekosistem.

Meskipun demikian, ada beberapa tantangan yang perlu diatasi. Pasir laut harus melalui proses pembersihan untuk menghilangkan garam dan bahan organik yang dapat merusak kualitas campuran aspal. Teknologi modern dapat digunakan untuk memastikan pasir laut memenuhi standar kualitas yang diperlukan. Selain itu, pertambangan Asbuton harus dikelola dengan baik untuk menghindari kerusakan lingkungan. Regulasi dan praktik pertambangan yang berkelanjutan perlu diterapkan untuk memastikan dampak negatif terhadap lingkungan dapat diminimalkan.

Dengan mengatasi tantangan-tantangan ini, penggunaan campuran aspal dari pasir laut dan Asbuton memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan di Indonesia. Inovasi ini tidak hanya menawarkan solusi yang lebih efisien dan ramah lingkungan, tetapi juga mendukung kemandirian dalam pembangunan infrastruktur jalan. Melalui penelitian dan pengembangan yang berkelanjutan, diharapkan teknologi ini dapat diimplementasikan secara luas untuk

menghadapi tantangan perkerasan jalan di masa depan.

Potensi penggunaan pasir laut dengan Asbuton sebagai bahan perkerasan jalan sangat besar dan menjanjikan. Kombinasi ini tidak hanya menawarkan solusi yang efisien dan ramah lingkungan, tetapi juga mendukung kemandirian Indonesia dalam pembangunan infrastruktur jalan. Melalui penelitian dan pengembangan yang berkelanjutan, diharapkan teknologi ini dapat diimplementasikan secara luas untuk menghadapi tantangan perkerasan jalan di masa depan. Dengan demikian, kualitas dan umur panjang jalan di Indonesia dapat ditingkatkan, yang pada akhirnya akan memperlancar mobilitas dan mengurangi biaya perawatan jalan. Pengujian ini akan menggunakan campuran aspal dari pasir laut dan asbuton granular untuk memperkeras jalan. Penggunaan campuran ini akan lebih memanfaatkan pengunaan potensi pasir laut yang melimpah di Indonesia.

1.2. Rumusan Masalah

Untuk membangun jalan-jalan di seluruh Pulau Jawa, beberapa daerah telah menggunakan Modifikasi *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Kelas ini menggunakan kualitas aspal polimer 60/70 dan memenuhi persyaratan aspal tipe II B yang tercantum dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Devisi 6 Revisi 2.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan *Job Mix Formula* karakteristik *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) modifikasi dengan pemanfaatan pasir laut dan asbuton granular.
2. Menganalisis pengaruh campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) modifikasi dengan pemanfaatan pasir laut dan asbuton granular terhadap stabilitas.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Mengkaji tentang pengaruh *Pasir Laut* dan asbuton granular modifikasi terhadap stabilitas *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC).
2. Mengkaji tentang pengaruh *Pasir Laut* dan asbuton granular modifikasi

terhadap durabilitas *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC).

1.5. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini harus dibatasi agar tidak menyimpang dari tujuannya. Kriteria berikut merupakan fokus eksklusif dari penelitian ini:

1. Agregat kasar dan halus yang digunakan berasal dari PT. Summitama Intinusa Jl. Raya Gatot Subroto No. 70 Desa Ketapang, Kec. Kalipuro Banyuwangi.
2. Menggunakan bahan Aspal polimer Pen 60/70 dan asbuton granular.
3. Pencampuran menggunakan pedoman Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) revisi 2 dan campuran aspal yang dibuat adalah *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) modifikasi.
4. Untuk mencari campuran kadar aspal optimum (KAO) digunakan variasi kadar aspal (4%,4,5%,5%,5,5%,5,6%,6%).
5. Menggunakan 20% hingga 30% dari total agregat, dan melalui proses pembersihan serta pengujian yang ketat
6. Gradasi campuran aspal beton yang digunakan berdasarkan gradasi pada agregat gabungan yang ditunjukkan pada Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Revisi 2.
7. Asbuton granular adalah aspal yang diperoleh dari alam dengan penambahan kadar 0%, 10%, 20%, 30% dari kadar aspal.
8. Hanya dilakukan penelitian pada pengujian laboratorium dan tidak dilakukan penghamparan lapangan.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika disusun sebagai pedoman penulisan agar tetap terarah untuk mencapai tujuan penelitian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memberikan gambaran umum tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan proses penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang adanya aspek legalitas dan teknis yang yang berkaitan dengan analisis dalam penelitian. pengembangan berkelanjutan dari teori-teori yang

digunakan sebagai dasar untuk mengatasi masalah yang muncul selama penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang metode pelaksanaan penelitian, mulai dari tahapan penelitian, lokasi penelitian, bahan penelitian, alat survei, waktu, serta cara dan proses pengumpulan data lapangan.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil penelitian dan penelitian aktual yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dari hasil dan membuat beberapa rekomendasi yang dapat diterapkan untuk mendukung penelitian.

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Jalan adalah sarana transportasi darat yang berperan penting dalam sektor perhubungan untuk menghubungkan antara satu kota dengan kota lainnya, antara kota dengan desa, antara satu desa dengan desa lainnya. Adanya kerusakan jalan akan mempengaruhi keamanan dan kenyamanan pengguna jalan. Faktor yang menyebabkan terjadinya kerusakan jalan antara lain air, perubahan suhu, cuaca, temperatur udara, material konstruksi perkerasan, kondisi tanah dasar yang tidak stabil, proses pemadatan di atas lapisan tanah dasar yang kurang baik, kapasitas muatan kendaraan yang berlebihan, dan meningkatnya volume kendaraan.

Survey kondisi perkerasan perlu dilakukan secara periodik baik struktural maupun non-struktural untuk mengetahui tingkat pelayanan jalan yang ada. Pemeriksaan non-struktural (fungsional) bertujuan untuk mengevaluasi kerataan (kerataan), kekasaran *(texture)*, dan kekesatan (kekerasan skid). Pengukuran karakteristik kerataan lapis permukaan jalan akan membantu dalam menentukan rencana rehabilitasi dan pemeliharaan jalan. Keterbatasan peralatan adalah salah satu alasan mengapa belum banyak upaya yang dilakukan untuk mengukur dan mengevaluasi kerataan jalan di Indonesia. Karena kerataan jalan memengaruhi keselamatan pengguna jalan, pemeriksaan kerataan rutin diperlukan untuk mengidentifikasi kerusakan yang perlu diperbaiki.

Keselamatan lalu lintas dan angkutan jalan berarti menghindari setiap orang dari risiko kecelakaan yang terjadi selama berlalu lintas yang disebabkan oleh manusia, kendaraan, jalan, dan atau lingkungan (Lanjati, 2017). Kenyamanan adalah suatu kondisi perasaan seseorang yang merasa nyaman berdasarkan persepsi masing-masing individu. Di sisi lain, kenyamanan adalah keadaan di mana beberapa faktor lingkungan telah memenuhi kebutuhan dasar manusia secara individual. Rasa nyaman dan kenyamanan adalah persepsi seseorang terhadap lingkungannya secara keseluruhan (Prasetyo, 2017). Penilaian jenis dan kondisi perkerasan yang ada adalah komponen paling penting dalam memilih proyek karena faktor-faktor ini akan menentukan nilai unit manfaat ekonomi perbaikan jalan.

2.1. Kadar Aspal Optimum

Persyaratan mutlak untuk setiap campuran lapis perkerasan beraspal adalah kadar aspal optimum yang digunakan dalam campuran yang kemudian dihampar di lapangan. Besaran kadar aspal optimum bervariasi tergantung pada sifat aspal, agregat, gradasi agregat, dan jenis campuran. Lapis perkerasan di atas selalu lebih besar dari aspal. Kadar aspal AC-WC yang kedap air lebih tinggi daripada lapis perkerasan di bawahnya. Hal ini disebabkan oleh kemampuan aspal untuk memenuhi celah yang terbentuk dalam campuran. Dengan mengisi rongga-rongga ini, volume rongga akan diperkecil. Akibatnya, air tidak dapat meresap ke lapisan aspal di bawahnya. dengan kemiringan melintang badan jalan antara 2 dan 4 persen air hujan akan mengalir ke luar badan jalan. Persyaratan yang ditentukan harus dipenuhi. Properti berikut diperlukan untuk campuran laston memenuhi:

a. Kepadatan
b. Rongga dalam campuran *(Void in The Mix)*
c. Aspal Pengisi Rongga *(Void Filling Bitumen)*
d. Stabilitas Marshall
e. Meleleh *(Flow)*

Penelitian lebih lanjut akan dilanjutkan dengan beberapa pembahasan, berdiskusi, meneliti, atau sebelumnya dilakukan dalam bentuk jurnal, seminar nasional dan lain-lain.

2.2. *Density*

Density atau kepadatan adalah berat campuran padat tiap satuan volume, merupakan nilai yang menunjukakan kepadatan campuran setelah dipadatkan. Nilai *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain gradasi campuran, kualitas bahan penyusun campuran, kadar *filler*, kadar aspal dan proses pemadatan. Secara umum dapat dikatakan bahwa penambahan kadar *filler* dan kadar aspal akan meningkatkan nilai kepadatan hingga suatu nilai maksimum, dimana *filler* dan aspal akan mengisi rongga-rongga campuran yang akan menambah tingkat kepadatan. Spesifikasi tidak memberikan batasan nilai *density* untuk campuran perkerasn jalan.

2.3. Sifat Pasir Laut

Pasir laut memiliki potensi besar sebagai bahan campuran untuk pembuatan aspal dalam perkerasan jalan di Indonesia. Namun, untuk memaksimalkan manfaatnya dan memastikan hasil yang optimal, penting untuk memahami sifat- sifat pasir laut yang mempengaruhi kinerjanya dalam campuran aspal.

a. Ketersediaan dan Keterjangkauan

   Pasir laut merupakan sumber daya alam yang melimpah di wilayah pesisir Indonesia. Ketersediaannya yang melimpah menjadikannya bahan yang mudah diakses dan relatif murah dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya yang mungkin perlu diimpor atau diangkut dari lokasi yang jauh. Penggunaan pasir laut dapat mengurangi biaya material dan meningkatkan kemandirian dalam pembangunan infrastruktur jalan.

b. Butiran yang Konsisten

   Pasir laut umumnya memiliki butiran yang tajam dan konsisten. Karakteristik ini penting karena butiran yang tajam dapat meningkatkan interlocking atau pengikatan antar partikel dalam campuran aspal, sehingga meningkatkan stabilitas dan kekuatan struktural jalan. Pasir laut juga memiliki ukuran butiran yang bervariasi, yang dapat disesuaikan untuk memenuhi spesifikasi teknis campuran aspal.

c. Stabilitas Struktural

   Salah satu sifat utama pasir laut adalah kemampuannya memberikan stabilitas tambahan pada campuran aspal. Butiran pasir laut yang tajam dan konsisten membantu dalam memperkuat struktur campuran, sehingga jalan yang dihasilkan lebih kuat dan tahan lama. Stabilitas ini sangat penting untuk menangani beban lalu lintas yang tinggi dan mencegah deformasi atau kerusakan pada jalan.

d. Tantangan Kandungan Garam dan Bahan Organik

   Namun, pasir laut juga memiliki tantangan tersendiri yang perlu diatasi sebelum digunakan dalam campuran aspal. Salah satu tantangan utama adalah kandungan garam yang tinggi. Garam dapat menyebabkan korosi pada material logam di sekitar jalan dan mempengaruhi kualitas pengikatan aspal. Oleh karena itu, pasir laut harus melalui proses pembersihan untuk menghilangkan

garam sebelum digunakan. Selain garam, pasir laut juga dapat mengandung bahan organik seperti sisa-sisa tumbuhan laut. Bahan organik ini dapat mempengaruhi kualitas campuran aspal dan menyebabkan degradasi seiring waktu. Proses penyaringan dan pembersihan yang tepat harus dilakukan untuk memastikan bahwa pasir laut bebas dari bahan organik sebelum dicampurkan dengan aspal.

e. Potensi Penggunaan dalam Campuran Aspal

Dengan proses pembersihan dan pengolahan yang tepat, pasir laut memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan aspal. Kadar pasir laut yang optimal dalam campuran biasanya berkisar antara 20% hingga 30% dari total agregat. Proses pembersihan yang ketat untuk menghilangkan garam dan bahan organik memastikan bahwa pasir laut memenuhi standar kualitas yang diperlukan untuk perkerasan jalan.

2.4. Pasir Laut dan Campuran Aspal

Pasir laut, mirip dengan plastik, memiliki potensi besar untuk meningkatkan mutu campuran aspal dalam perkerasan jalan. Penggunaan pasir laut dalam campuran aspal dapat memberikan sejumlah keuntungan, termasuk ketersediaan bahan yang melimpah, biaya yang lebih rendah, dan karakteristik fisik yang mendukung stabilitas dan kekuatan jalan. Ada dua metode utama yang dapat digunakan untuk mencampur pasir laut ke dalam aspal, yaitu metode basah dan metode kering, mirip dengan metode pencampuran plastik.

a. Metode Basah (*Wet Process*)

Dalam metode basah, pasir laut dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai campuran menjadi homogen. Metode ini memastikan bahwa butiran pasir laut tersebar merata dalam campuran aspal, memberikan stabilitas tambahan dan meningkatkan kekuatan struktural jalan. Namun, metode ini membutuhkan investasi tambahan, seperti bahan bakar dan mixer berkecepatan tinggi, sehingga biaya produksinya lebih tinggi dibandingkan dengan aspal konvensional. Kelebihan metode ini adalah hasil campuran yang sangat homogen, yang sangat penting untuk kualitas dan daya tahan jalan.

b. Metode Kering (*Dry Process*)

Metode kering melibatkan pencampuran pasir laut dengan agregat yang sudah dipanaskan pada suhu tertentu, kemudian aspal panas ditambahkan ke dalam campuran tersebut. Metode ini lebih ekonomis karena tidak memerlukan peralatan tambahan seperti mixer berkecepatan tinggi. Pasir laut yang dimasukkan ke dalam agregat panas dapat membantu meningkatkan ikatan antar partikel dalam campuran aspal, memberikan stabilitas dan kekuatan tambahan pada jalan. Namun, tantangan utama dalam metode ini adalah memastikan kehomogenan dan keseragaman kadar pasir laut yang dicampurkan. Tanpa pencampuran yang merata, kualitas campuran aspal bisa bervariasi, yang dapat mempengaruhi kinerja dan umur panjang jalan.

c. Kelebihan Pasir Laut dalam Campuran Aspal

1) Ketersediaan dan Keterjangkauan

Pasir laut tersedia dalam jumlah besar di wilayah pesisir Indonesia, membuatnya menjadi bahan yang mudah diakses dan murah. Ini mengurangi biaya material dan mendukung kemandirian dalam pembangunan infrastruktur jalan.

2) Stabilitas Struktural

Pasir laut memiliki butiran yang tajam dan konsisten, yang dapat memberikan stabilitas tambahan pada campuran aspal. Butiran pasir laut membantu meningkatkan interlocking antar partikel, sehingga jalan yang dihasilkan lebih kuat dan tahan lama.

3) Pengurangan Eksploitasi Pasir Sungai

Penggunaan pasir laut dapat mengurangi tekanan pada pasir sungai yang sering dieksploitasi secara berlebihan. Ini membantu menjaga ekosistem sungai dan mencegah erosi yang disebabkan oleh penambangan pasir yang tidak terkendali.

2.5. Aspal Buton

Aspal batu buton atau biasa disebut Asbuton ditemukan tahun 1924 di pulau Buton Sulawesi Tenggara (Badan Penelitian dan Pengembangan Kementrian Pekerjaan Umum). Asbuton memiliki stabilitas yang tinggi dan juga lebih tahan

retak akibat cuaca maupun lingkungan. Asbuton juga memiliki produk samping dengan manfaat seperti hig oil, bentonit mineral (fosfat dan kapur).

Aspal batu buton atau Asbuton yang terdapat di Pulau Buton, memiliki sifat yang berbeda-beda tergantung di daerah mana asbuton tersebut diperoleh. Sampai saat ini dikenal ada dua daerah penambangan asbuton yang banyak dimanfaatkan hasilnya, yaitu di daerah Kabungka dan Lawele. Sifat dari kedua asbuton tersebut berbeda, khususnya kandungan bitumennya. Kandungan bitumen/aspal dari daerah Lawele sekitar 25-35% dan banyak mengandung silikat, sedang Kabungka 12-20% dan banyak mengandung karbonat. Beda dengan aspal minyak yang diperoleh dari proses distilasi, maka aspal dari asbuton diperoleh dengan cara ekstraksi sehingga kandungan aspal seperti resin dan fraksi ringan diharapkan masih terkandung didalamnya. Dengan demikian, sifat dari aspal minyak sedikit berbeda dengan aspal dari asbuton.

Penggunaan aspal pada pembangunan jalan, salah satu sifat aspal yang dapat dimanfaatkan adalah daya rekat aspal, sehingga dapat untuk merekatkan isian struktur jalan seperti batuan dan pasir sedemikian rupa, menjadi campuran yang padat dan kuat untuk menerima beban kendaraan yang melewatinya, dan tidak mudah rusak.

Gambar 2.1. Lokasi deposit Asbuton di Pulau Buton Sulawesi Tenggara

Berdasarkan pada **gambar 2.1.** menunjukkan deposit Aspal Buton (Asbuton) di Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara, Indonesia. Endapan asbuton tersebar di beberapa Kecamatan di Pulau Buton, antara lain di Kecamatan Enreke 170 juta ton, sub zona Lawele 210 juta ton, sub zona Siantopina dan Dusun Ulala 220 juta ton, Dusun Kabungka 60 juta ton dan Kabupaten Banabungi.

2.6. Penyusunan Perkerasan Jalan

Agregat adalah mineral padat ukuran besar atau kecil dalam bentuk koloid atau pecahan, seperti kerikil, pasir, batu pecah halus, atau mineral lainnya yang berasal dari alam atau buatan. Agregat membentuk sebagian besar struktur perkerasan, mencakup 75% hingga 85% dari dasar persen massa atau 90% hingga 95% dari dasar persen berat. Oleh karena itu, sifat-sifat agregat dan hasil pencampurannya dengan bahan lain berkontribusi pada kualitas trotoar. Tingkat, kebersihan, kekerasan, kekuatan komposit, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kapasitas penyerapan air, berat jenis, dan daya lekat aspal adalah semua faktor yang mempengaruhi kualitas perkerasan jalan secara keseluruhan, yang merupakan salah satu faktor yang menentukan kemampuan perkerasan untuk mendukung beban lalu lintas dan ketahanan cuaca, banyak set yang memiliki banyak pori-pori, lebih parah lagi karena aspal menjadi lebih tipis karena banyaknya aspal yang terserap. Nilai absorbansi agregat sendiri, yang merupakan perubahan berat agregat sebagai hasil dari penyerapan air melalui pori-pori bersama agregat pada kondisi kering, dihitung dengan persamaan berikut:

$$Penyerapan\ Agregat\ Kasar = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 10\% \quad (2.1)$$

$$Penyerapan\ Agregat\ Halus = \frac{Bs}{B + Bs - Bt} \times 10\% \quad (2.2)$$

Keterangan :

B : Berat piknometer berisi air (gr)

Bt : Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

Bs : Berat sampel (gr)

Bj : Berat sampel kering permukaan jenuh (gr)

Bk : Berat sampel kering oven (gr)

2.6.1. Persyaratan Agregat

Berdasarkan pada jenis dan ukuran partikel, agregat dibagi menjadi agregat kasaragregat halus dan bahan pengisi.

a. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan untuk desain harus bersih, tahan lama, dan bebas dari tanah liat atau kotoran lainnya. Itu juga harus tertahan pada saringan nomor 4 (4,75 mm). Untuk pengujian, bahan baku harus berupa batu atau kerikil yang telah pecah dan dikirim dalam ukuran standar. Untuk memastikan keamanan lalu lintas, permukaan jalan menjadi lebih stabil dan tahan slip. Agregat kasar memiliki bentuk butiran bulat, yang memudahkan pemadatannya, tetapi stabilitasnya rendah. Agregat bersudut, di sisi lain, memiliki bentuk yang sulit runtuh tetapi stabil. Agar agregat kasar digunakan sebagai campuran proses keausan, perlu memenuhi nilai uji kehilangan sudut keausan.

Tabel 2.1. Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian			Metoda Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12 %
	magnesium sulfat			Maks.18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles[1)]	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%

b. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran partikel kurang dari 2,36 mm. Saringan no. 8. Dengan saling mengunci antar partikel, agregat dapat diperbaiki stabilisasi campuran; Agregat halus juga mengisi celah antar partikel pasir alami, batu pecah, atau kombinasi keduanya bisa menjadi bahan ini. Spesifikasi Divisi Bina Marga Tahun 2018 menetapkan persyaratan umum untuk agregat halus.

Tabel 2.2. Persyaratan Agregat Halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	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%

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

c. Filler (Bahan Pengisi)

Bahan yang melewati filter No.200 (0,075 mm) dan beratnya tidak kurang dari 75% disebut pengisi. Fungsi beban adalah untuk mengisi celah udara pada material dan membuat lapisan aspal lebih keras. Pengeluaran dapat digunakan sebagai semen portland atau debu abu.

2.6.2. Gradasi Agregat

Meratakan dapat digunakan untuk mengetahui kestabilan perkerasan. Kemudahan implementasi dan stabilitas dipengaruhi oleh ukuran ruang antar partikel, yang sering terpengaruh pada skala global. Hiraki sintetik dibedakan berdasarkan beberapa faktor berikut:

a. Gradasi Seragam *(Uniform Graded)*

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang kira-kira sama. Gradasi seragam juga dikenal sebagai peredupan terbuka karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga banyak lubang atau rongga ruang antar himpunan. Campuran aspal dibuat dengan klasifikasi ini berpori atau sangat permeabel, stabilitas rendah dan memiliki berat jenis yangrendah.

b. Gradasi Rapat *(Dense Graded)*

Gradasi rapat merupakan gradasi yang terdapat pelet sintetik didalamnya, mulai dari kasar hingga halus dalam fraksi yang seimbang, sehingga banyak disebut sebagai kontinu atau bergradasi baik. Agregat gradasi dianggap jika presentase dapat lulus setiap kelas tingkat jika memenuhi:

$$P = 100\left(\frac{d}{D}\right)^{0,45} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.8)$$

Dimana :

P = Persen lolos saringan dengan bukuan d mm (%)

d = Ukuran agregat yang sedang diperhitungkan (%)

D = Ukuran maksimum partikel dalam gradasi terbuka (%)

Agregat dengan lereng padat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan kestabilan yang tinggi, daya serap air yang rendah, drainase yang buruk, dan berat unit yang tinggi.

c. **Gradasi Senjang *(Gap Graded)***

Peningkatan komposit di mana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau memiliki bagian global yang tidak ada atau sangat kecil dikenal sebagai gradasi senjang. Agregat dengan gap grading akan membentuk lapisan perkerasan kualitasnya antara agregat bergradasi pertemuan dan seragam.

2.7. Material Penyusun Perkerasan Jalan

Batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, alami atau buatan, dalam bentuk mineral padat dalam ukuran besar atau kecil atau serpihan disebut agregat. Komponen utama struktur perkerasan adalah grade, bervariasi dari 75-85% dari total persen volume atau 90-95% agregat sebagai persentase berat. Akibatnya, properti agregat dan output campurannya dengan bahan lain juga menentukan kualitas trotoar.

Salah satu faktor yang menentukan daya dukung perkerasan yang didukung beban lalu lintas dan tahan cuaca adalah karakteristik keseluruhannya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas agregat untuk bahan paving adalah: jenis, kebersihan, kekerasan, kekuatan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, penyerapan air, densitas dan daya lekat aspal. Aspal teradsorpsi akan menghasilkan agregat bitumen yang lebih halus dan lebih berpori tinggi akan membutuhkan jumlah aspal yang lebih besar. jumlah air penyerapan oleh agregat digunakan untuk menentukan jumlah pori. Jumlah pori dihitung berdasarkan jumlah air yang diserap agregat.

2.8. Spesifikasi Gradasi Agregat Lapis (AC-WC)

Kualitas agregat sebagai bahan perkerasan jalan ditentukan oleh sifatnya. Agregat itu sendiri adalah bahan yang keras dan kaku. Untuk membawa beban lalu lintas ke lapisan bawah, pelapisan permukaan langsung harus memiliki kualitas yang baik. Klasifikasi agregat sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan adalah sebagai berikut:a

2.8.1. Aspal

Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sebagaimana mestinya dengan kondisi yang ada seperti pada table berikut :

Tabel 2.3. Spesifikasi Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25° C, 100 gr, 5	SNI 06-2456-1991	50 – 80
2.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991	≥ 54
3.	Indeks penetrasi	-	≥ - 1,0
4.	Daktilitas pada 25° C (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 150
5.	Titik nyala	SNI 06-2433-1991	≥ 232
6.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
7.	Berat yang hilang	SNI 06-2440-1991	≥ 0,8

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Ketika dipanaskan, sebagian besar interaksi fisika-kimia didalam aspal tersebut melemah atau bahkan hilang sama sekali. Kondisi ini membuat bagian-bagian tunggal dari rantai molekulnya menjadi lebih mudah bergerak, sehingga terjadi penurunan kekakuan dan kekentalan (viskositas).

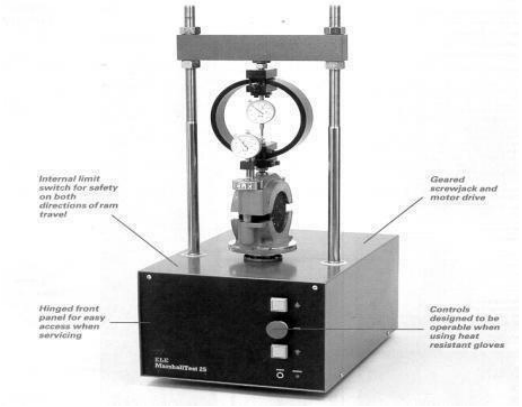
2.8.2. Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Metode Marshall

Marshall Test merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) yang berkapasitas 2500 kg atau 5000 ton. *Proving ring* ini akan dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran, sedangkan arloji kelelehan *(flow meter)* berfungsi untuk mengukur plastis *(flow).* Setelah dilakukan semua benda uji akan dibuat dengan tahapan, maka selanjutnya akan melakukan pengujian untuk memperoleh hasil yang diinginkan dengan alat yang bernama *Marshall Test*. Pemeriksaan dengan *Marshall Test* ini pertama kali diperkenalkan oleh Bruce Marshall dan dikembangkan oleh U.S Corps Od Engineer. Hasil dari pemeriksaan *Marshall* tersebut menggunakan dengan prosedur PC-0201-76, AASHTO T 245-74 atau ASTM D 1559-62T. Berikut ini akan diperoleh data-data sebagai berikut:

a. Stabilitas yang dinyatakan dalam bidang bilangan bulat, maka stabilitas ini menunjukan kekuatan dan ketahanan terhadap terjadinya alur *(ruting)*.
b. Kelelehan plastis *(flow)* yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch, *flow* juga dapat digunakan sebagai indikator terhadap lentur.
c. VIM ini merupakan persen rongga dalam campuran dan dinyatakan dalam bilangan desimal dengan satu angka dibelakang koma, VIM juga merupakan indikator dari durabilitas.
d. VMA merupakan persen rongga terhadap agregat dan dinyatakan dalam bilangan bulat, maka VMA sama dengan VIM juga merupakan indikator dari durabilitas.

Kadar aspal optimum (KAO) ditentukan dengan melakukan beberapa kali *trial* atau uji coba untuk menentukan komposisi gradasi agregat yang tepat, untuk itu di gunakan komposisi perbandingan Agregat batu pecah ukuran 10-15 mm, agregat limbah beton dengan ukuran 5-10 mm, agregat halus ukuran 0-5 mm dan *fly ash* sebagai bahan pengisi *(filler)* dengan jumlah tumbukan perbidang 2 x 75 tumbukan yaitu sisi atas dan sisi bawah.

Untuk pencampuran, agregat dan bitumen dipadatkan hingga 280 centistokes (cst) dan dipanaskan hingga viskositas 170 centistokes (cst). Dalam pemadatan, alat yang digunakan adalah marsekal palu. Sampel tidak berhasil diuji pada suhu 60°C 1°C dengan kecepatan pemuatan konstan 51 mm/menit. Bentuk silindernya memiliki tinggi 64 mm dan diameter 102 mm. Arus *Marshall* adalah amplitude deformasi yang terjadi pada objek yang diuji sebelum hancur, dan stabilitas Marshall adalah beban maksimum yang mungkin dipertahankan spesimen sebelum hancur. Hasil dari gagasan *Marshall*, ketahanan material terhadap deformasi diukur dalam hubungannya dengan stabilitas dan fluiditas. Selama-lamanya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. pengujian *Marshall* digunakan.



Gambar 2.2. Marshall Compaction Hammer dan Alat Marshall Test

Uji *Marshall* menentukan padatan, stabilitas, hasil, hasil *Marshall* (MQ), persentase kekosongan campuran (VIM), persentase rongga yang terisi aspal (VFA), dan persentase kosong (VMA) dalam total.

2.9. Pengikat Bitumen

Aspal telah lama digunakan di permukaan perkerasan di seluruh dunia sebagai bahan pengikat dalam campuran aspal. Bitumen adalah produk rumah tangga yang dibuat dari minyak mentah untuk menghasilkan gas minyak bumi, bahan bakar minyak bumi, minyak pelumas, dan solar. Bitumen, yang dihasilkan dari distilasi kedua minyak mentah, kemudian dipisahkan dan diproses untuk digunakan dalam konstruksi perkerasan, bandara, dan pelabuhan, serta dalam pembuatan sirap atap dan produk lainnya.

Aspal biasanya dibuat dari bitumen yang tidak dimodifikasi. Kualitas aspal biasanya dievaluasi berdasarkan viskositasnya atau ketahanan terhadap penetrasi filler pada suhu tertentu. Namun, untuk memenuhi kebutuhan karakteristik teknis campuran aspal, polimer, asam, dan aditif lainnya ditambahkan untuk meningkatkan ketahanan campuran aspal terhadap kerusakan, retak termal pada suhu tinggi dan kelembaban rendah.

Secara tradisional, untuk membuat aspal, bitumen yang tidak dimodifikasi digunakan. Penilaian untuk aspal ini biasanya didasarkan pada viskositas atau ketahanan *filler* terhadap suhu tertentu. Namun, seperti banyak negara, Australia dan Inggris terutama menggunakan bitumen atau aspal non-polimer yang dimodifikasi sebagai bahan pengikat dalam campuran aspal. Inggris

mempertahankan peringkat penetrasi sistematis untuk aspal non-dimodifikasi, sementara Australia menggunakan aspal yang dimodifikasi Meskipun ada banyak hubungan yang berbeda antara sumber, viskositas dan penetrasi biasanya berbanding terbalik, dan nilainya biasanya sama.

2.10. Sifat Bahan Agregat *Asphalt Wearing Course*

Aspal *Wearing Course* (AC-WC) merupakan aspal *wearing* dengan gradasi senjang dan agregat yang lolos di saringan No.16.

a. Agregat Kasar

Agregat kasar yang tahan terhadap saringan 4,75 mm harus terdiri dari potongan batu atau partikel batu yang keras dan tahan lama. Bahan yang rusak karena basah dan kering tidak boleh digunakan.

b. Agregat Halus

Agregat halus yang ditahan pada saringan 2,36 mm harus terdiri dari partikel halus yang memenuhi syarat, seperti pasir alam atau batu pecah halus.

c. Sifat Bahan yang Disyaratkan

Setelah pemadatan, agregat harus bebas dari bahan organik, gumpalan tanah liatatau bahan lain yang tidak diinginkan. Selain itu, setelah dibersihkan dengan saringan basah, agregat harus memenuhi persyaratan anyaman seperti yang ditunjukkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2.4. Gradasi Agregat Lapis Drainase untuk *Wearing Course*

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos			
		Lapis Fondasi Agregat			Lapis Drainase
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas S	
2"	50		100		
1½"	37,5	100	88 - 95	100	100
1"	25,0	79 - 85	70 - 85	77 - 89	71 - 87
¾"	19,0				58 - 74
½"	12,5				44 - 60
3/8"	9,50	44 - 58	30 - 65	41 - 66	34 - 50
No.4	4,75	29 - 44	25 - 55	26 - 54	19 - 31
No.8	2,36				8 - 16
No.10	2,0	17 - 30	15 - 40	15 - 42	
No.16	1,18				0 - 4
No.40	0,425	7 - 17	8 - 20	7 - 26	
No.200	0,075	2 - 8	2 - 8	4 - 16	

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2 Divisi 5 Hal 5

Tabel 2.5. Sifat-sifat Agregat Lapis Drainase untuk *Wearing Course*

Sifat – sifat	Lapis Fondasi Agregat			Lapis Drainase
	Kelas A	Kelas B	Kelas S	
Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 2417:2008)	0 - 40 %	0 - 40 %	0 - 40 %	0 - 40 %
Butiran pecah, tertahan ayakan No.4 (SNI 7619:2012)	95/90[1)]	55/50[2)]	55/50[2)]	80/75[3)]
Batas Cair (SNI 1967:2008)	0 - 25	0 - 35	0 - 35	-
Indek Plastisitas (SNI 1966:2008)	0 - 6	4 - 10	4 - 15	-
Hasil kali Indek Plastisitas dengan % Lolos Ayakan No.200	maks.25	-	-	-
Gumpalan Lempung dan Butiran-butiran Mudah Pecah (SNI 4141:2015)	0 - 5 %	0 - 5 %	0 - 5 %	0 - 5 %
CBR rendaman (SNI 1744:2012)	min.90 %	min.60 %	min.50 %	-
Perbandingan Persen Lolos Ayakan No.200 dan No.40	maks.2/3	maks.2/3	-	-
Koefisien Keseragaman : $C_v = D_{60}/D_{10}$	-	-	-	> 3,5

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2 Divisi 5 Hal 6

d. Pencampuran Bahan

Mencampur bahan untuk memenuhi persyaratan dapat dilakukan di lokasi pemecah batu biasa *(stone crusher).* Ini dilakukan dengan menggunakan dispenser mekanis yang dikalibrasi untuk memastikan aliran bahan yang konstan dan dicampur dalam proporsi yang tepat. Tidak ada bahan yang diizinkan untuk berintegrasi di lapangan.

2.11. Lapisan Pengikat

Lapisan pengikat terdiri dari persiapan bahan aspal dan penempatannya di atas permukaan yang telah disiapkan. Lapisan perekat diletakkan di atas permukaan pondasi tanpa membuat lapisan dasar sintetis terikat.

a. Cuaca yang diijinkan untuk bekerja

Lapisan perekat tidak boleh digunakan saat angin kuat, hujan, atau akan hujan. Hanya permukaan yang bersih dan kering yang boleh digunakan.

b. Kesiapan Pekerjaan

Kesiapan pekerjaan lapis pengikat meliputi beberapa aspek sebagai berikut:

- Dalam buku ini, sampel lima liter dari setiap materi disediakan bersama dengan sertifikat pabrikan dan hasil uji yang diperlukan.
- Catatan tentang kalibrasi instrumen, pengukur, dan batang pengukur plunger distributor aspal. Alat, pengukur, dan instrumen harus dikalibrasi untuk memastikan bahwa mereka tepat dan memenuhi toleransi akurasi yang

ditetapkan. Tanggal kalibrasi tidak boleh melebihi tanggal tersebut.

- Laporan harian tentang pekerjaan dilakukan dan material harus sesuai spek.

2.12. Validitas

"Validitas" berasal dari kata "validitas", yang mengacu pada tingkat kemampuan alat ukur untuk melakukan pengukuran dengan benar. Validitas penelitian menunjukkan ketepatan ukuran penelitian dibandingkan dengan informasi yang diukur secara nyata. Tes validasi menunjukkan kemampuan alat ukur untuk mengukur apa yang diukur. Sisi lain dari gagasan ini memengaruhi akurasi pengukuran.

Alat ukur yang sah tidak hanya memiliki ketelitian yang tinggi, tetapi juga beroperasi dengan baik. Dalam situasi seperti ini, presisi mengacu pada kemampuan untuk menemukan perbedaan kecil dalam karakteristik yang diukur. Menurut SNI 19-17025-2000, autentikasi juga dapat didefinisikan sebagai validasi suatu metode dengan menguji dan mengumpulkan bukti yang memenuhi persyaratan tertentu yang dihadapi. Validitas perlu dilakukan laboratorium terhadap:

a. Metode non standar
b. Metode yang dikembangkan sendiri
c. Metode standar yang digunakan diluar ruang lingkup yang dimaksud
d. Metode standar modifikasi
e. Metode standar untuk mengkonfirmasi

Bahwa metode ini mungkin bermanfaat. Oleh karena itu, selain membutuhkan perhatian khusus terhadap perangkat dan benda uji untuk mencapai hasil pengujian yang memuaskan, perangkat lunak juga diperlukan untuk digunakan. Perangkat lunak diperlukan untuk memvalidasi pengalaman murni yang penuh dengan kemungkinan kesalahan dari alat, bahan, dan peserta tes. Dengan kata lain, hasil pencarian tingkat akurasi dan keakuratan yang diketahui (sekurang-kurangnya nilai komparatif dari grafik uji di atas penelitian sebelumnya) harus divalidasi dengan program.

2.13. Sifat-Sifat Campuran Aspal

2.13.1. Stabilitas

Stabilitas aspal sangat penting untuk menahan deformasi dan peleburan plastis yang disebabkan oleh faktor dinamis dan statis, serta untuk mencegah bekas roda serata dari perubahan permukaan perkerasan jalan. Jumlah lalu lintas yang diantisipasi dan beban kendaraan pada rute akan menentukan persyaratan stabilitas perkerasan. Stabilitas disebabkan oleh gesekan antar butir, stabilitas antar partikel, dan kepatuhanyang yang lebih besar terhadap aspal. nilai stabilitas dalam KN atau kilogram.

2.13.2. Kepadatan komposisi (Flow)

Ketika campuran aspal dibebani melewati batas keruntuhannya, yang diukur dalam milimeter atau inci, terjadi situasi yang dikenal sebagai kelelahan, atau aliran. Jika nilai aliran tinggi karena kadar aspal yang tinggi, campuran akan terlihat lentur, tetapi jika nilai aliran rendah, campuran akan terlihat kaku.

2.13.3. Marshall Quotient

Marshall Quotient, yang diukur dalam kilogram per milimeter, adalah hasil dari pertimbangan seberapa kuat plastik dan seberapa mudah pecah. Campuran dengan indeks *Marshall* tinggi menunjukkan stabilitas yang tinggi dan tingkat leleh plastik yang rendah saat berada di bawah tekanan lalu lintas. Kekakuan ini meningkatkan risiko retak perkerasan. Sebaliknya, MQ rendah lebih plastis dan tidak stabil karena plastisitas tinggi dan stabilitas rendah.

2.15. Laston Lapis Aus

Laston adalah lapisan penutup yang penting secara struktural saat membangun jalan beraspal. Lapisan Laston adalah gradasi menerus aspal keras dan kerikil yang digunakan dalam konstruksi jalan; campuran ini dibuat dengan menggabungkan, menyebarkan, dan memadatkan agregat bergradasi terus menerus pada suhu tertentu. Ini dicampur, didistribusikan, dan dipadatkan pada suhu yang ditetapkan.

Ada banyak jenis campuran beton aspal panas yang berbeda, tetapi fokus penelitian ini adalah jenis AC-WC. Di bawah lapisan aus *(Binder Course)*, laston berfungsi sebagai lapisan pengikat. Roda kendaraan harus memiliki ketebalan minimal 5 cm untuk menahan beban lalu lintas, meskipun tidak langsung

terpengaruh oleh cuaca. Sebaliknya, Laston adalah lapisan perkerasan dengan kekasaran yang diperlukan dan ketebalan nominal 4 cm, yang berfungsi sebagai kursus aus. Ini berkaitan dengan ban mobil dan sifat tahan air dan cuaca. Lapisan ini menerima beban lalu lintas dari lapisan di bawahnya melalui gaya vertikal kendaraan, gaya rem *horizontal*, dan getaran roda kendaraan. Setiap lapisan mengalami beban yang lebih rendah karena cara penyebaran beban. Lapisan atas harus mampu menahan beban.

2.16. Penelitian Terdahulu

No.	Tahun	Nama Penulis	Tujuan Penelitian	Judul Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
1.	2020	John Doe	Untuk mengetahui durabilitas dan resistensi terhadap deformasi	"Utilization of Sea Sand and Asbuton in Asphalt Mixtures"	*Sea Sand and Asbuton, Asphalt Mixtures.*	Meningkatkan durabilitas dan resistensi terhadap deformasi
2.	2018	Jane Smith	untuk mengetahui stabilitas beban yang ditimbulkan terhadap beban lalu lintas	"Effectiveness of Sea Sand-Asbuton Mixtures in Road Pavements"	*Sea Sand-Asbuton, Road Pavements*	Stabilitas yang ditingkatkan di bawah beban lalu lintas berat

No.	Tahun	Nama Penulis	Tujuan Penelitian	Judul Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
3.	2023	Juny Andry Sulistyo	Memperoleh Campuran Formula "Slag" Agregat Halus Lapis Aspal Beton Modifikasi yang menggunak an limbah plastik Polyethylen e (PE) yang tahan air pasang dan tahan air banjir.	Perilaku aspal *Wearing course* Terhadap Pengaruh Rendaman air Pasang (rob) Dengan bahan Tambah *Polyethylen e* dan *Fine aggregat slag*	*Wearing course*, Rendaman air Pasang (rob), *Polyethyle ne, Fine aggregat slag.*	kadar Agregat Slag 0% dan 100% dengan LDPE 0%, 2%, 4%, 8 %, 10% dan 18 % tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan karena tidak memenuhi persyaratan spesifikasi teknis Bina Marga karena nilai *Void in Mineral* (VIM) kurang dari 3% - 5%.
4.	2023	Aqilah Attamimi	Untuk mengetahui dan menganalisi s pemakaian pasir laut pada campuran AC-WC tentunya dengan melakukan pengujian Marshall.	Analisa Nilai KAO dengan Metode Narrow Range pada Campuran Asphalt concrete – Wearing Course menggunakan Pasir Laut	KAO, Narrow Range, Pasir Laut, Aspal	Hasil penelitian dari Marshall seperti nilai stabilitas, VMA, density, MQ pada kadar aspal 5,0%- 7,0%, memenuhi spesifikasi yaitu 1932 kg, 19,84%, 2,26 gr/cm3 dan 1031 kg/mm

No.	Tahun	Nama Penulis	Tujuan Penelitian	Judul Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
5.	2021	Mohammad Faldi	Untuk Mengetahui penyebab kerusakan tersebut antara lain cuaca, air, suhu, atau penurunan kualitas lapisan perkerasan jalan akibat proses penuaan.	Kajian durabilitas dan penuaan asphalt concrete-wearing course (Ac-Wc) asbuton pracampur terhadap variasi lama rendaman	Pre-blended Buton Asphalt AC-WC, Durability, Aging, Soaking Period	Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran AC-WC dengan Aspal Buton Pra-Blended pada kondisi normal mencapai ketahanan 72 jam,
6.	2022	Afif Padli Pebrian	Untuk membandingkan hasil campuran/adukkan yang menggunakan hanya abu batu saja dan campuran/adukkan yang menggunakan bahan tambahan jenis pasir dalam komposisi AC-WC tersebut	Penggunaan Pasir di Desa Kutai Donok sebagai Bahan Aggregat Halus pada Hotmix AC–WC	Aspal, Marshall, Pasir, Filler.	Hasil dari penggunaan pasir desa kutai donok itu bisa digunakan berdasarkan nilai karakteristik marshall tes menunjukkan bahwa pasir dalam campuran beton aspal menghasilkan lapisan AC-WC yang bersifat stabil
7.	2020	Sri Maulin Noviyanthi	Untuk mengetahui nilai volumetrik dan nilai Marshall pada campuran Laston AC-WC terhadap perendaman air laut dan tanpa perendaman	Pengaruh Perendaman Air Laut Terhadap Stabilitas Campuran Ac-Wc Menggunakan Agregat Koya Kota Jayapura	AC-WC, Air Laut, Nilai Marshall	Hasil nilai marshall yaitu pada stabilitas semua kadar aspal memenuhi spesifikasi sedangkan untuk flow hanya pada kadar aspal 5,5% dan 6% baik itu dengan perendaman dan tanpa perendaman.

BAB III
METODOLOGI

3.1 Tipe Penelitian

Terdapat beberapa item dalam penelitian yang dilakukan yaitu salah satunya dengan metode eksperimen, metode eksperimen adalah strategi penelitian yang digunakan untuk memastikan, dalam keadaan terkendali, dampak dari satu perlakuan terhadap perlakuan lainnya (Jaya et al., 2019). Menurut definisi yang diberikan oleh beberapa ahli tersebut, penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap subjek penelitian.

Penelitian yang dilakukan ini merupakan penelitian yang menggunakan metodologi data primer karena dilakukan secara eksperimen untuk mendapatkan hasil dari benda uji yang paling tepat untuk selanjutnya dilakukan penelitian, karena data diperoleh secara langsung. Dalam penelitian ini digunakan *American Society for Testing Material* (ASTM) dan Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai pedoman dalam proses pembuatannya.

3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.2.1. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian ini meliputi:

a. Agregat kasar, halus, dan abu batu diperoleh dari AMP *(Asphalt Mixing Plant)* PT Summitama Intinusa Jl. Raya Gatot Subroto No. 70 Desa Ketapang, Kec. Kalipuro Banyuwangi.
b. Menggunakan bahan Aspal Polimer Pen 60/70.
c. Pasir laut adalah bahan yang akan digunakan sebagai camporan dengan kadar variasi 10%-20%
d. Asbuton dengan jenis butir tipe 50/30 variasi kadar 0%, 10%, 20%, 30%.

3.2.2. Peralatan Penelitian

a. Alat penguji agregat dan *filler*

Diantara peralatan yang digunakan untuk pengujian agregat termasuk mesin *Los Angeles* (untuk uji abrasi) oven (untuk pengering), timbangan, penguji berat jenis (piknometer, timbangan, dan pemanas).

b. Alat penguji aspal

Peralatan untuk pengujian aspal meliputi; alat uji titik nyala dan titik bakar, alat uji titik lembek, alat uji kelarutan, dan alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan).

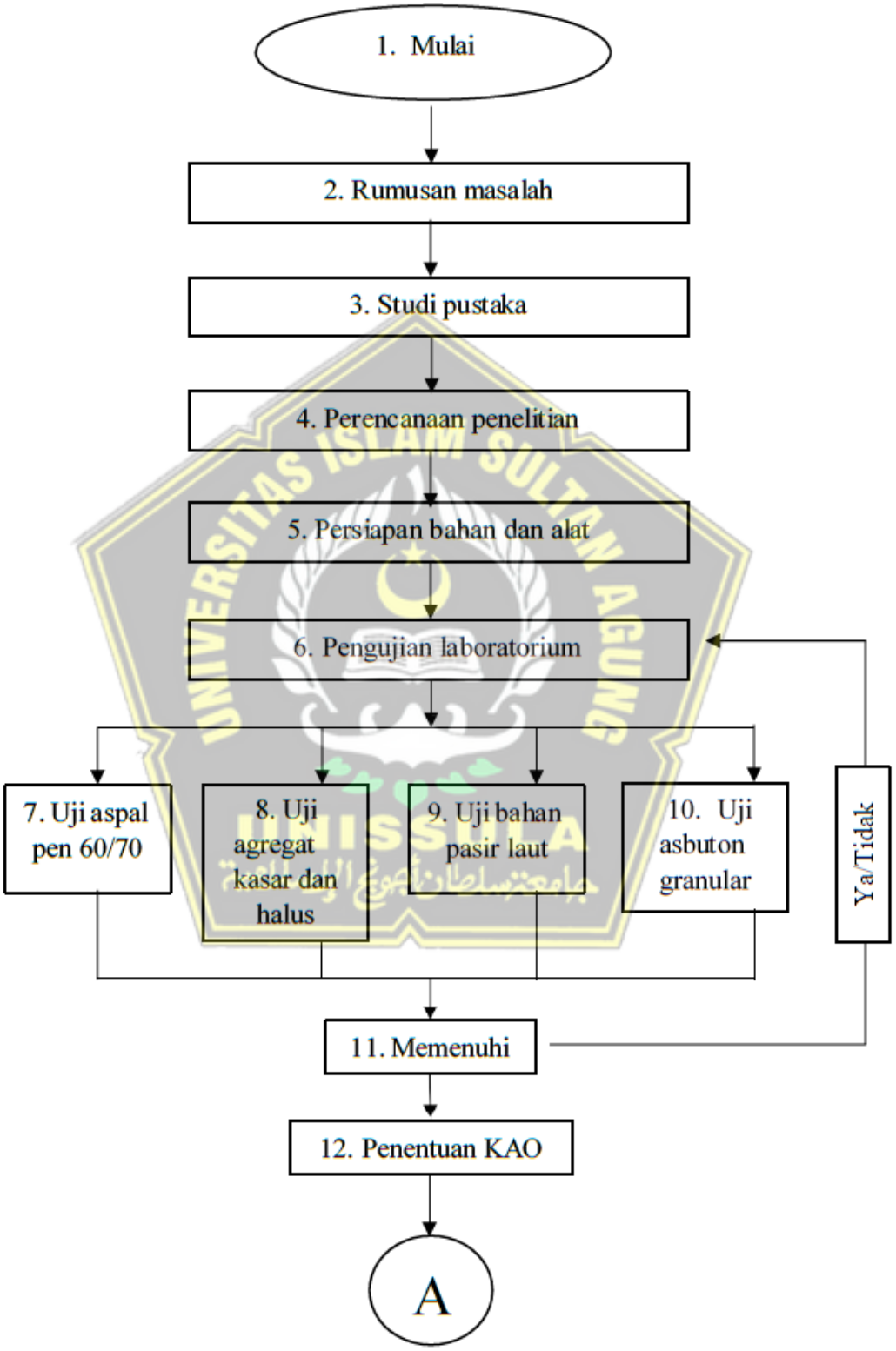
c. Alat penguji campuran metode *Marshall*

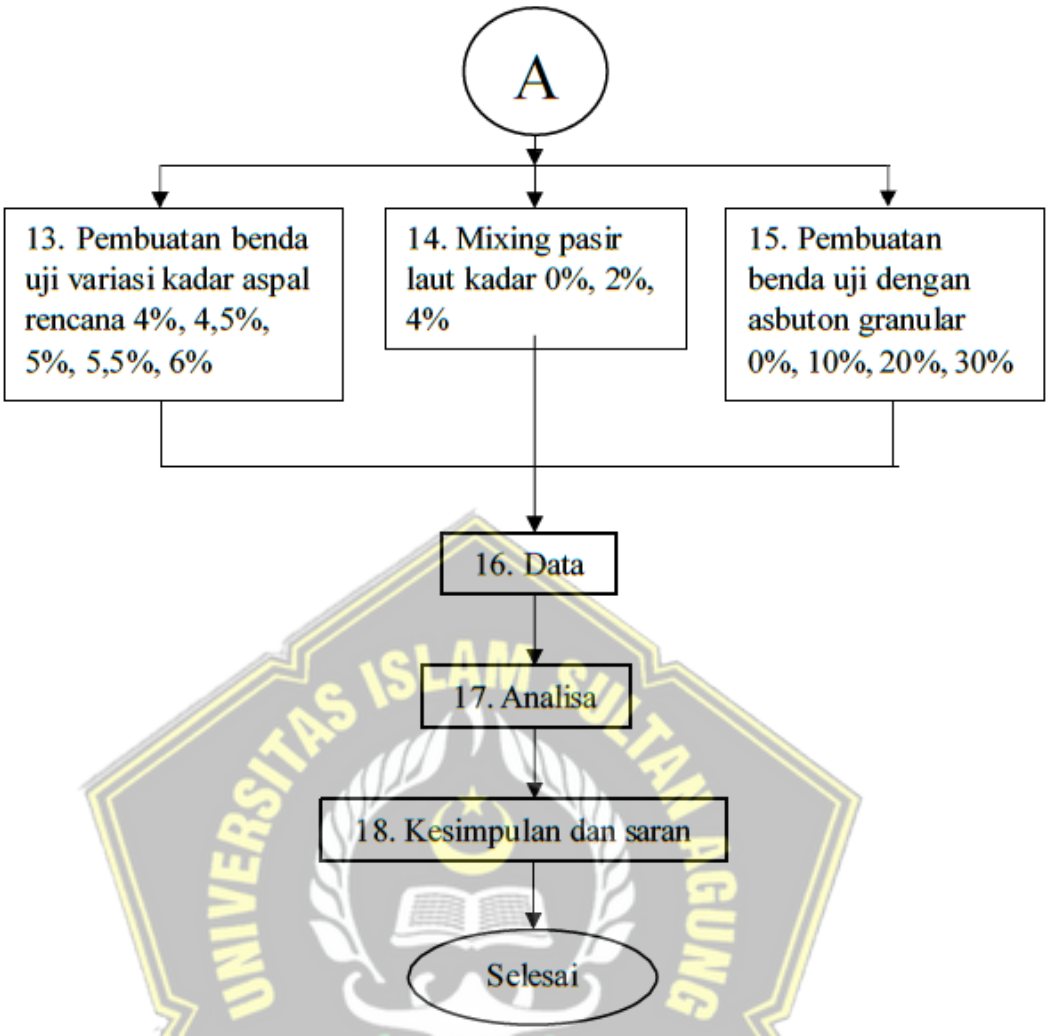
Seperangkat alat metode *Marshall* digunakan sebagai alat uji, yang meliputi:

1. Alat tekan *Marshall* terdiri dari kepala penekan dengan bentuk lengkung, cincin penguji yang berkapasitas 3000 kg (6000 lbs) dan dilengkapi dengan arloji pengukur kerekatan (*flowmeter*).
2. Alat cetak benda uji silinder dengan diameter 10,2 cm (4 inci) serta tinggi 7,5cm (3 inci) untuk *Marshall* standar dan diameter 15,24 cm (6 inci) dengan tinggi 9,52 cm untuk *Marshall* modifikasi dilengkapi dengan plat dan leher sambung.
3. Penumbuk manual yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8 cm (3,86 inci), berat 4,5 kg (10 lbs), dengan tinggi jatuh bebas 45,7cm (18 inci) untuk *Marshall* standar.
4. *Ejektor* untuk mengeluarkan benda uji setelah dipadatkan.
5. Alat-alat penunjang meliputi panci pencampur, kompor pemanas, termometer, kipas angin, sendok pengaduk, kaus tangan anti panas, sarung tangan karet, kain lap, kaliper, spatula, timbangan dan spidol untuk menandai benda uji.

3.3. Rancangan dan Pelaksanaan Penelitian

Bagan alir penelitian berupa tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan selama penelitian ini dijelaskan pada:





Gambar 3.1. Bagan Alur Penelitian

3.4. Prosedur Perencanaan Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dalam beberapa tahap, dari awal sampai akhir dalam secara sistematis.

a. Persiapan

Langkah pertama adalah melakukan studi pustaka dan menyiapkan peralatan dan perlengkapan. Bahan yang digunakan dalam campuran aspal diperiksa untuk memastikan memenuhi standar sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar.

b. Pemeriksaan campuran material aspal

Semua pengujian mengikuti standar pengujian yang ditetapkan oleh *American Society for Testing Materials* (ASTM) dan Standar Nasional

Indonesia (SNI). Pemeriksaan agregat kasar dan halus meliputi hal-hal berikut:

1) Berat Jenis Agregat Kasar (berdasarkan SNI 1969:2008) dan Penyerapan Agregat Kasar (berdasarkan SNI 1969:2008)
2) Tingkat Keausan atau Abrasi Agregat Kasar (berdasarkan SNI 2417:2008).
3) Partikel Pipih dan Lonjong (berdasarkan ASTM D 4791-95).
4) Daya Lekat Agregat terhadap Aspal (berdasarkan SNI-06-2439-1991).
5) *Soundness* atau Uji Sifat Kekekalan Bentuk agregat (berdasarkan SNI 3407:2008).
6) Berat Jenis Agregat Halus (berdasarkan SNI 1970:2008) dan Penyerapan Agregat Halus (berdasarkan SNI 1970:).
7) Kadar Lumpur/ *Sand Equivalent Test* (berdasarkan SNI 3423 : 2008).
8) Analisis Butiran (berdasarkan SNI-M-02-1994-03).
9) Untuk pengujian bahan bitumen atau aspal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aspal Pen 60/70. Pemeriksaan sifat fisik aspal yang dilakukan antara lain:
   - Pemeriksaan penetrasi aspal (berdasarkan SNI 06-2456-1991).
   - Pemeriksaan titik lembek (berdasarkan SNI 06-2434-1991).
   - Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar (berdasarkan SNI 06-2433-1991).
   - Pemeriksaan penurunan berat minyak dan aspal (berdasarkan SNI 06-2240-1991).
   - Pemeriksaan kelarutan aspal dalam karbon tetraklorida/ CCl4 (berdasarkan ASTM D5546).
   - Pemeriksaan daktilitas (berdasarkan SNI 06-2432-1991).
   - Pemeriksaan berat jenis bitumen (berdasarkan SNI 06-2441-1991).
   - Penetrasi setelah RTFOT (berdasarkan SNI 06-2456-1991).

   Sampel uji dibuat setelah komposisi campuran aspal telah ditetapkan.

Pada temperatur saat ini, aspal memiliki viskositas kinematik 170 sampai 20 centistok ketika dicampur dengan agregat, dan pada saat pemadatan, aspal memiliki viskositas kinematik 280 sampai 30 centistok. Karena tidak dilakukan

pengujian viskositas kinematik aspal, dan suhu pencampuran biasanya ditentukan antara 145-155ºC, dan suhu pemadatan antara 110- 135ºC.

c. Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

1) Pembuatan benda uji

Tahapan pembuatan benda uji sebagai berikut :

a) Menimbang agregat sesuai dengan persentase yang dihitung, kemudian membuat dua benda uji untuk setiap variasi kadar aspal.

b) Memanaskan aspal untuk proses pencampuran dan mencampur agregat, aspal, dan limbah dengan menggunakan pemanas dan diaduk hingga merata.

c) Pastikan bahwa suhu campuran mencapai 140°C sebelum ditempatkan dalam cetakan yang telah dibersihkan dan dipanaskan hingga suhu antara (93,3°C – 148,9°C) dan diolesi dengan vaselin / oli / pelumas.

d) Sebelum melakukan pemadatan, dilakukan proses rojokan 15 kali pada bagian tepi cetakan dan 10 kali pada bagian dalam, lalu dilakukan pemadatan dengan scrap dan diletakkan di atas landasan pemadat. Setelah itu dilakukan pemadatan dengan menggunakan alat penumbuk sebanyak 75 kali pada bagian atas dan 75 kali pada bagian bawah cetakan dengan tinggi jatuh sebesar 45 cm.

e) Setelah proses pemadatan selesai, benda uji diambil menggunakan alat pengeluar dan diberi tanda atau label. Kemudian benda uji diletakkan di atas permukaan yang rata dan mulus dan dibiarkan selama ± 24 jam pada suhu kamar.

2) Pengujian benda uji

Tahapan pengujian benda uji sebagai berikut :

a) Pastikan bahwa benda uji dalam keadaan bersih dari kotoran yang menempel. Ukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm menggunakan jangka sorong dan hitung beratnya untuk mendapatkan berat benda uji yang dalam keadaan kering.

b) Rendam benda uji dalam air pada suhu ruang selama ± 24 jam untuk memastikan benda uji jenuh.

c) Timbang benda uji dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air. Kemudian benda uji keluarkan dari bak perendam dan keringkan hingga permukaan kering. Timbang kembali benda uji untuk mendapatkan berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD).

d. Proses Pengujian benda uji menggunakan alat Marshall Test meliputi beberapa tahap yaitu :

1) Menyimpan benda uji dalam bak perendam pada suhu sekitar 60°C selama 30 menit
2) Membersihkan bagian dalam permukaan kepala penekan dan melumasi agar benda uji dapat dilepaskan setelah pengujian.
3) Menempatkan cetakan stabilitas dan *dial flow* pada mesin tekan, kemudian meletakkan benda uji yang telah direndam pada cetakan stabilitas dan menyetel dial pada angka nol.
4) Menyesuaikan posisi piston agar berada pada poros cetakan stabilitas.
5) Melakukan pembebanan dengan cara menekan tombol UP, kemudian menghentikan tekanan dengan tombol *OFF* setelah mencapai kelelahan maksimum. Mencatat nilai kelelahan maksimum yang didapat.
6) Mencatat nilai pembebanan pada proving ring.
7) Setelah pengujian selesai, menurunkan pembebanan dengan menekan tombol *Down*, mengeluarkan benda uji, dan membuka bagian atas cetakan.

e. Menghitung Parameter *Marshall*

Setelah pengujian *Marshall* selesai dan nilai stabilitas dan *flow* diperoleh, langkah selanjutnya adalah menghitung parameter *Marshall* yaitu VIM, VMA, VFA, dan *Marshall Quotient.*

f. Pengolahan dan Pembahasan Hasil

Setelah hasil penelitian di laboratorium dikumpulkan, perbandingkan nilai stabilitas dan karakteristik campuran dari variasi kadar aspal dan perlakuan terhadap limbahserta hasil pengolahan. Kemudian, tampilkan hasil tersebut dalam grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dengan

parameter *Marshall* seperti stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, dan *Marshall Quotient* (MQ).

Menggunakan *Marshall Compaction Hammer*, dengan tumbukan sebanyak 2x75 kali untuk mengatasi lalu lintas yang berlebihan. Spesimen kemudian dikeringkan, disimpan pada suhu ruang selama 24 jam, dan dicatat tinggi dan beratnya. Spesimen kemudian direndam dalam air selama 24 jam dan ditimbang basah dan kering untuk mendapatkan data volumetrik aspal (densitas, VIM, VMA, dan VFA).

Sampel kemudian dianalisis dengan alat *Marshall* untuk menghasilkan data empiris setelah direndam dalam air yang dipanaskan hingga 60ºC selama 30 menit (stabilitas, kelelahan dan *Marshall Quotient*). Komposisi campuran aspal yang sesuai ditentukan dengan menganalisis statistik *Marshall*, meliputi: stabilitas, kelelahan, VIM, VMA, VFA, dan *Marshall Quotient*. Kadar aspal yang digunakan sebagai sampel adalah 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6% masing-masing menggunakan 3 sampel, penjelasan rinci pada **Tabel 3.1.**

Tabel 3.1. Perhitungan Jumlah Sampel Penentuan Kadar Aspal Optimum

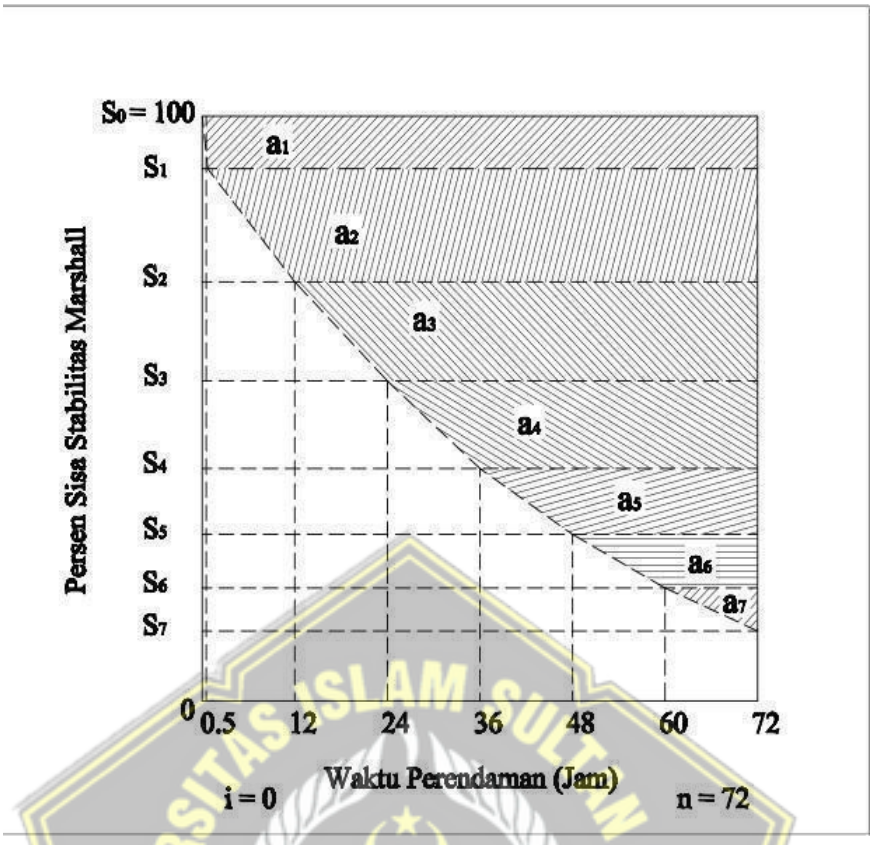
Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji
4%	3
4,5%	3
5%	3
5,5%	3
6%	3
Total	**15 sampel benda uji**

Tabel 3.2. Jumlah Benda Uji untuk variasi PP dan Asbuton Granular

Jumlah Benda Uji untuk Variasi PP dan Asbuton Granular		
(Kadar pasir laut 0%, 10%, 20%, 30%)	Asbuton Granular 0%,10%, 20%, 30%	Jumlah Benda Uji
Kadar 0%	Kadar 0%	3
Kadar10%	Kadar 0%	3
Kadar 20%	Kadar 0%	3
Kadar 30%	Kadar 0%	3
Kadar 0%	Kadar 10%	3
Kadar 10%	Kadar 10%	3
Kadar 20%	Kadar 10%	3
Kadar 30%	Kadar 10%	3
Kadar 0%	Kadar 20%	3
Kadar10%	Kadar 20%	3
Kadar 20%	Kadar 20%	3
Kadar 30%	Kadar 20%	3
Kadar 0%	Kadar 30%	3
Kadar 10%	Kadar 30%	3
Kadar 20%	Kadar 30%	3
Kadar 30%	Kadar 30%	3
TOTAL		**48**

3.5. Metode Keawetan *(Durability)*

Daya tahan kombinasi ini berkorelasi dengan ketahanannya terhadap perendaman dalam air dalam waktu lama. Daya tahan dapat ditingkatkan dengan memadatkan campuran aspal dan membuatnya kedap air dan tidak tembus dengan agregat. Kualitas kombinasi setelah perendaman 24 jam belum tentu sesuai dengan dayatahan campuran aspal dalam waktu perendaman yang lebih lama.



Gambar 3.2. Grafik Kurva Keawetan

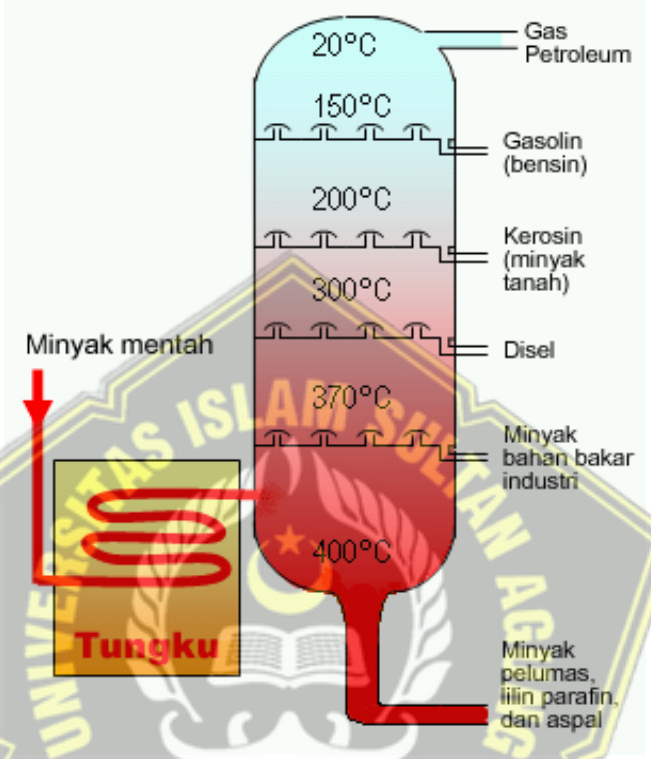
3.6. Aspal

Tiga komponen hidrokarbon yang paling banyak terdapat dalam aspal adalah aromat, naften, dan alkana. Spesifikasi ditentukan oleh sifat-sifat aspal. Pedoman dan pengujian aspal berikut digunakan untuk memastikan bahwa kualitas aspal yangdibutuhkan terpenuhi:

1. Sampel aspal untuk pengujian
2. Pengkajian penetrasi
3. Pengkajian titik lembek
4. Pengkajian daktilitas
5. Pengkajian titik nyala dan titik bakar

Untuk setiap jenis pengujian, Standar Nasional Indonesia (SNI) menentukan metode atau prosedur pengujian. Aspal akan lebih cepat teroksidasi dengan udara jika memiliki lebih banyak komponen nonlogam daripada aspal yang memiliki nonlogam sedikit. Meskipun elemen sensor karbon berinteraksi dengan udara lebih lambat daripada elemen non- logam. Aspal lebih rapuh daripada bahan lain,

membuatnya lebih rentan terhadap persentase atau berat komponen non-logam seperti nitrogen dan belerang. kandungan non-logam aspal, dinyatakan sebagai persentase dari beratnya. Salah satu penentu utama tinggi atau rendahnya kualitas pengikat aspal adalah titik lembeknya, yang merupakan komponen penting lainnya. Kualitas meningkat dengan titik pelunakan.



Gambar 3.2. Pengolahan Minyak Bumi Menjadi Aspal

3.7. Metode Analisis

Proses penelitian agregat untuk penelitian ini dilakukan dalam 8 (delapan) langkah sebagai berikut, dengan menggunakan metodologi eksperimen di Laboratorium Material Perkerasan.

a. Tahap I

Persiapan berikut adalah beberapa tindakan yang diambil sebelum penelitian ini:

- Menyiapkan bahan material seperti agregat, aspal.
- Menyiapkan peralatan yang digunakan.
- Menyiapkan form pengujian serta mengolah data hasil pengujian

b. Tahap II

Pemeriksaan bahan, pemeriksaan agregat yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan halusPemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus.
- Pemeriksaan berat jenis aspal.
- Pemeriksaan penetrasi
- Pemeriksaan titik lembek.
- Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar
- Pemeriksaan daktilitas

c. Tahap III

1) Perancangan agregat menggunakan agregat batu belah dan asbuton granular dengan kombinasi agregat.
2) Perancangan campuran pada tahap ini kadar aspal optimum ditentukan dengan (Mix Design) dan pembuatan benda uji dengan kadar aspal 4%,4,5%,5%, 5,5%, dan 6%.

d. Tahap IV

Dengan menggunakan tes Marshall untuk menemukan jumlah aspal ideal (KAO). Pada tahap ini, benda uji dengan kadar aspal yang bervariasi menjalani uji Marshall untuk mengumpulkan data stabilitas dan aliran. Spesimen ditimbang dengan tiga cara berbeda sebelum ini: beratkering, berat SSD, dan berat sampel dalam air.

e. Tahap V

Tes perendaman standar Marshall melibatkan perendaman spesimen selama 30 menit dan 24 jam dalam wadah berisi air yang disimpan pada suhu konstan 60°C. Dilakukan di KAO untuk melihat bagaimana daya tahan dan sifat Marshall dipengaruhi oleh perendaman.

f. Tahap VI

Dilakukan Pengujian dan analisis Marshall untuk mengetahui stabilitas Marshall, *flow* (keeratan), rongga dalam campuran dan rongga dalam mineral serta stabilitas Marshall sisa.

g. Tahap VII

Pembuatan dan perendaman benda uji pada KAO untuk analisa pengaruh rendaman terhadap durabilitas dan *properties*.

h. Tahap VIII

Kesimpulan dan rekomendasi dari seluruh rangkaian percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dibuat setelah mengumpulkan dan menganalisis semua data yang terkumpul dari kelengkapan campuran agregat, aspal dan aspal beton.

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Persiapan Material

Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu tahap persiapan bahan penelitian, penentuan kadar aspal, pembuatan benda uji, dan pengujian di laboratorium. Pada tahap penyedian bahan, disiapkan antara lain Asbuton yang di ambil dari Kalikuto Batang. Semua proses pembuatan benda uji dan propertis material, pengujian pada aspal dan pengujian marshall pada benda uji yang dilakukan di laboratorium transportasi jalan Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Gambar 4.1. Persiapan Bahan Asbuton sebagai Bahan Tambah
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Persiapan bahan Asbuton dan Pasir Laut Drymix ini diambil dari Kalikuto BatangSembung Batang Jawa Tengah dengan sampel yang diperlukan, yang nantinya akan digunakan sebagai bahan material pada penelitian ini.

Gambar 4.2. Persiapan Bahan Pasir Laut Sebagai Bahan Tambah
(*Sumber: Dokumentasi Pribadi*)

4.2. Rancangan Campuran Aspal Porous (Job Mix Design)

Pada penelitian kali ini peneliti membuat komposisi campuran aspal dengan bahan tambah asbuton dan pasir laut kadar 0%, 10%, 20%, dan 30%. Dengan masing masing masing kadar ada 3 benda uji yang nantinya akan digunakan sebagai pembanding dalam penentuan campuran yang terbaik pada penelitian ini.

Tabel 4.1. Pembuatan Benda Uji

Benda Uji	Kadar Asbuton	Kadar Pasir Laur	Benda Uji	Jumlah
Benda Uji	0%	0%	3	12
		10%	3	
		20%	3	
		30%	3	
Benda Uji	10%	0%	3	12
		10%	3	
		20%	3	
		30%	3	
Benda Uji	20%	0%	3	12
		10%	3	
		20%	3	
		30%	3	
Benda Uji	30%	0%	3	12
		10%	3	
		20%	3	
		30%	3	
Total				**48**

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

4.2.1. Pembuatan Benda Uji Dengan Kadar Pasir Laut dan Asbuton

Komposisi aspal modifikasi dengan kadar aspal 5,8% yang di rencanakan yaitu *Asbuton dan Pasir Laut* dengan kadar 0%,10%, 20%, 30% untuk masing-masing setiap campuran dengan 12 benda uji, dengan total keseluruhan ada 48 benda uji untuk campuran modifikasi dapat dilihat pada **Tabel 4.2 – Tabel 4.17.**

Tabel 4.2. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 0% dan Pasir Laut 0 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	*Medium Agregat*	25%	300 g
3	*Coarse Agregat*	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	*Filler*	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.3. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 0% dan Pasir Laut 10 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Bahan tambahan :			
Asbuton		0%	0 g
Pasir Laut		10%	6,96 g%
TOTAL SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.4. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 0% dan Pasir Laut 20 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		0%	0 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		20%	13,92 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber: Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar kadar (Asbuton 0% dan Pasir Laut 30 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		0%	0 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		30%	20,88 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.6. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 10% dan Pasir Laut 0 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		10%	6,96 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		0%	0 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.7. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 10% dan Pasir Laut 10 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		10%	6,96 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		10%	6,96 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.8. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 10% dan Pasir Laut 20 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		10%	6,96 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		20%	13,92 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.9. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 10% dan Pasir Laut 30 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		10%	6,96 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		30%	20,88 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.10. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 20% dan Pasir Laut 0 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		20%	13,92 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		0%	0 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.11. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 20% dan Pasir Laut 10 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		20%	13,92 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		10%	6,96 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.12. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 20% dan Pasir Laut 20 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		20%	13,92 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		20%	13,92 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.13. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 20% dan Pasir Laut 30 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		20%	13,92 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		30%	20,88 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.14. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 30% dan Pasir Laut 0 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		30%	20,88 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		0%	0 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.15. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 30% dan Pasir Laut 10 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		30%	20,88 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		10%	6,96 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.16. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 30% dan Pasir Laut 20 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		30%	20,88 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		20%	13,92 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Tabel 4.17. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan kadar (Asbuton 30% dan Pasir Laut 30 %)

No.	Komposisi	Persentase	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 g
2	Medium Agregat	25%	300 g
3	Coarse Agregat	25%	300 g
4	Pasir	3%	36 g
5	Filler	1,20%	14,4 g
6	Aspal	5,80%	69,6 g
Total		**100%**	**1200 g**
Keterangan Abu Batu :			
Asbuton		30%	20,88 g
Abu Batu (digunakan)		40%	480 g
Keterangan Pasir :			
Pasir Laut		30%	20,88 g
Pasir (digunakan)		3%	36 g
JUMLAH SAMPEL		**3**	

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

4.3. Pengujian Laboratorium

4.3.1 Hasil Pengujian Aspal Polimer (Pertamina 60-70)

Hasil Pemeriksaan Aspal Polimer yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aspal Polimer Pen 60-70 (Pertamina). Pengujian yang dilakukan untuk aspal polimer ini adalah 7 parameter yaitu penetrasi, titik nyal, titik lembek, kelarutan dalam ccl4, daktilitas, penetrasi kehilangan berat dan viskositas. Parameter tersebut dapat mewakili karakteristik utama dari aspal polimer untuk diapliaksikan sebagai campuran untuk perkerasan lentur.Hasil Pengujian Aspal tertera pada Tabel 4.18 dengan menggunakan perbandingan berdasarkan dari Spesifikasi Pemeriksaan Jalan No. 01/MN/BM/ 1976.

Tabel 4.18. Pengujian Pen 60-70 (Pertamina)

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi Aspal PEN 60-70		Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi
			Min	Max		
1	Penetrasi 25°C, 100 g, 5 detik	0,1 mm	60	80	67,4	SNI-06-2456-1991
2	Titik Lembek 5°C *(Ring and Ball Test)*	°C	48	-	56,65	SNI-06-2434-1991
3	Titik Nyala *(Cleavelend Open Cup)*	°C	200	-	351,5	SNI-06-2433-1991
4	Berat Jenis	%	1	-	1,034	SNI-06-2438-1991
5	Daktilitas	cm	100	-	>150	SNI-06-2432-1991
6	Penetrasi setelah Kehilangan Berat	%	54	-	61,90	SNI-06-2440-1991

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Pada Suhu pencampuran aspal polimer, kemampuan pengaduk untuk digunakan, dan jumlah waktu yang diperlukan untuk pencampuran, semuanya berperan dalam proses tersebut. Dalam penelitiannya yang bertajuk Evaluasi dan Optimasi Sifat Rekayasa: Polimer Moxified Ashpalt, J.S. Chen, MC Liao, dan H.H. Tsai (2012) melaporkan bahwa proses pencampuran aspal polimer berlangsung antara dua hingga tiga jam, bergantung pada kapasitas pengaduk 2000 rpm dan kisaran suhu 150°C hingga 170°C.

Pengujian Agregat Tabel 4.19 menampilkan hasil pengujian agregat berdasarkan perbandingan Jalan Raya dengan Spesifikasi Pemeriksaan Jalan No. 01/MN/BM/1976.

4.3.2. Hasil Pengujian Aggregat I

Tabel 4.19. hasil Penelitian Sifat Fisik dan Mekanis Agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan	Hasil	Keterangan
A	**Agregat kasar**				
1	Abrasi dengan mesin *Los Angeles*	SNI 03-2417-2008	Maks. 40%	15.61%	Memenuhi
2	Kelekatan agregat terhadap aspal Pen 60/70	SNI 03-2439-2011	Min. 95%	97.23%	Memenuhi
3	Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791-10	Maks. 10%	7.21%	Memenuhi
4	Material lolos saringan no. 200	ASTM C117:2012	Maks. 1%	0,72%	Memenuhi
5	Penyerapan air oleh agregat a. Agregat kasar 1/2 b. Agregat kasar 3/8	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%	1.723% 2.651%	Memenuhi
6	Berat jenis (*bulk specific gravity*) a. Agregat kasar 0.5/1 b. Agregat kasar 1/2	SNI 03-1969-1990	Min. 2.5%	2.812% 2.794%	Memenuhi
B	**Agregat halus**				
1	Material lolos saringan no. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 15%	10.48%	Memenuhi
2	Angularitas	SNI 03-6877-2002	Min. 45%	49.92%	Memenuhi
3	Penyerapan air oleh agregat a. Agregat halus (pasir) b. Agregat halus (abu batu)	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%	1.741% 2.631%	Memenuhi
4	Berat jenis (*bulk specific gravity*) a. Agregat halus (pasir) b. Agregat halus (abu batu)	SNI 03-1969-1990	Min. 2.5	2.924% 2.861%	Memenuhi

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Karena material berasal dari Kalikuto Batang Sembung Jawa Tengah memenuhi persyaratan Spesifikasi 2018, dimana seluruh hasil pengujian material agregat berasal dari penghancuran batu Stone Crusher dari Asphalt Mixing Plant (AMP)

4.3.3 Hasil Pengujian Agregat II

Pengujian II terdiri dari material Coarse Agregat atau agregat kasar yang dapat lolos saringan1½-½ dan tertahan mulai dari saringan ½ sampai dengan saringan #200, yang dapat dilihat pada tabel 4.20

Tabel 4.20. Hasil Analisis Pembagian Butiran Agregat II (SNI 03-1968-1990/ AASHTO T.27-88)

UKURAN SARINGAN		KOMULATIF			Rata - rata	KOMULATIF		
		TERTAHAN		LOLOS		TERTAHAN		LOLOS
inch	mm	gr	%	%		gr	%	%
11/2"	37,5	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
1"	25,0	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,0	1.573,3	15,39	84,61	**84,60**	1.556,3	15,41	84,59
1/2"	12,5	7.582,7	74,19	25,81	**29,59**	6.730,5	66,64	33,36
3/8"	9,5	10.060,1	98,44	1,56	**1,77**	9.899,7	98,02	1,98
# 4	4,75	10.171,8	99,53	0,47	**0,48**	10.051,6	99,52	0,48
# 8	2,36	10.177,9	99,59	0,41	**0,42**	10.056,2	99,57	0,43
# 16	1,15	10.182,5	99,63	0,37	**0,38**	10.061,7	99,62	0,38
# 30	0,6	10.186,3	99,67	0,33	**0,32**	10.068,4	99,69	0,31
# 50	0,3	10.190,6	99,71	0,29	**0,28**	10.073,6	99,74	0,26
#100	0,15	10.194,3	99,75	0,25	**0,24**	10.077,1	99,77	0,23
# 200	0,075	10.196,8	99,77	0,23	**0,21**	10.080,4	99,81	0,19
Berat Contoh		10.220				10.100		

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berasarkan analisa pada saringan agregat kasar Pengujian II sebanyak 84,61% agregat melewati saringan 3/4" dan 74,19% tertahan pada saringan 1/2" atau 9,52mm, menurut pemeriksaan filter agregat kasar Pengujian II. Sementara itu, sebesar 25% dari hasil semua sampel agregat saringan sedang lolos saringan 3/8" dan tertahan pada saringan No. 4, atau 4,75 mm kali 1,5, untuk saringan agregat sedang.

4.3.4. Hasil Pengujian Agregat III

Pengujian III terdiri dari material Medium Agregat atau agregat kasar yang lolos saringan 1½-½ dan tertahan mulai dari saringan 3/8 sampai dengan saringan #200.

Tabel 4.21. Hasil Analisa Pembagian Butiran Agregat III (SNI 03-1968-1990/ AASHTO T.27-88)

UKURAN SARINGAN		KOMULATIF			Rata - rata	KOMULATIF		
		TERTAHAN		LOLOS		TERTAHAN		LOLOS
inch	mm	gr	%	%		gr	%	%
11/2"	37,5	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
1"	25,0	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,0	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,5	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	557,4	20,27	79,73	**79,61**	540	20,52	79,48
# 4	4,75	1.653,5	60,13	39,87	**39,07**	1.624	61,73	38,27
# 8	2,36	2.513,8	91,41	8,59	**8,88**	2.389	90,83	9,17
# 16	1,15	2.718,5	98,85	1,15	**1,25**	2.595	98,65	1,35
# 30	0,6	2.722,7	99,01	0,99	**1,12**	2.597	98,76	1,24
# 50	0,3	2.727,5	99,18	0,82	**0,93**	2.603	98,97	1,03
#100	0,15	2.730,3	99,28	0,72	**0,75**	2.609	99,22	0,78
# 200	0,075	2.733,5	99,40	0,60	**0,62**	2.614	99,37	0,63
Berat Contoh		2.750				2.630		

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan analisa pada saringan agregat kasar Pengujian III sebanyak 100% 79,73% agregat yang lolos saringan dan tertahan pada saringan 3/8" atau 9,52 mm tertahan, menurut analisis yang dilakukan pada saringan agregat kasar Pengujian III. Sebaliknya, mengenai sebaran agregat sedang, 79,48% agregat agregat yang lolos saringan 3/8" dan tertahan hingga 38,27% pada saringan No. 4 atau 4,76 mm.

4.3.5. Hasil Pengujian Agregat IV

Pengujian IV merupakan material Agregat Halus dapat lolos saringan 1 ½ - #4 dan tertahan mulai dari saringan #8. Hasil Pengujian ini dilakukan langsung sesuai dengan langkah-langkah yang ditentukan.

Tabel 4.22. Hasil Analisa Pembagian Butiran (SNI 03-1968-1990/ AASHTO T.27-88)

UKURAN SARINGAN		KOMULATIF			Rata - rata	KOMULATIF		
		TERTAHAN		LOLOS		TERTAHAN		LOLOS
inch	mm	gr	%	%		gr	%	%
11/2"	37,5	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
1"	25,0	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,0	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,5	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
# 4	4,75	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
# 8	2,36	102,4	19,43	80,57	**80,04**	108,7	20,49	79,51
# 16	1,15	240,5	45,63	54,37	**53,77**	248,5	46,83	53,17
# 30	0,6	336,6	63,86	36,14	**35,71**	343,4	64,72	35,28
# 50	0,3	420,0	79,68	20,32	**21,12**	414,3	78,08	21,92
#100	0,15	445,3	84,48	15,52	**15,07**	453,1	85,39	14,61
# 200	0,075	495,6	94,02	5,98	**6,05**	498,2	93,89	6,11
Berat Contoh		527,1				530,6		

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan studi saringan, agregat yang lolos saringan ½" dan tertahan pada saringan 3/8" atau 9,52 mm 100% agregat kasar di Pengujian IV. Dari segi sebaran agregat sedang, agregat yang lolos saringan No. 4" dan tertahan pada saringan No. 8 atau 1,15 mm sebanyak-banyaknya 80,04% merupakan 100% dari total sampel saringan sedang. Setiap saringan diisi dengan agregat halus di dalamnya.

4.3.6. Hasil Pengujian Pasir

Pasir merupakan material Agregat Halus yang lolos saringan 1% #30 dan tertakan mulai dari saringan #50. Dari hasil pengujian pasir ini dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan.

Tabel 4.23. Hasil Analisa Pembagian Butiran Pasir (SNI 03-1968-1990/ AASHTO T.27-88)

UKURAN SARINGAN		KOMULATIF			Rata - rata	KOMULATIF		
		TERTAHAN		LOLOS		TERTAHAN		LOLOS
inch	mm	gr	%	%		gr	%	%
11/2"	37,5	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
1"	25,0	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,0	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,5	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
# 4	4,75	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
# 8	2,36	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
# 16	1,15	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
# 30	0,6	0,00	0,00	100,00	**100,00**	0,00	0,00	100,00
# 50	0,3	420,0	79,68	20,32	**21,12**	414,3	78,08	21,92
#100	0,15	445,3	84,48	15,52	**15,07**	453,1	85,39	14,61
# 200	0,075	495,6	94,02	5,98	**6,05**	498,2	93,89	6,11
Berat Contoh		500				500		

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Untuk aggregat halus pasir sebanyak 100% merupakan agregat yang lolos saringan No. 30" atau 0.6 mm dan tertahan pada saringan No.50" atau 0.3 mm sebanyak 20,32%. Dalam hal distribusi agregat sedang, agregat yang lolos saringan No. 30" dan tertahan pada saringan No. #50, atau 2,36 mm, merupakan 100% dari total sampel analisis saringan sedang. Ini dipisahkan ke dalam setiap saringan untuk agregat halus.

4.3.7. Hasil Perhitungan Kombinasi Agregat

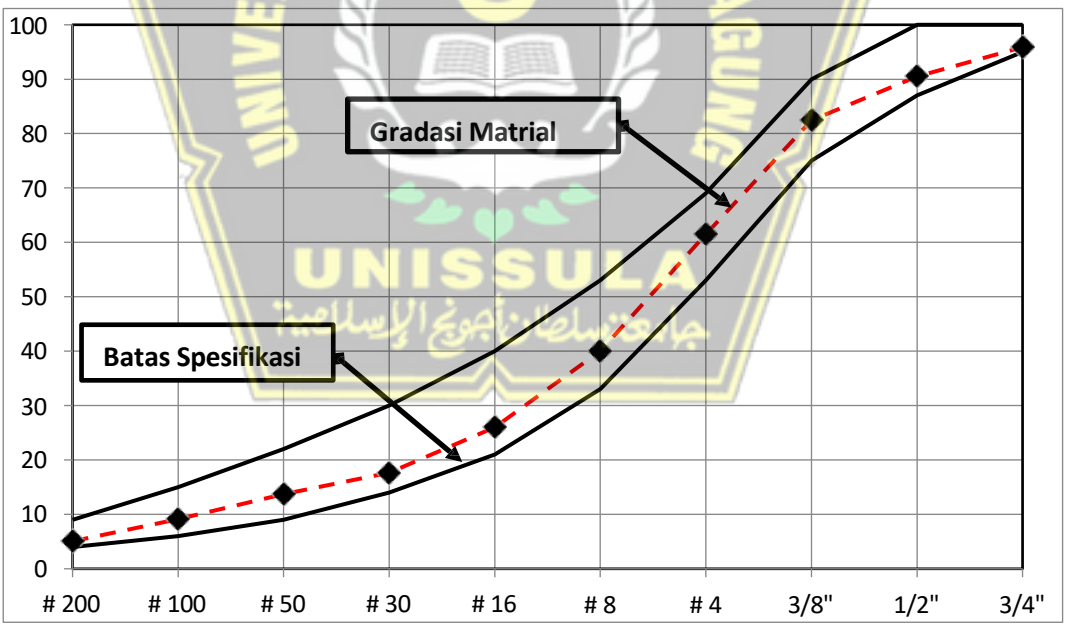
Kombinasi agregat adalah pengambungan dari masing-masing agregat yang kolos saringan dan tertahan mulai dari saringan ukuran sampai dengan # 200, yang terdiri dari Pengujian II,III,IV Pasir,dan Filler.

Tabel 4.24. Perhitungan Kombinasi Agregat (SNI 03-1968-1990/ AASHTO T.27-88)

No. Saringan	Prosentase Lolos	Spesifikasi	
	Kombinasi Lolos	Batas Bawah	Batas Atas
# 200	5,06	4	9
# 100	9,13	6	15
# 50	13,71	9	22
# 30	17,67	14	30
# 16	26,02	21	40
# 8	40,00	33	53
# 4	61,52	53	69
3/8”	82,45	75	90
½”	90,51	87	100,0
¾”	95,89	95	100,0
1”	100,00	100	100,0

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Dari **Tabel 4.24.** hasil kombinasi agregat dengan total campuran gradasi agregat tiap saringan tidak boleh melebihi batas Max dan Min dari spesifikasi gradasi yang telah ditetapkan, dalam hal ini hasil dari penelitian bisa dilihat pada **Gambar 4.3.** Kombinasi Agregat.



Gambar 4.3. Kombinasi Agregat

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan pembacaan grafik pada **Gambar 4.3.**, persentase kombinasi agregat yang lolos filter no. 200 atau 200 mm sampai dalam 1' tidak diperbolehkan melewati atau di bawah batas bawah dan atas setiap agregat yang disaring. Tidak

diperkenankan menggunakan agregat yang telah melampaui batas atas atau batas bawah sebagai bahan pengisi pada Weasring Course AC-WC.

4.4. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Pengujian Laboratorium

Berdasarkan Hasil permeriksaan pengujian laboratorium diperoleh data pada Tabel 4.30, dalam pemeriksaan campuran ini untuk Pengujian I mendapatkan hasil 0. karena kita menggunakan ukuran saringan l tapi pada pengujian ini dimulai dari Pengujian II yang menggunakan saringan sampai dengan filler.

Tabel 4.25. Pemeriksaan Pengujian Laboratorium (SNI 03-1968-1990/ AASHTO T.27-88)

URAIAN PEMERIKSAAN		HASIL	SPESIFIKASI	
I	**KOMPOSISI CAMPURAN ASPAL**			
	KADAR ASPAL	5.8 %		
	Pengujian I (Colarse Agregate 1 ½)	0.00 %		
	Pengujian II (Colarse Agregate ½)	25.00 %		
	Pengujian III (Medium Agregate 3/8)	25.00 %		
	Pengujian IV (Abu Batu)	40.00 %		
	Pasir	3.00 %		
	Filler	1,2 %		
		100.0 %		
		100.00 %		
II	**PEMBAGIAN BUTIRAN GABUNGAN**			
	Saringan 1”	100	100	100
	¾”	95.89	95	100
	½”	90.51	87	100
	3/8”	82.45	75	90
	No.4	61.52	53	69
	No.8	40.00	33	53
	No.16	26.02	21	40
	No.30	17.67	14	30
	No.50	13.17	9	22
	No.100	9.13	6	15
	No.200	5.06	4	9

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

4.5. Pengujian Marshall

Apabila sudah dilakukan penentuan *job mix design* juga *design mix* formula, dan pembuatan benda uji sebanyak 60 buah aspal, selanjutnya seluruh benda uji ditimbang dalam keadaan masih kering, dilanjutkan benda uji ditimbang setelah melakukan perendaman selama 24 jam dan benda uji ditimbang kembali dalam keaadaan SSD. Seluruh sample benda uji langsung dilakukan proses pengujian pada alat marshall untuk mendapatkan hasil bacaan stabilitas dan hasil bacaan *flow* (kelelehan) pada sample benda uji aspal. Maksud dalam pemeriksaan Marshall test akan mengasilkan parameter Marshall, yaitu nilai KAO (Kadar Aspal Optimum).

Agar dapat memperoleh nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) terlebih dahulu didapatkan beberapa parameter. Parameter yang didapatkan yaitu adalah VMA (*Void in Mineral Aggregates*), VIM (*Void in Mix*), VFB (*Void Filled Bitumen*), satbilitas ,flow (kelelehan), dan MQ (*Marshall Quotient*).

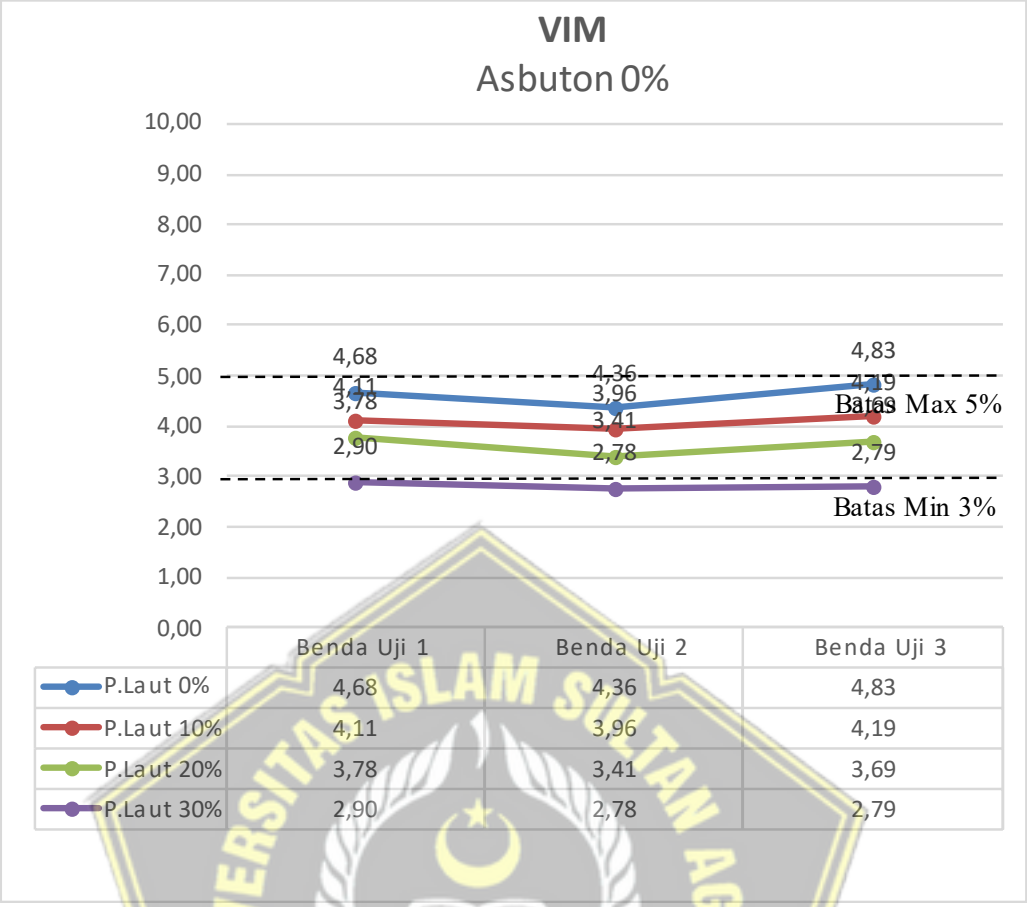
4.5.1. Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Asbuton 0% dengan persentase Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30%

Hasil pengujian Marshall untuk benda uji komposisi kombinasi Asbuton 0% dengan Pasir Laut kadar (0%, 10%, 20%, dan 30%), dengan benda uji 3 buah untuk masing masing kadar. Dengan perolehan nilai marshall dapat di lihat pada **tabel 4.26**.

Tabel 4.26. Hasil Marshall Komposisi Asbuton 0% dengan persentase Pasir Laut

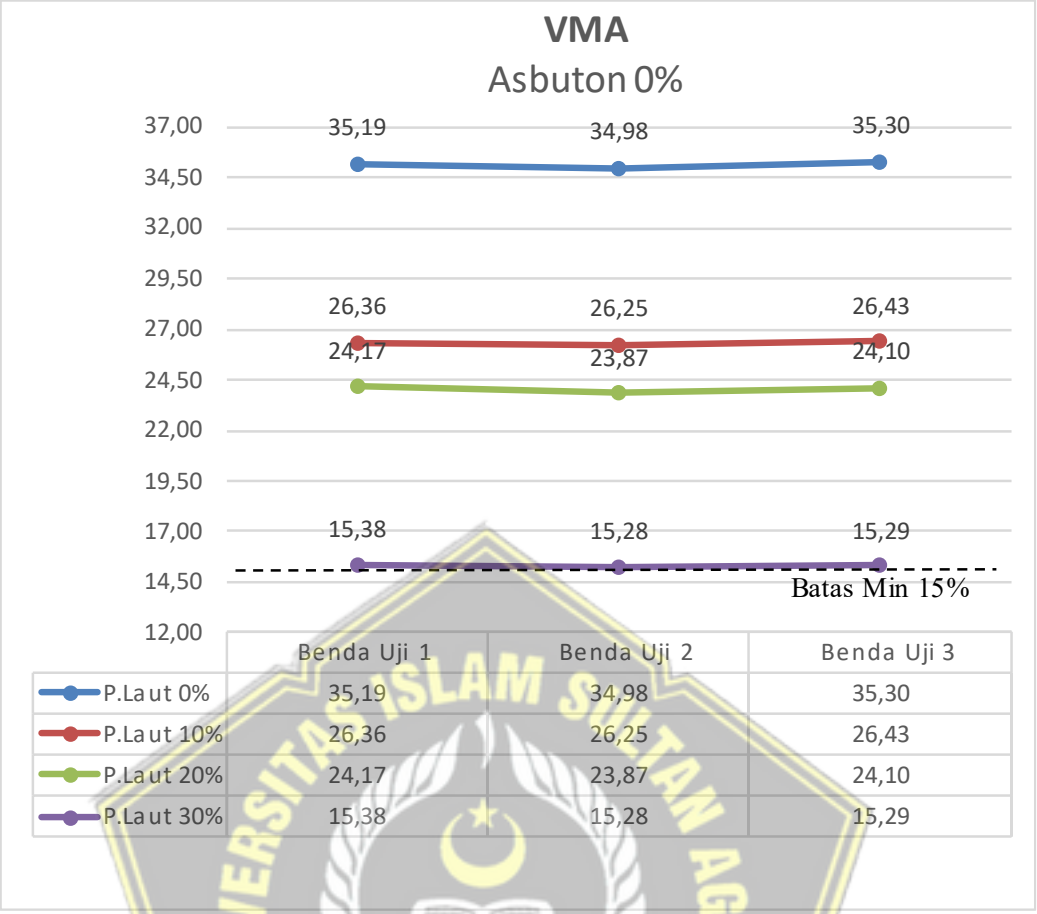
Pengujian (Komposisi Asbuton 0% terhadap Persentase Pasir Laut)																
BJ Aspal (T) :				**1,034**	**BJ Efektif Total Aggregat (Gse) :**			**2,516**	**BJ Total Agg (Gsb) :**		**2,749**	**Kalibrasi Proving Ring :**			**9,817**	**Kg**
no benda uji	kadar aspal	kadar Pasir Laut	kadar Asbuton	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji	di sesuaikan	kelelehan plastis (flow)	hasil bagi marshall (mq)
	a	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**	**i**	**j**	**k**	**l**	**m**	**n**	**o**	**p**
	% berat total campuran	% berat total campuran	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g gsb	100 - (100*g) h	100(i-j) i				m / n
	(%)	(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
Benda Uji 1	**5,8**	**0%**	**0%**	1147,2	553,6	1160,2	606,6	1,891	1,984	**35,19**	**4,68**	**86,71**	171	1678,71	2,60	**645,66**
Benda Uji 2	**5,8**	**0%**	**0%**	1152,2	562,2	1169,4	607,2	1,898	1,984	**34,98**	**4,36**	**87,54**	180	1767,06	2,50	**706,82**
Benda Uji 3	**5,8**	**0%**	**0%**	1152,2	560,2	1170,4	610,2	1,888	1,984	**35,30**	**4,83**	**86,32**	164	1609,99	2,70	**596,29**
Rata-rata	**5,8**	**0%**	**0%**	**1150,53**	**558,67**	***1166,67***	***608,00***	**1,892**	**1,984**	**35,16**	**4,62**	**86,86**	**171,67**	**1685,25**	**2,60**	**648,17**
Benda Uji 1	**5,8**	**10%**	**0%**	1137,2	613,0	1142,2	529,2	2,149	2,241	**26,36**	**4,11**	**84,41**	151	1482,37	2,70	**549,02**
Benda Uji 2	**5,8**	**10%**	**0%**	1173,8	636,8	1182,2	545,4	2,152	2,241	**26,25**	**3,96**	**84,90**	160	1570,72	2,60	**604,12**
Benda Uji 3	**5,8**	**10%**	**0%**	1180,0	632,8	1182,4	549,6	2,147	2,241	**26,43**	**4,19**	**84,13**	144	1413,65	2,80	**504,87**
Rata-rata	**5,8**	**10%**	**0%**	**1163,67**	**627,53**	***1168,93***	***541,40***	**2,149**	**2,241**	**26,35**	**4,09**	**84,48**	**151,67**	**1488,91**	**2,70**	**551,45**
Benda Uji 1	**5,8**	**20%**	**0%**	1174,2	646,2	1176,8	530,6	2,213	2,300	**24,17**	**3,78**	**84,34**	132	1295,84	3,20	**404,95**
Benda Uji 2	**5,8**	**20%**	**0%**	1170,8	645,6	1172,6	527,0	2,222	2,300	**23,87**	**3,41**	**85,73**	140	1374,38	3,00	**458,13**
Benda Uji 3	**5,8**	**20%**	**0%**	1178,4	644,8	1176,8	532,0	2,215	2,300	**24,10**	**3,69**	**84,67**	124	1217,31	3,30	**368,88**
Rata-rata	**5,8**	**20%**	**0%**	**1174,47**	**645,53**	***1175,40***	***529,87***	**2,217**	**2,300**	**24,05**	**3,63**	**84,91**	**132,00**	**1295,84**	**3,17**	**409,21**
Benda Uji 1	**5,8**	**30%**	**0%**	1177,4	702,4	1179,2	476,8	2,469	2,543	**15,38**	**2,90**	**81,18**	125	1227,13	3,60	**340,87**
Benda Uji 2	**5,8**	**30%**	**0%**	1181,8	710,4	1188,4	478,0	2,472	2,543	**15,28**	**2,78**	**81,83**	131	1286,03	3,50	**367,44**
Benda Uji 3	**5,8**	**30%**	**0%**	1181,6	706,4	1184,4	478,0	2,472	2,543	**15,29**	**2,79**	**81,73**	119	1168,22	3,70	**315,74**
Rata-rata	**5,8**	**30%**	**0%**	**1180,27**	**706,40**	***1184,00***	***477,60***	**2,471**	**2,543**	**15,32**	**2,82**	**81,58**	**125,00**	**1227,13**	**3,60**	**340,87**

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)



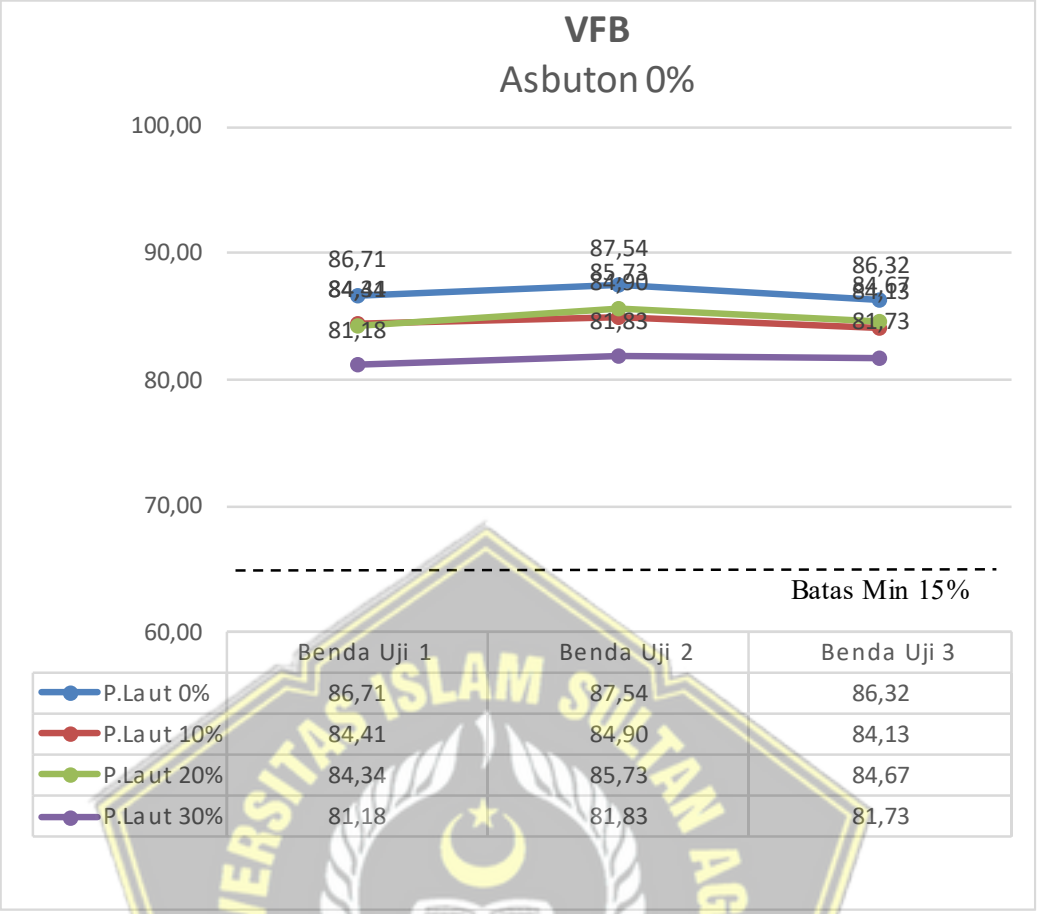
Gambar 4.4. VIM Komposisi Asbuton 0% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Nilai VIM (Void in Mix) campuran Asbuton 0% dengan Pasir Laut mengunakan kadar 0%, 10% dan 20% memenuhi spesifikasi namun dengan kadar 30% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah 4,62%, 4,09%, 3,63%, 2,82%. Sedangkan untuk spesifikasi dari Bina marga minimum berada pada angka 3,00 % dan maksimum berada pada angka 5,00%.



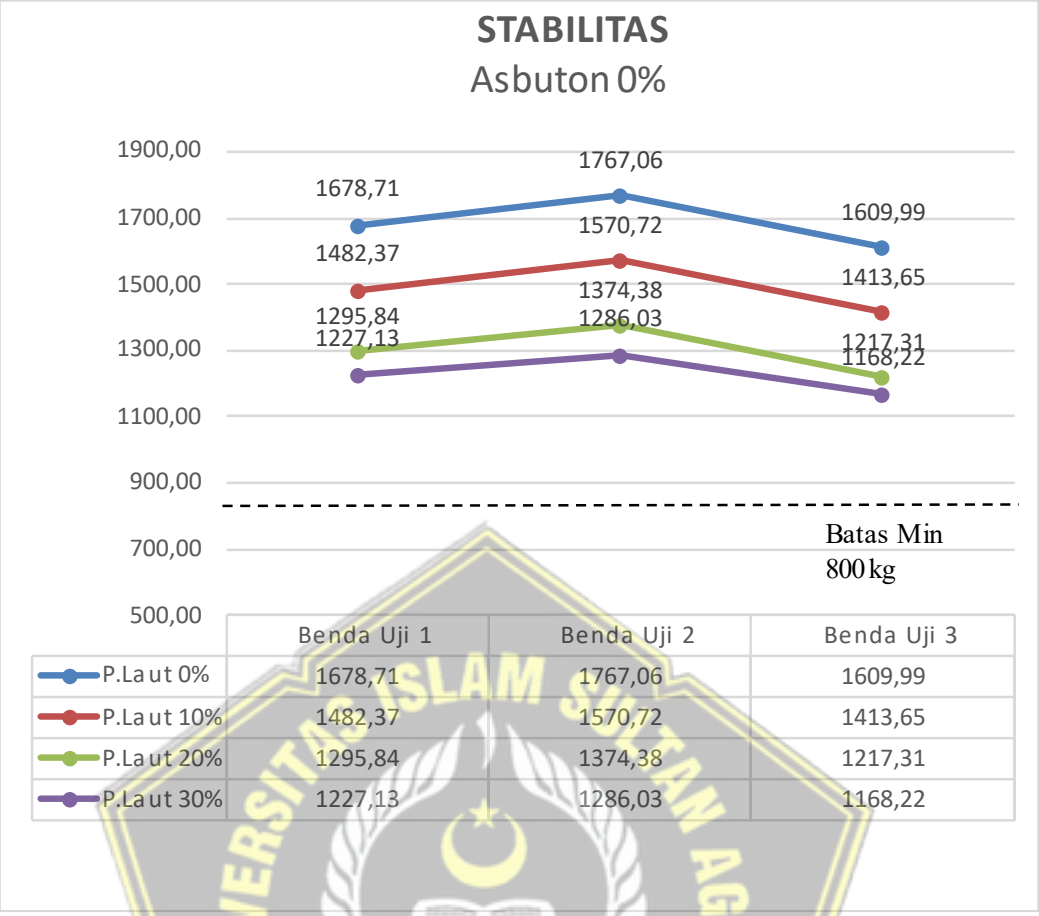
Gambar 4.5. VMA Komposisi Asbuton 0% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan grafik VMA di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 35.16%, 26.35%, 24.05%, dan 15,32%, Dari hasil yang didapatkan nilai masing masing benda uji kombinasi kadar Asbuton 0% dengan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi VMA dari Binamarga yaitu minimum 15,00%.



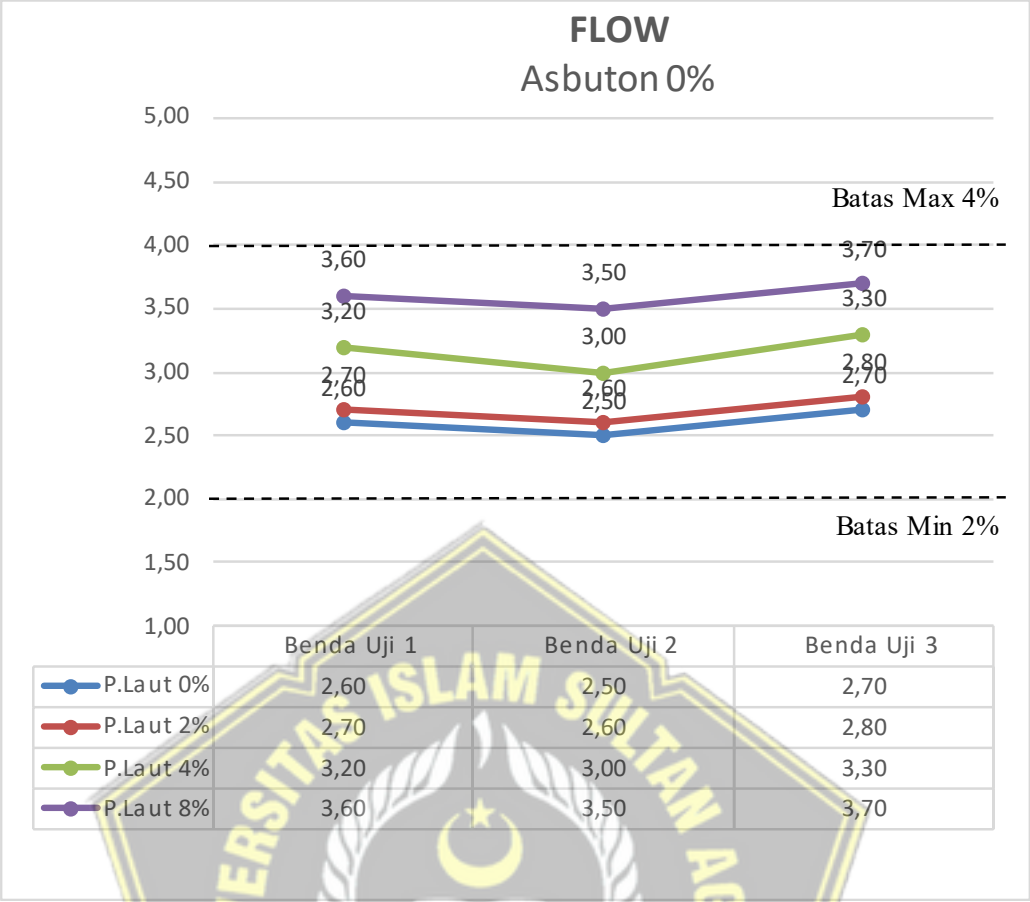
Gambar 4.6. VFB Komposisi Asbuton 0% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan grafik VFB di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 86.86%, 84.48%, 84.91%, dan 81.58%, dari hasil telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi VFB dari Binamarga yaitu minimum 65%.



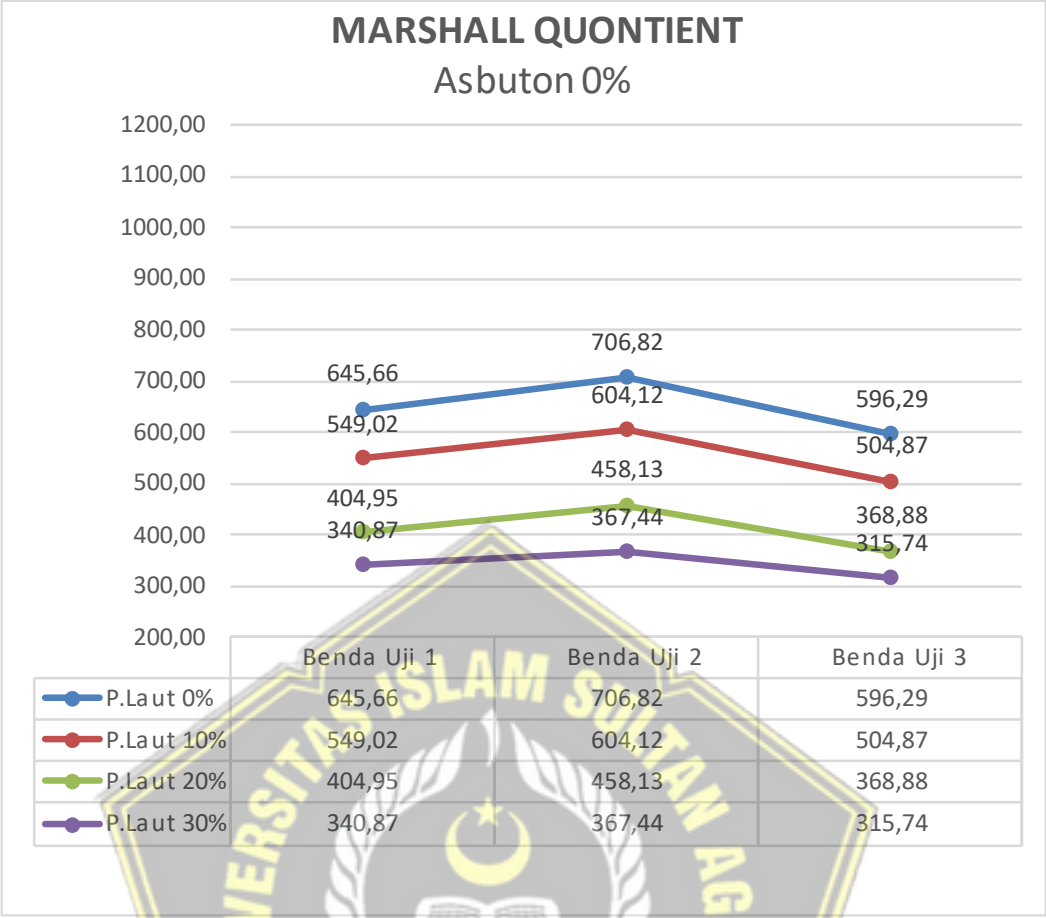
Gambar 4.7. Stabilitas Komposisi Asbuton 0% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Pada grafik Stabilitas di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 1685.25 kg, 1488.91 kg, 1295.84 kg, dan 1227.13 kg. Dari hasil yang didapatkan nilai masing masing benda uji kombinasi kadar Asbuton 0% dengan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi Stabilitas dari Binamarga yaitu minimum 800 kg.



Gambar 4.8. Flow Komposisi Asbuton 0% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Pada grafik Flow di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 2.60 mm , 2.70 mm, 3.17 mm, dan 3.60 mm. Dari hasil yang didapatkan nilai dari masing masing benda uji telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi Flow dari Binamarga yaitu minimum 2,00 mm dan untuk nilai maksimum adalah 4,00 mm.



Gambar 4.9. MQ Komposisi Asbuton 0% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Pada grafik MQ (Marshall Quotient) di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 648.17 mm , 551.45 mm, 409.21 mm, dan 340.87 mm. Dari hasil yang didapatkan nilaidari masing masing benda uji telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi MQ dari Binamarga yaitu belum ada (-).

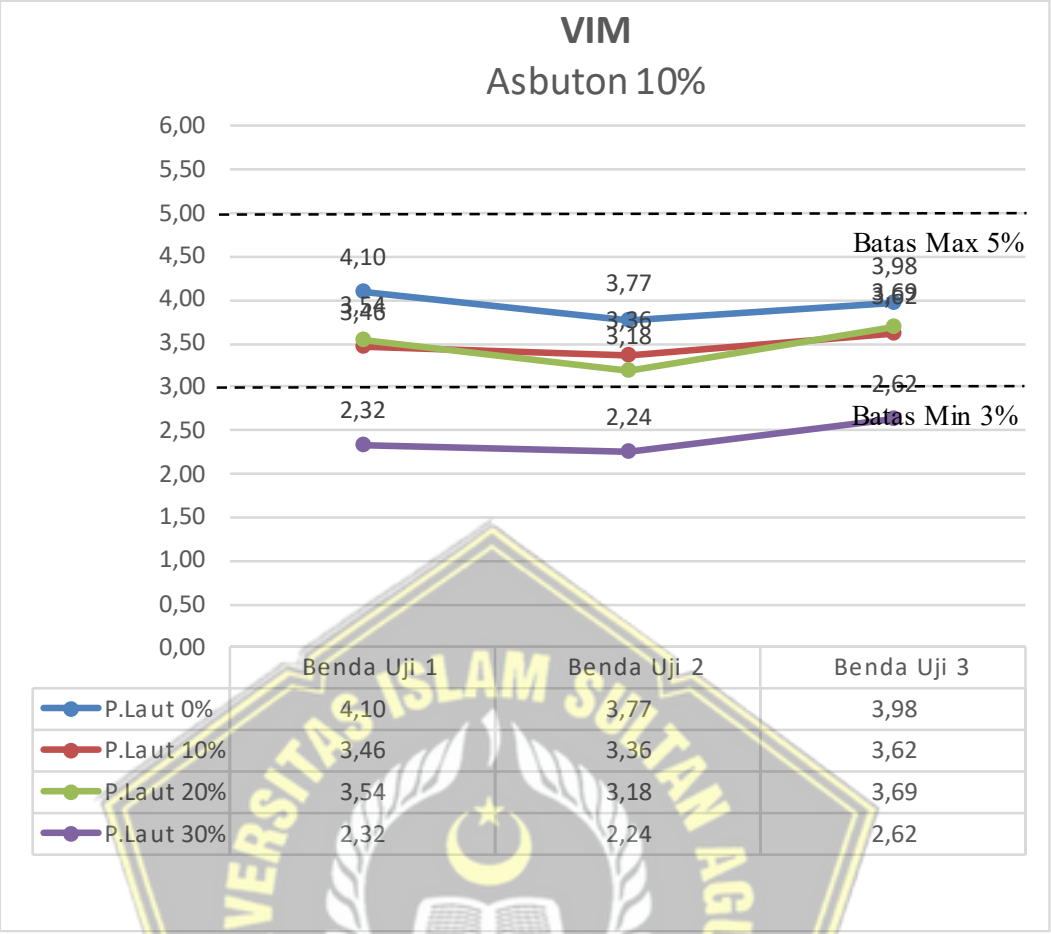
4.5.2. Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Asbuton 10% dengan persentase Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30%

Hasil pengujian Marshall untuk benda uji komposisi kombinasi Asbuton 0% dengan Pasir Laut kadar (0%, 10%, 20%, dan 30%), dengan benda uji 3 buah untuk masing masing kadar. Dengan perolehan nilai marshall dapat di lihat pada **tabel 4.27**.

Tabel 4.27. Hasil Marshall Komposisi Asbuto 10% + Pasir Laut

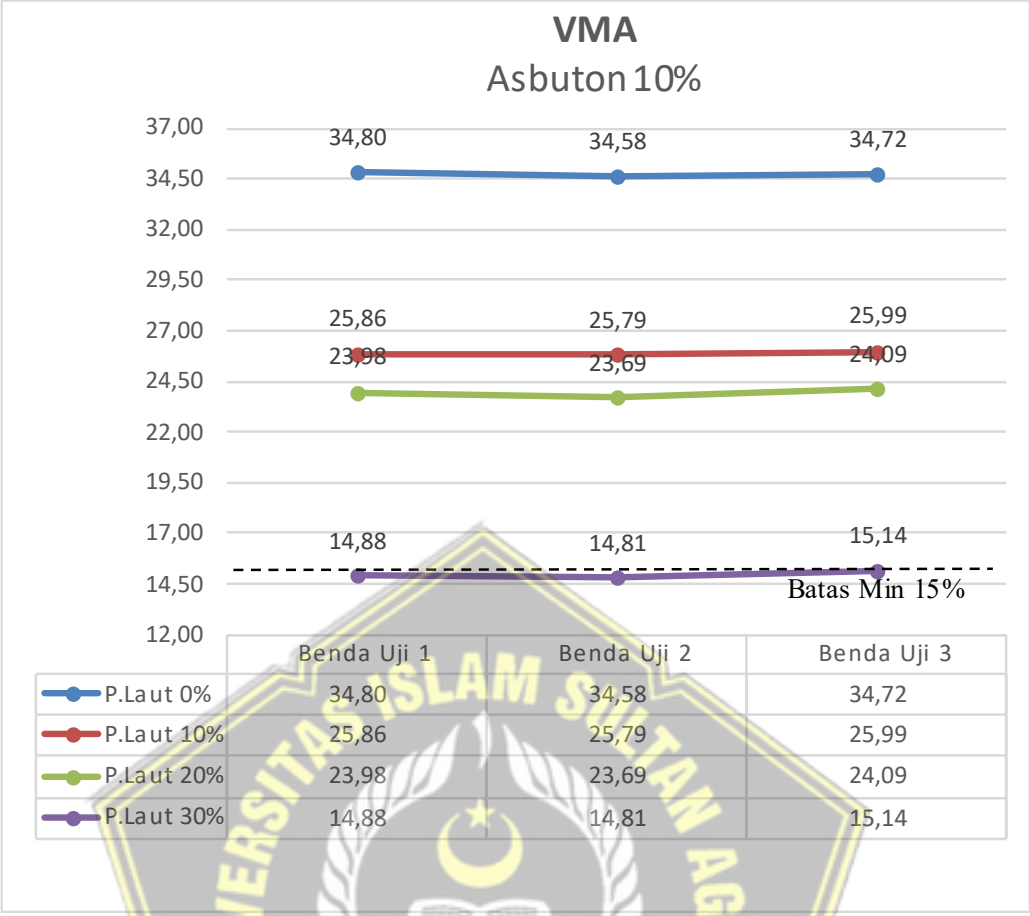
Pengujian (Komposisi Asbuton 10% terhadap Persentase Pasir Laut)																
BJ Aspal (T) :				1,034	BJ Efektif Total Aggregat (Gse) :			2,516	BJ Total Agg (Gsb) :		2,749	Kalibrasi Proving Ring :			9,817	Kg
no benda uji	kadar aspal	kadar Pasir Laut	kadar Asbuton	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji	di sesuaikan	kelelehan plastis (flow)	hasil bagi marshall (mq)
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
	% berat total campuran	% berat total campuran	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g / gsb	100 - (100*g) / h	100(i-j) / i				m / n
	(%)	(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
Benda Uji 1	5,8	0%	10%	1146,6	553,6	1156,2	602,6	1,903	1,984	34,80	4,10	88,23	280	2748,76	2,80	981,70
Benda Uji 2	5,8	0%	10%	1140,2	552,2	1149,4	597,2	1,909	1,984	34,58	3,77	89,10	293	2876,38	2,60	1106,30
Benda Uji 3	5,8	0%	10%	1143,4	550,2	1150,4	600,2	1,905	1,984	34,72	3,98	88,54	285	2797,85	3,00	932,62
Rata-rata	5,8	0%	10%	1143,40	552,00	*1152,00*	*600,00*	1,906	1,984	34,70	3,95	88,62	286,00	2807,66	2,80	1002,74
Benda Uji 1	5,8	10%	10%	1148,8	620,2	1151,2	531,0	2,163	2,241	25,86	3,46	86,62	233	2287,36	3,00	762,45
Benda Uji 2	5,8	10%	10%	1155,4	626,3	1159,8	533,5	2,166	2,241	25,79	3,36	86,97	245	2405,17	2,90	829,37
Benda Uji 3	5,8	10%	10%	1159,0	625,8	1162,4	536,6	2,160	2,241	25,99	3,62	86,07	242	2375,71	3,10	766,36
Rata-rata	5,8	10%	10%	1154,40	624,10	*1157,80*	*533,70*	2,163	2,241	25,88	3,48	86,56	240,00	2356,08	3,00	785,36
Benda Uji 1	5,8	20%	10%	1169,2	645,6	1172,6	527,0	2,219	2,300	23,98	3,54	85,24	201	1973,22	3,30	597,94
Benda Uji 2	5,8	20%	10%	1163,8	644,6	1167,2	522,6	2,227	2,300	23,69	3,18	86,59	217	2130,29	3,10	687,19
Benda Uji 3	5,8	20%	10%	1167,4	643,8	1170,8	527,0	2,215	2,300	24,09	3,69	84,69	214	2100,84	3,40	617,89
Rata-rata	5,8	20%	10%	1166,80	644,67	*1170,20*	*525,53*	2,220	2,300	23,92	3,47	85,51	210,67	2068,11	3,27	633,10
Benda Uji 1	5,8	30%	10%	1174,4	705,4	1178,2	472,8	2,484	2,543	14,88	2,32	84,39	141	1384,20	3,40	407,12
Benda Uji 2	5,8	30%	10%	1184,8	710,8	1187,4	476,6	2,486	2,543	14,81	2,24	84,85	153	1502,00	3,20	469,38
Benda Uji 3	5,8	30%	10%	1181,2	707,4	1184,4	477,0	2,476	2,543	15,14	2,62	82,68	147	1443,10	3,50	412,31
Rata-rata	5,8	30%	10%	1180,13	707,87	*1183,33*	*475,47*	2,482	2,543	14,95	2,40	83,98	147,00	1443,10	3,37	428,64

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)



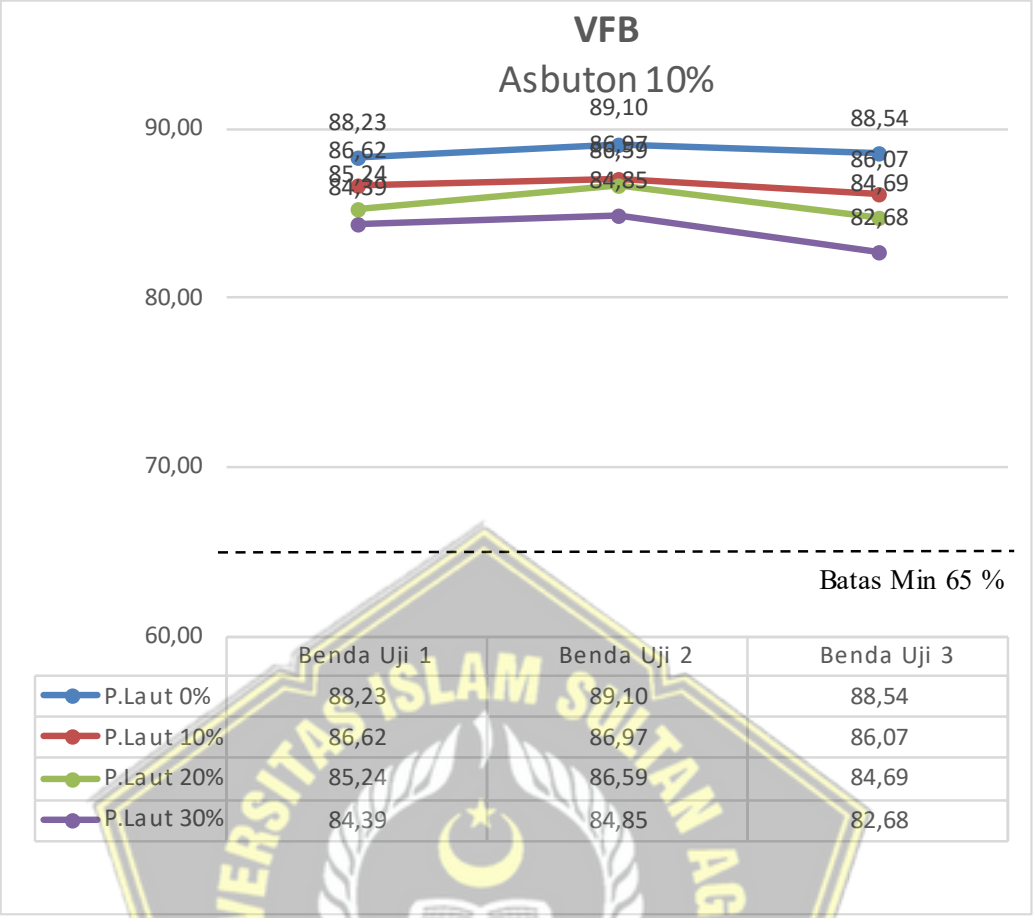
Gambar 4.10. VIM Komposisi Asbuton 10% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Nilai VIM (Void in Mix) pada **Gambar 4.10.**, campuran Asbuton 10% dengan Pasir Laut mengunakan kadar 0%, 10% dan 20% memenuhi spesifikasi namun dengan kadar 30% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah 3.95%, 3.48%, 3.47%, 2.82%. Sedangkan untuk spesifikasi dari Bina marga minimum berada pada angka 3.00 % dan maksimum berada pada angka 5.00%.



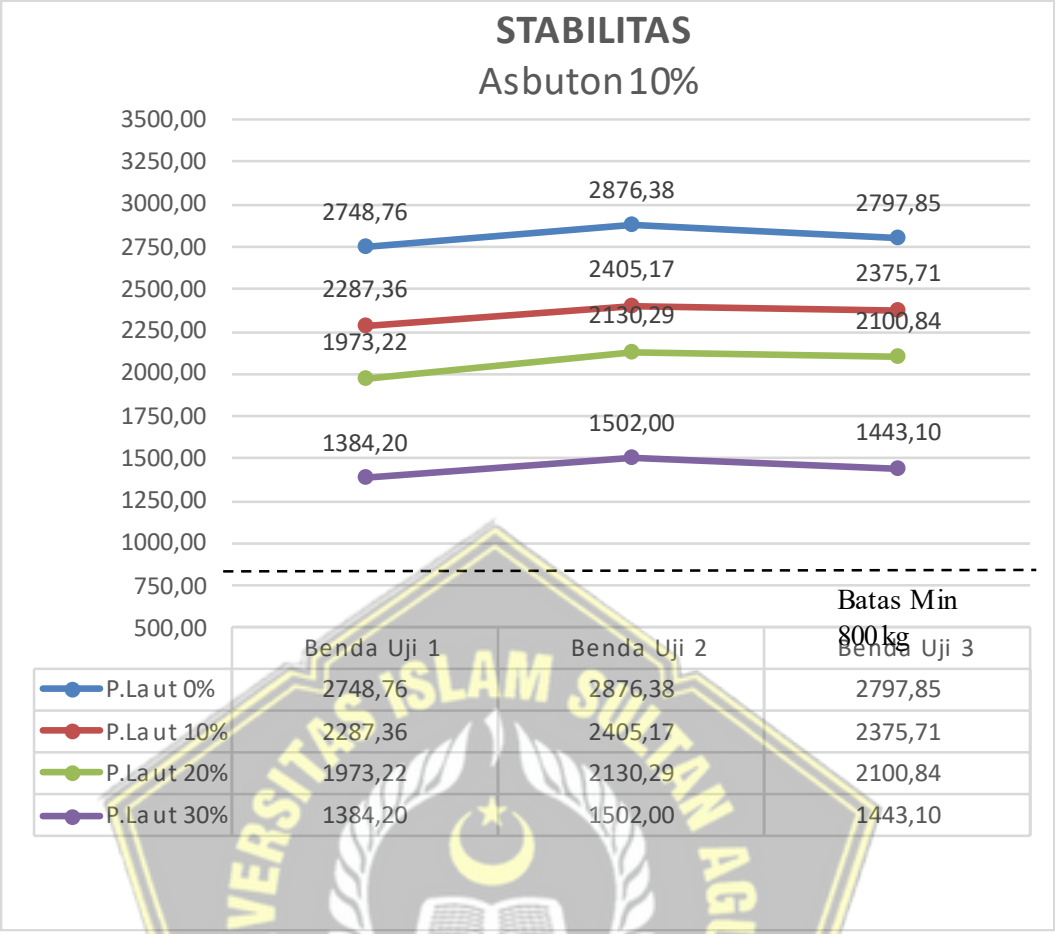
Gambar 4.11. VMA Komposisi Asbuton 10% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.11.** grafik VMA di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10% dan 20% memenuhi spesifikasi tetapi dengan kadar 30% tidak memenuhi spesifikasi (tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan) dengan hasil rata-rata yaitu 34.70%, 25.88%, 23.92%, dan 15.32%, Dari hasil yang didapatkan nilai masing masing benda uji kombinasi kadar Asbuton 10% dengan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi VMA dari Binamarga yaitu minimum 15,00%.



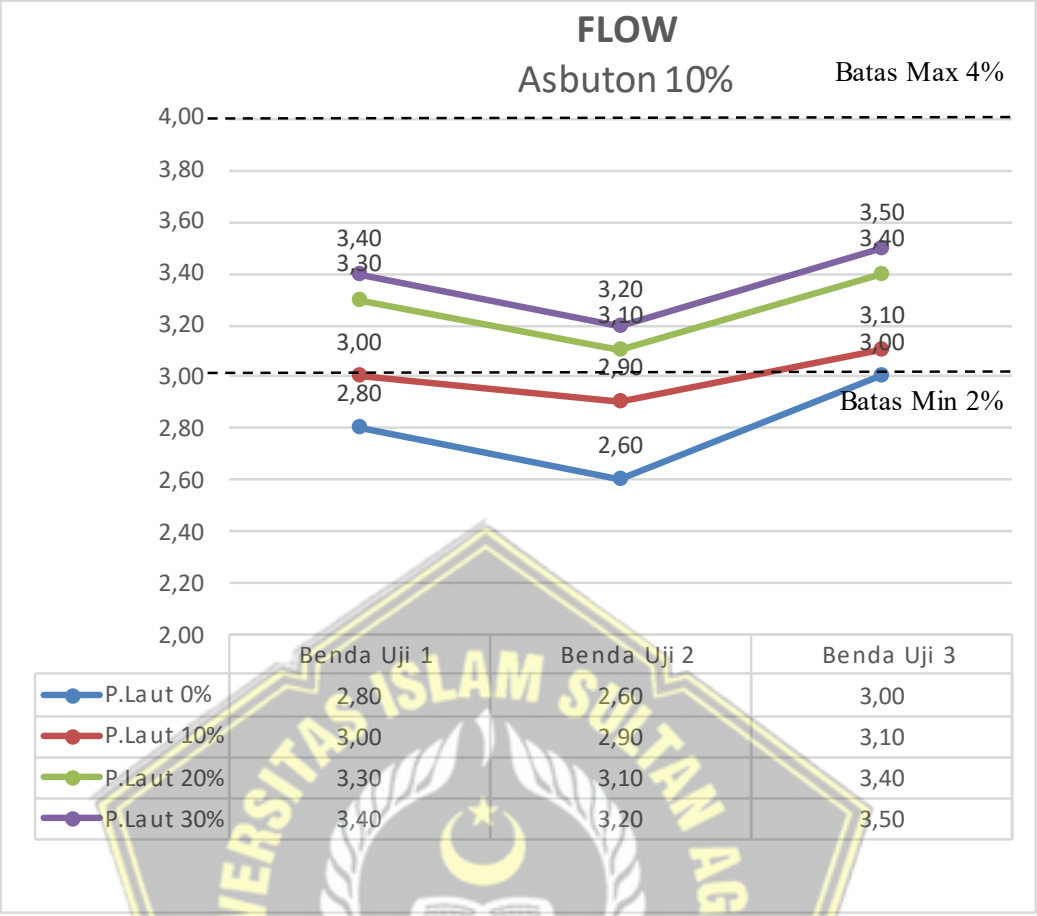
Gambar 4.12. VFB Komposisi Asbuton 10% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.12.** VFB di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 88.62%, 86.56%, 85.51%, dan 81,58% ,dari hasil telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi VFB dari Binamarga yaitu minimum 65%.



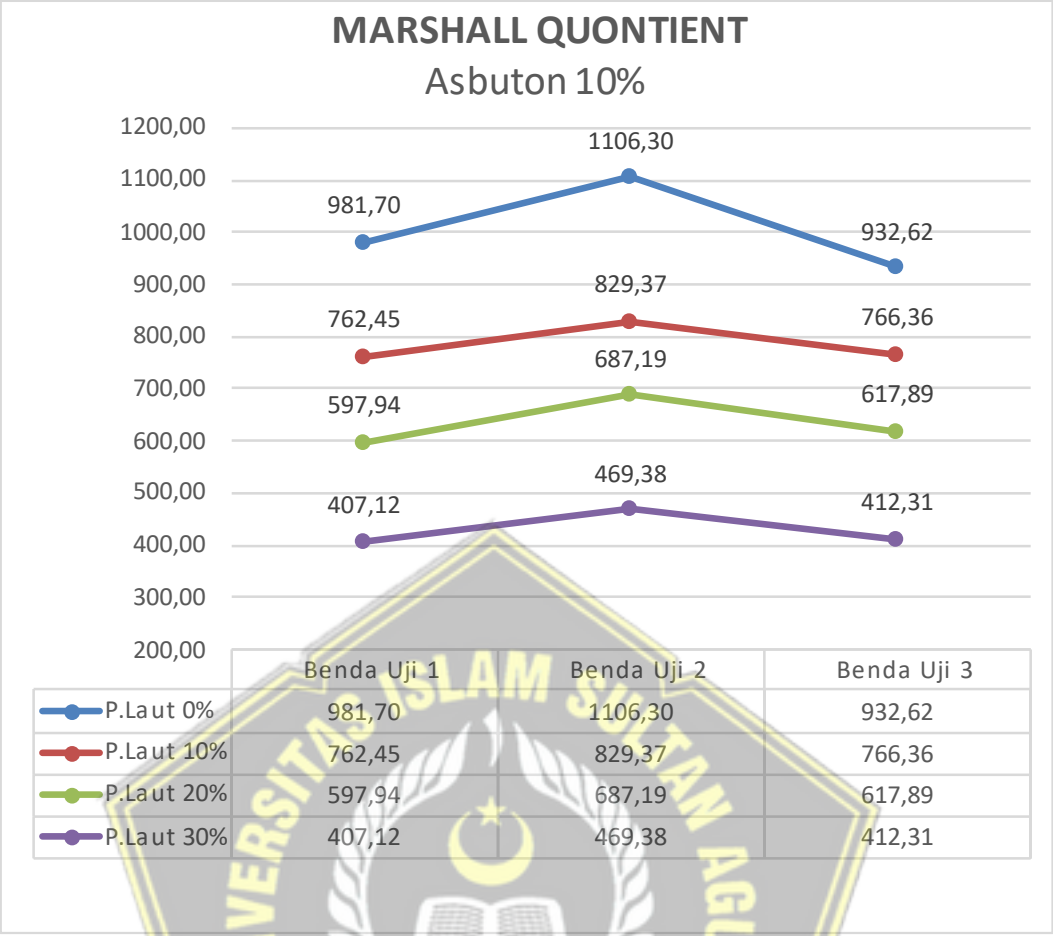
Gambar 4.13. Stabilitas Komposisi Asbuton 10% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.13.** grafik Stabilitas di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 2807.66 kg , 2356.08 kg, 2068.11 kg, dan 1858.69 kg. Dari hasil yang didapatkan nilai masing masing benda uji kombinasi kadar Asbuton 10% dengan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi Stabilitas dari Binamarga yaitu minimum 800 kg.



Gambar 4.14. Flow Komposisi Asbuton 10% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.14.** grafik Flow di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 2.80 mm , 3.00 mm, 3.27 mm, dan 3.60 mm. Dari hasil yang didapatkan nilaidari masing masing benda uji telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi Flow dari Binamarga yaitu minimum 2,00 mm dan untuk nilai maksimum adalah 4,00 mm.



Gambar 4.15. MQ Komposisi Asbuton 10% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.15.** grafik MQ (Marshall Quotient) di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 1002.74 mm , 785.36 mm, 633.10 mm, dan 340.87 mm. Dari hasil yang didapatkan nilaidari masing masing benda uji telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi MQ dari Binamarga yaitu belum ada (-).

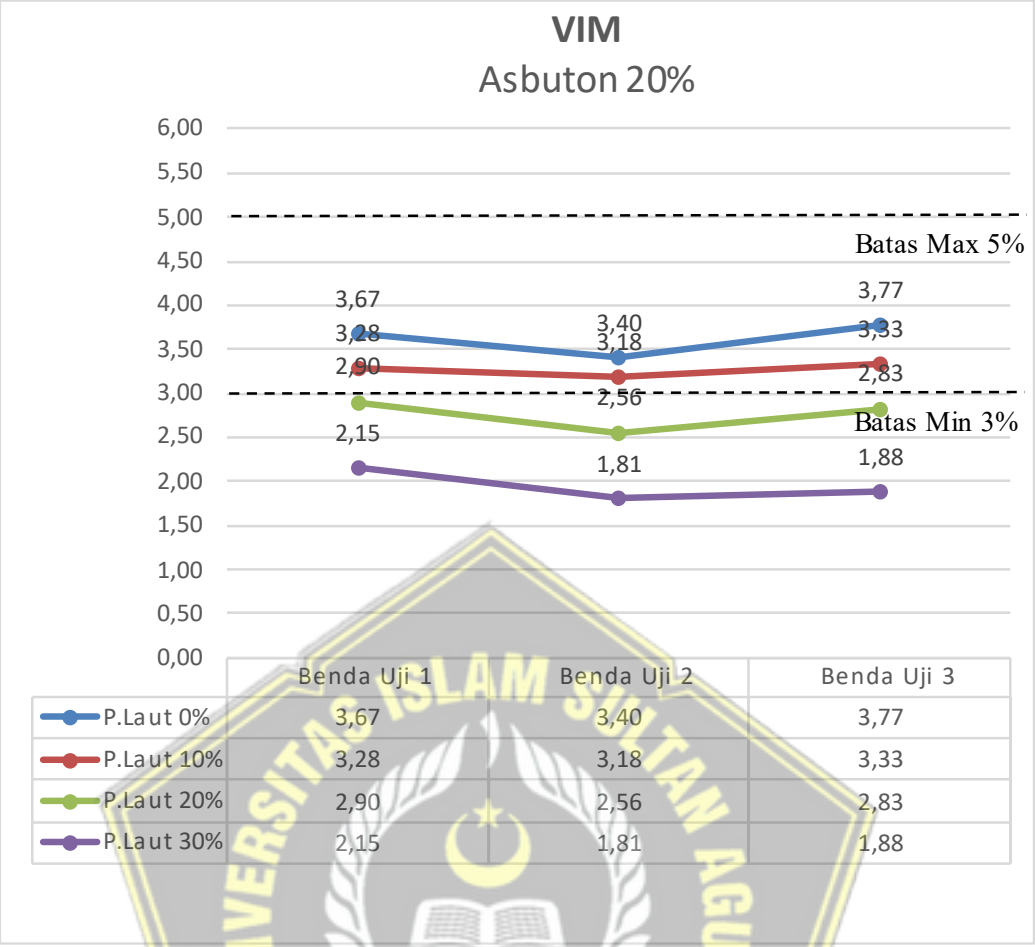
4.5.3. Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Asbuton 20%dengan persentase Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30%

Hasil pengujian Marshall untuk benda uji komposisi kombinasi Asbuton 20% dengan Pasir Laut kadar (0%, 10%, 20%, dan 30%), dengan benda uji 3 buah untuk masing masing kadar. Dengan perolehan nilai marshall dapat di lihat pada **tabel 4.28**.

Tabel 4.28. Hasil Marshall Komposisi Asbuton 20% dengan persentase Pasir Laut

Pengujian (Komposisi Asbuton 20% terhadap Persentase Pasir Laut)																
BJ Aspal (T) :				**1,034**	**BJ Efektif Total Aggregat (Gse) :**			**2,516**	**BJ Total Agg (Gsb) :**		**2,749**	**Kalibrasi Proving Ring :**			**9,817**	**Kg**
no benda uji	kadar aspal	kadar Pasir Laut	kadar Asbuton	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji	di sesuaikan	kelelehan plastis (flow)	hasil bagi marshall (mq)
	a	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**	**i**	**j**	**k**	**l**	**m**	**n**	**o**	**p**
	% berat total campuran	% berat total campuran	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g gsb	100 - (100*g) h	100(i-j) i				m / n
	(%)	(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
Benda Uji 1	**5,8**	**0%**	**20%**	1149,8	554,6	1156,2	601,6	1,911	1,984	**34,51**	**3,67**	**89,37**	260	2552,42	3,00	**850,81**
Benda Uji 2	**5,8**	**0%**	**20%**	1152,2	558,2	1159,4	601,2	1,917	1,984	**34,33**	**3,40**	**90,09**	274	2689,86	2,80	**960,66**
Benda Uji 3	**5,8**	**0%**	**20%**	1153,6	556,2	1160,4	604,2	1,909	1,984	**34,57**	**3,77**	**89,11**	267	2621,14	2,90	**903,84**
Rata-rata	**5,8**	**0%**	**20%**	**1151,87**	**556,33**	***1158,67***	***602,33***	**1,912**	**1,984**	**34,47**	**3,61**	**89,52**	**267,00**	**2621,14**	**2,90**	**903,84**
Benda Uji 1	**5,8**	**10%**	**20%**	1158,8	627,2	1161,8	534,6	2,168	2,241	**25,73**	**3,28**	**87,25**	215	2110,66	3,30	**639,59**
Benda Uji 2	**5,8**	**10%**	**20%**	1165,2	632,8	1169,8	537,0	2,170	2,241	**25,65**	**3,18**	**87,62**	223	2189,19	3,15	**694,98**
Benda Uji 3	**5,8**	**10%**	**20%**	1169,4	632,6	1172,4	539,8	2,166	2,241	**25,77**	**3,33**	**87,07**	219	2149,92	3,20	**671,85**
Rata-rata	**5,8**	**10%**	**20%**	**1164,47**	**630,87**	***1168,01***	***537,14***	**2,168**	**2,241**	**25,71**	**3,26**	**87,31**	**219,00**	**2149,92**	**3,22**	**668,37**
Benda Uji 1	**5,8**	**20%**	**20%**	1171,6	649,6	1174,2	524,6	2,233	2,300	**23,47**	**2,90**	**87,65**	185	1816,15	3,50	**518,90**
Benda Uji 2	**5,8**	**20%**	**20%**	1174,8	654,2	1178,4	524,2	2,241	2,300	**23,20**	**2,56**	**88,97**	191	1875,05	3,30	**568,20**
Benda Uji 3	**5,8**	**20%**	**20%**	1177,4	653,8	1180,6	526,8	2,235	2,300	**23,41**	**2,83**	**87,93**	187	1835,78	3,40	**539,94**
Rata-rata	**5,8**	**20%**	**20%**	**1174,60**	**652,53**	***1177,73***	***525,20***	**2,236**	**2,300**	**23,36**	**2,76**	**88,18**	**187,67**	**1842,32**	**3,40**	**541,86**
Benda Uji 1	**5,8**	**30%**	**20%**	1181,4	708,8	1183,6	474,8	2,488	2,543	**14,74**	**2,15**	**85,38**	135	1325,30	3,70	**358,19**
Benda Uji 2	**5,8**	**30%**	**20%**	1189,6	713,8	1190,2	476,4	2,497	2,543	**14,43**	**1,81**	**87,48**	141	1384,20	3,50	**395,48**
Benda Uji 3	**5,8**	**30%**	**20%**	1186,2	712,8	1188,2	475,4	2,495	2,543	**14,50**	**1,88**	**87,02**	137	1344,93	3,60	**373,59**
Rata-rata	**5,8**	**30%**	**20%**	**1185,73**	**711,80**	***1187,33***	***475,53***	**2,493**	**2,543**	**14,56**	**1,95**	**86,63**	**137,67**	**1351,47**	**3,60**	**375,41**

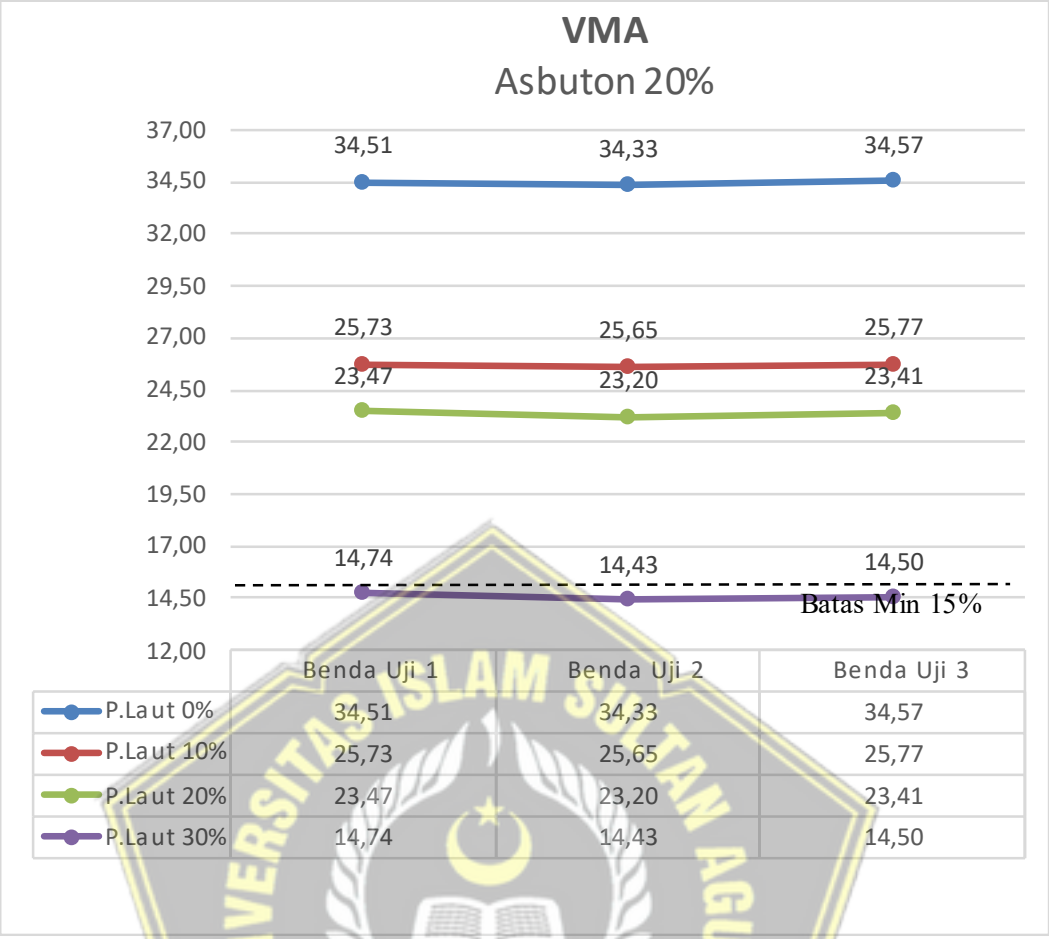
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)



Gambar 4.16. VIM Komposisi Asbuton 20% dengan Pasir Laut

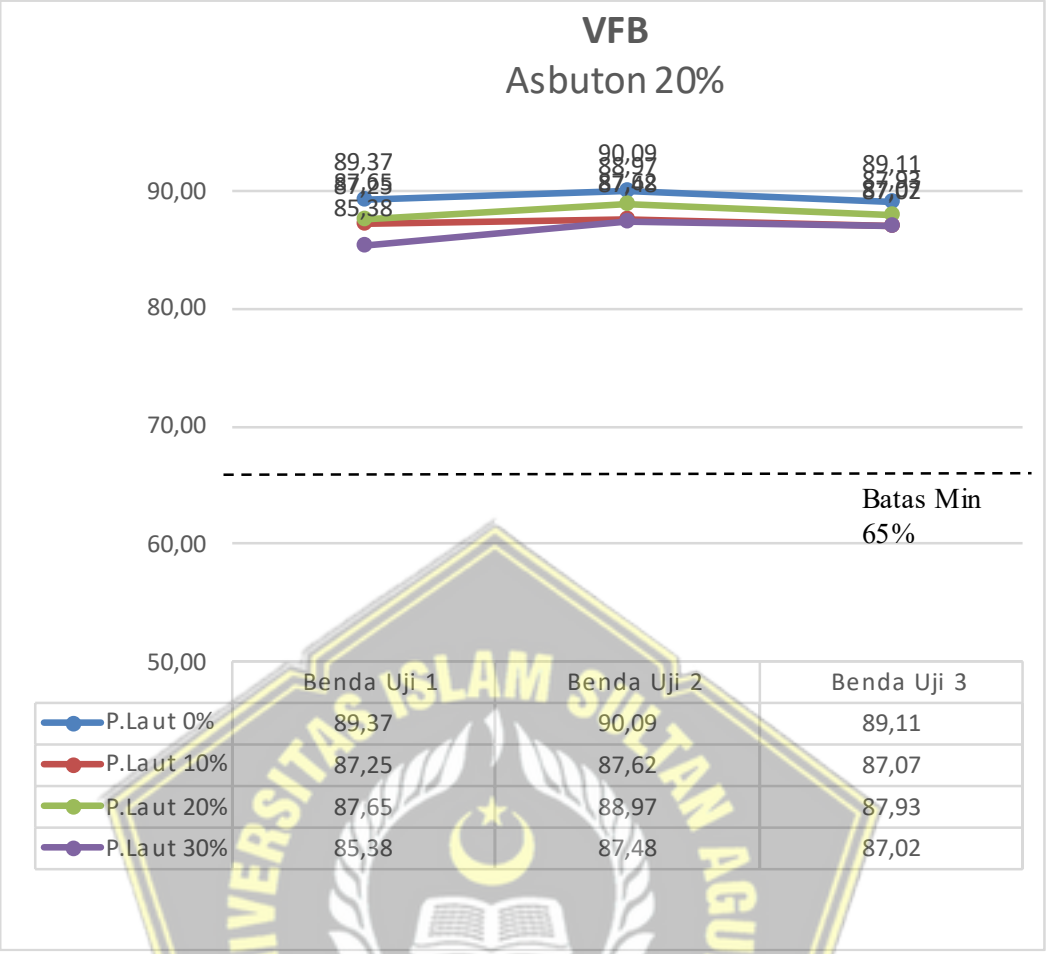
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Nilai VIM (Void in Mix) pada **Gambar 4.16.** di atas, campuran Asbuton 20% dengan Pasir Laut mengunakan kadar 0%, dan 10% memenuhi spesifikasi namun untuk kadar 20% dan 30% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah 3.61%, 3.26%, 2.76%, 1.95%. Sedangkan untuk spesifikasi dari Bina marga minimum berada pada angka 3.00 % dan maksimum berada pada angka 5.00%.



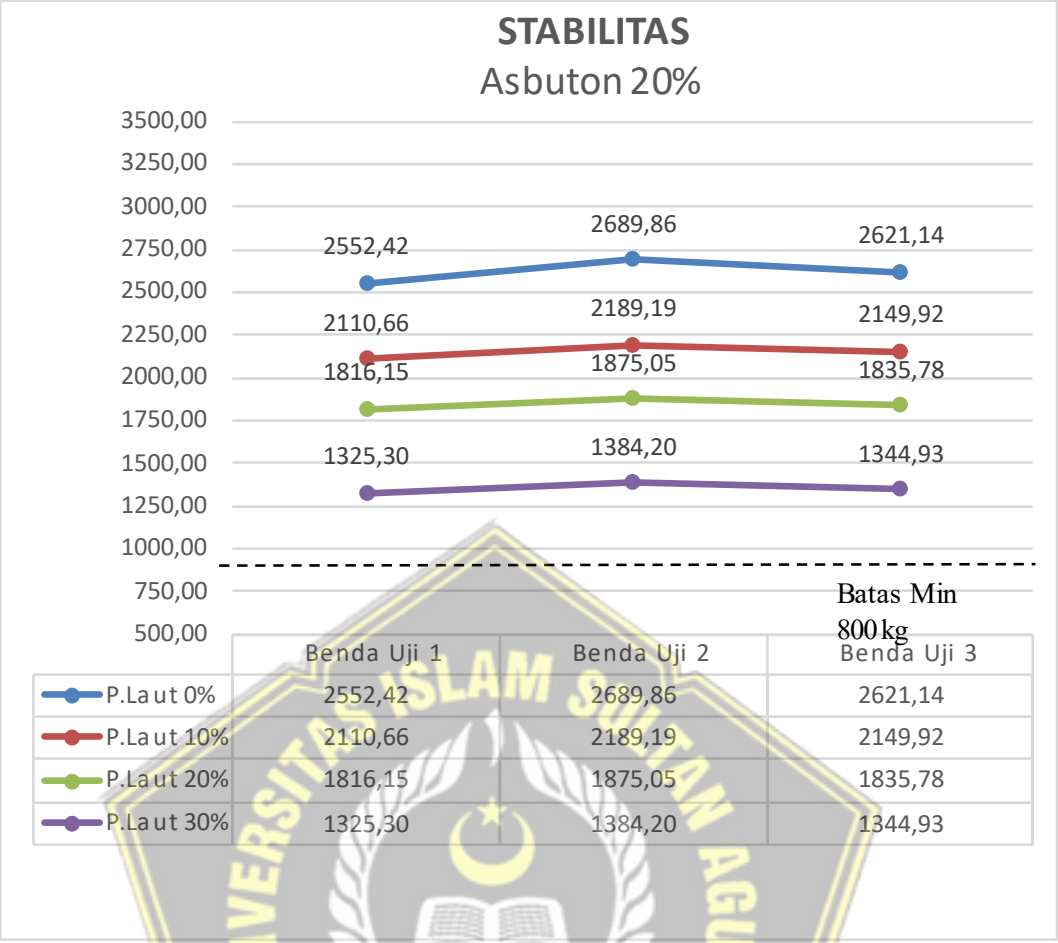
Gambar 4.17. VMA Komposisi Asbuton 20% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.17.** grafik VMA di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10% dan 20% memenuhi spesifikasi namun dengan kadar 30% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata yaitu 34.47%, 25.71%, 23.36%, dan 14.56%, Dari hasil yang didapatkan nilai masing masing benda uji kombinasi kadar Asbuton 20% dengan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi VMA dari Binamarga yaitu minimum 15,00%.



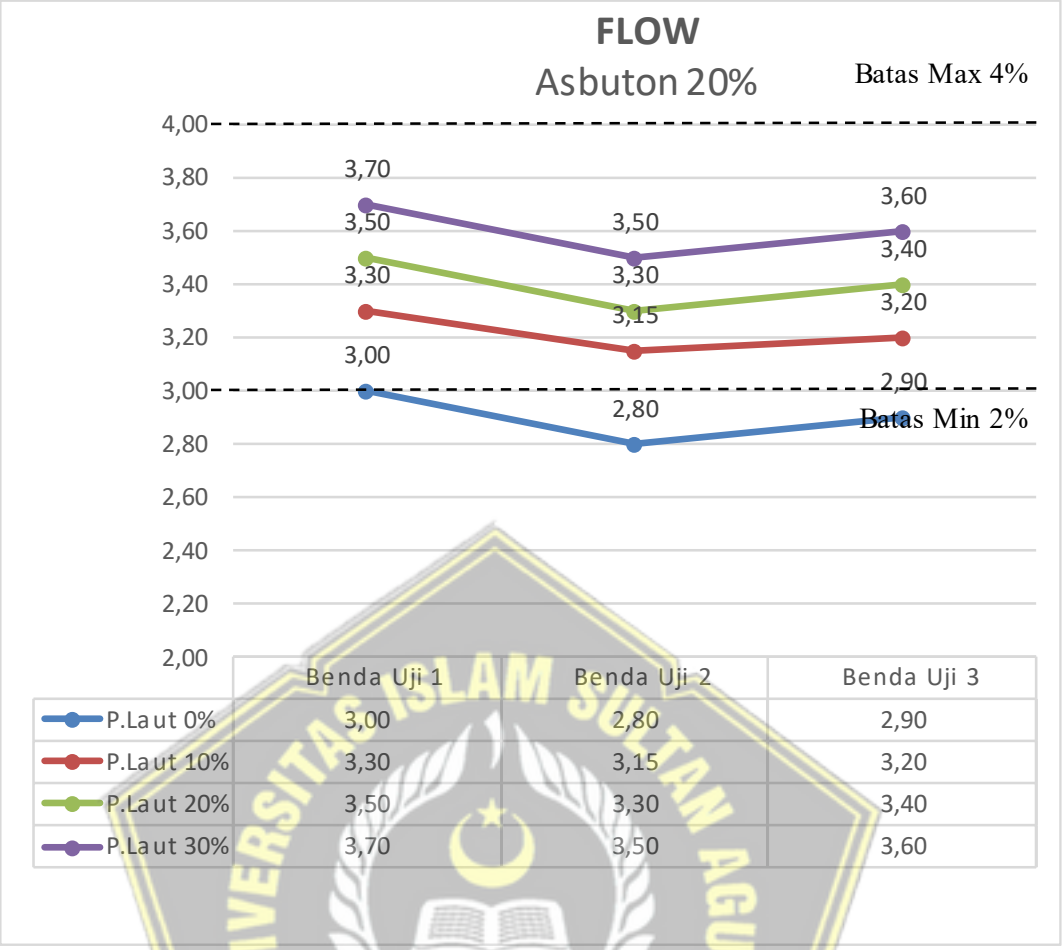
Gambar 4.18. VFB Komposisi Asbuton 20% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.18.** grafik VFB di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 89.52%, 87.31%, 88.18%, dan 86.63% , dari hasil telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi VFB dari Binamarga yaitu minimum 65%.



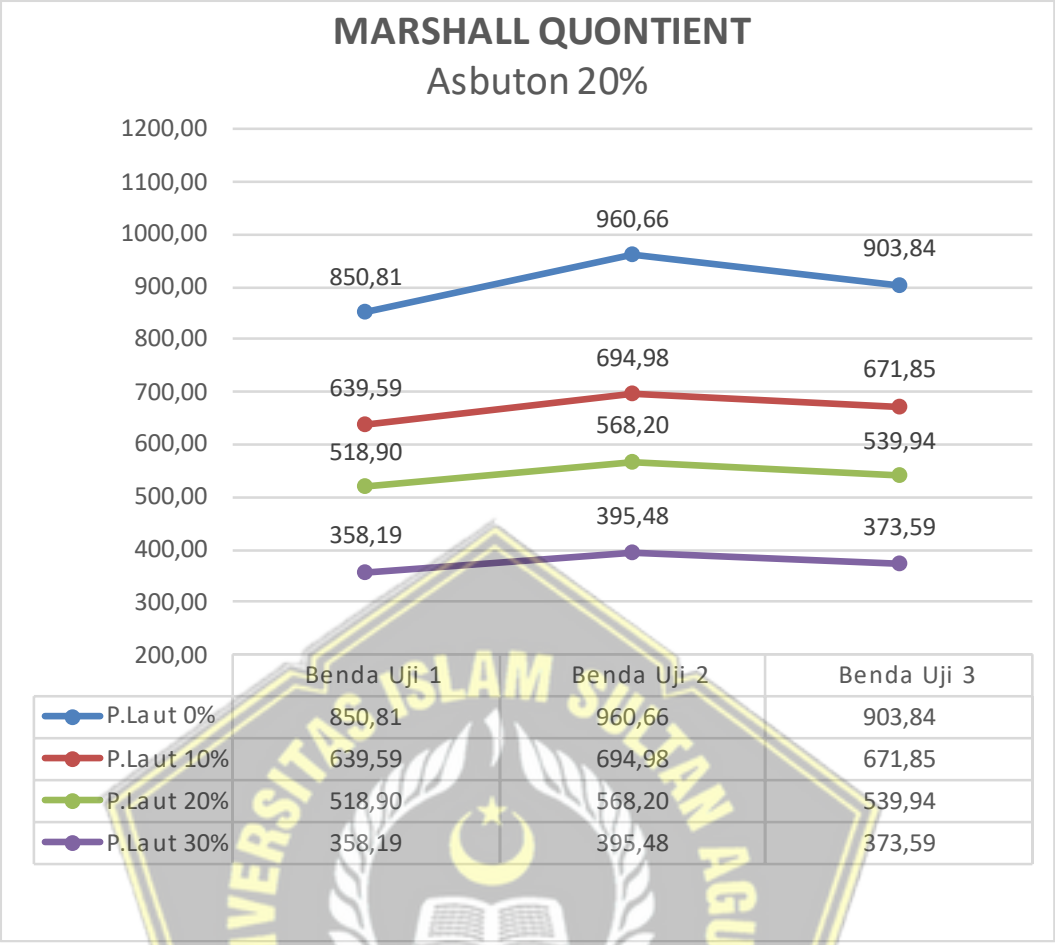
Gambar 4.19. Stabilitas Komposisi Asbuton 20% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.19.** grafik Stabilitas di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 2621.14 kg , 2149.92 kg, 1842.32 kg, dan 1351.47 kg. Dari hasil yang didapatkan nilai masing masing benda uji kombinasi kadar Asbuton 20% dengan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi Stabilitas dari Binamarga yaitu minimum 800 kg.



Gambar 4.20. Flow Komposisi Asbuton 20% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.20.** grafik Flow di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 2.90 mm , 3.22 mm, 3.40 mm, dan 3.60 mm. Dari hasil yang didapatkan nilaidari masing masing benda uji telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi Flow dari Binamarga yaitu minimum 2,00 mm dan untuk nilai maksimum adalah 4,00 mm.



Gambar 4.21. MQ Komposisi Asbuton 20% dengan Pasir Laut

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.21.** grafik MQ (Marshall Quotient) di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 903.84 mm , 668.37 mm, 541.86 mm, dan 375.41 mm. Dari hasil yang didapatkan nilaidari masing masing benda uji telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi MQ dari Binamarga yaitu belum ada (-).

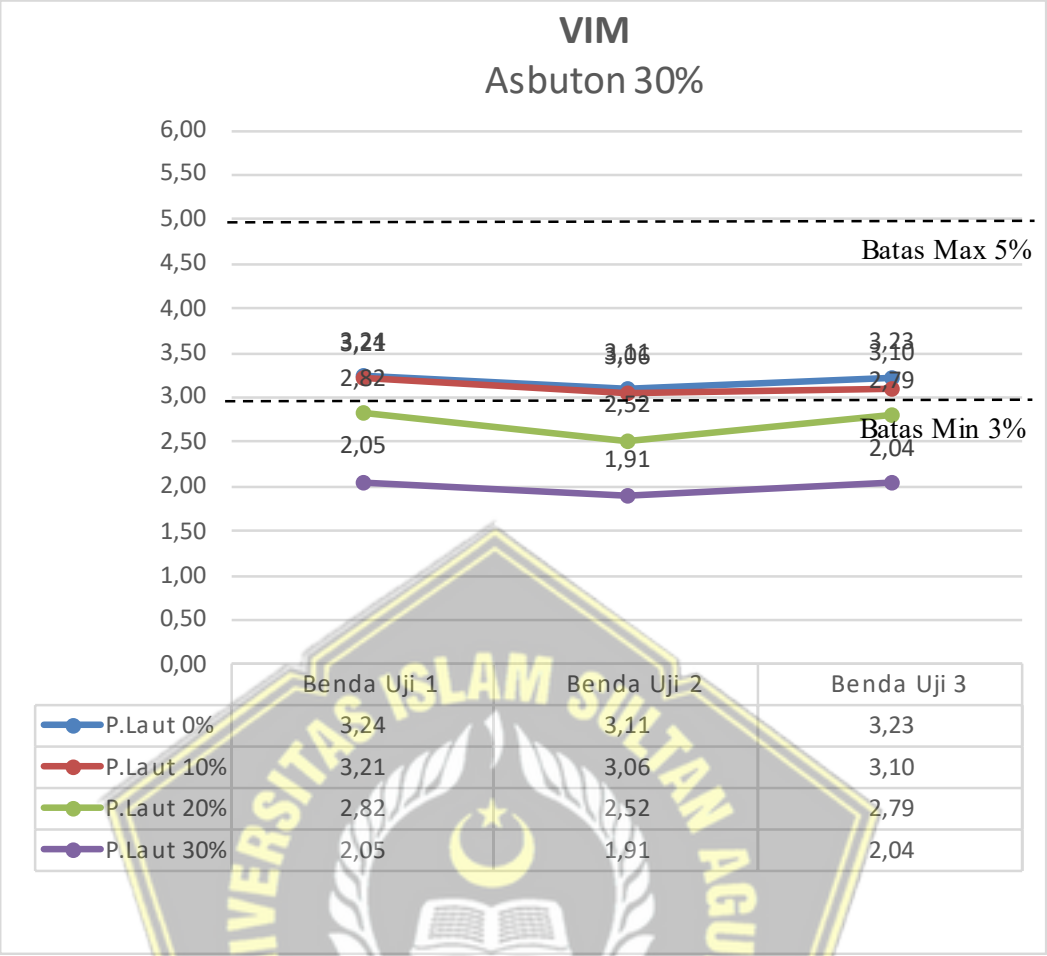
4.5.4. Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Asbuton 30% dengan persentase Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30%

Hasil pengujian Marshall untuk benda uji komposisi kombinasi Asbuton 30% dengan Pasir Laut kadar (0%, 10%, 20%, dan 30%), dengan benda uji 3 buah untuk masing masing kadar. Dengan perolehan nilai marshall dapat di lihat pada **tabel 4.29**.

Tabel 4.29. Hasil Marshall Komposisi Asbuton 30% dengan persentase Pasir Laut

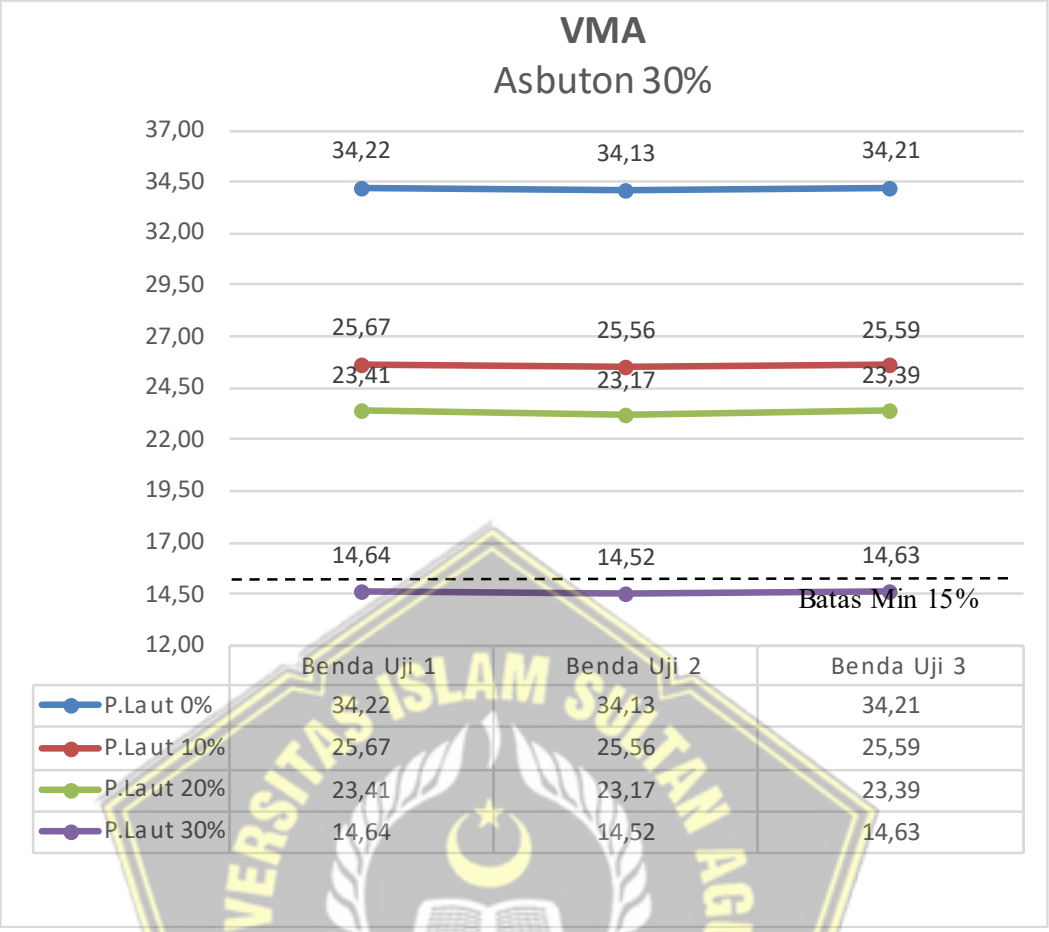
Pengujian (Komposisi Asbuton 30% terhadap Persentase Pasir Laut)																
BJ Aspal (T) :				**1,034**	**BJ Efektif Total Aggregat (Gse) :**			**2,516**	**BJ Total Agg (Gsb) :**		**2,749**	**Kalibrasi Proving Ring :**			**9,817**	**Kg**
no benda uji	kadar aspal	kadar Pasir Laut	kadar Asbuton	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji	di sesuaikan	kelelehan plastis (flow)	hasil bagi marshall (mq)
	a	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**	**i**	**j**	**k**	**l**	**m**	**n**	**o**	**p**
	% berat total campuran	% berat total campuran	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g gsb	100 - (100*g) h	100(i-j) i				m / n
	(%)	(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
Benda Uji 1	**5,8**	**0%**	**30%**	1156,8	554,6	1157,2	602,6	1,920	1,984	**34,22**	**3,24**	**90,53**	245	2405,17	3,30	**728,84**
Benda Uji 2	**5,8**	**0%**	**30%**	1159,2	558,4	1161,4	603,0	1,922	1,984	**34,13**	**3,11**	**90,90**	252	2473,88	3,10	**798,03**
Benda Uji 3	**5,8**	**0%**	**30%**	1165,4	559,2	1166,2	607,0	1,920	1,984	**34,21**	**3,23**	**90,56**	247	2424,80	3,20	**757,75**
Rata-rata	**5,8**	**0%**	**30%**	**1160,47**	**557,40**	***1161,60***	***604,20***	**1,921**	**1,984**	**34,18**	**3,19**	**90,66**	**248,00**	**2434,62**	**3,20**	**760,82**
Benda Uji 1	**5,8**	**10%**	**30%**	1162,6	628,2	1164,2	536,0	2,169	2,241	**25,67**	**3,21**	**87,49**	195	1914,32	3,50	**546,95**
Benda Uji 2	**5,8**	**10%**	**30%**	1166,6	632,8	1169,8	537,0	2,172	2,241	**25,56**	**3,06**	**88,03**	205	2012,49	3,30	**609,84**
Benda Uji 3	**5,8**	**10%**	**30%**	1172,2	633,6	1173,4	539,8	2,172	2,241	**25,59**	**3,10**	**87,89**	200	1963,40	3,40	**577,47**
Rata-rata	**5,8**	**10%**	**30%**	**1167,13**	**631,53**	***1169,13***	***537,60***	**2,171**	**2,241**	**25,61**	**3,12**	**87,80**	**200,00**	**1963,40**	**3,40**	**577,47**
Benda Uji 1	**5,8**	**20%**	**30%**	1174,8	650,6	1176,2	525,6	2,235	2,300	**23,41**	**2,82**	**87,96**	145	1423,47	3,70	**384,72**
Benda Uji 2	**5,8**	**20%**	**30%**	1176,2	652,8	1177,4	524,6	2,242	2,300	**23,17**	**2,52**	**89,13**	150	1472,55	3,50	**420,73**
Benda Uji 3	**5,8**	**20%**	**30%**	1181,4	654,2	1182,6	528,4	2,236	2,300	**23,39**	**2,79**	**88,07**	147	1443,10	3,60	**400,86**
Rata-rata	**5,8**	**20%**	**30%**	**1177,47**	**652,53**	***1178,73***	***526,20***	**2,238**	**2,300**	**23,32**	**2,71**	**88,38**	**147,33**	**1446,37**	**3,60**	**401,77**
Benda Uji 1	**5,8**	**30%**	**30%**	1184,2	709,8	1185,2	475,4	2,491	2,543	**14,64**	**2,05**	**86,02**	120	1178,04	4,00	**294,51**
Benda Uji 2	**5,8**	**30%**	**30%**	1189,4	713,4	1190,2	476,8	2,495	2,543	**14,52**	**1,91**	**86,88**	127	1246,76	3,80	**328,09**
Benda Uji 3	**5,8**	**30%**	**30%**	1186,8	711,8	1188,2	476,4	2,491	2,543	**14,63**	**2,04**	**86,08**	125	1227,13	3,90	**314,65**
Rata-rata	**5,8**	**30%**	**30%**	**1186,80**	**711,67**	***1187,87***	***476,20***	**2,492**	**2,543**	**14,60**	**2,00**	**86,33**	**124,00**	**1217,31**	**3,90**	**312,13**

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)



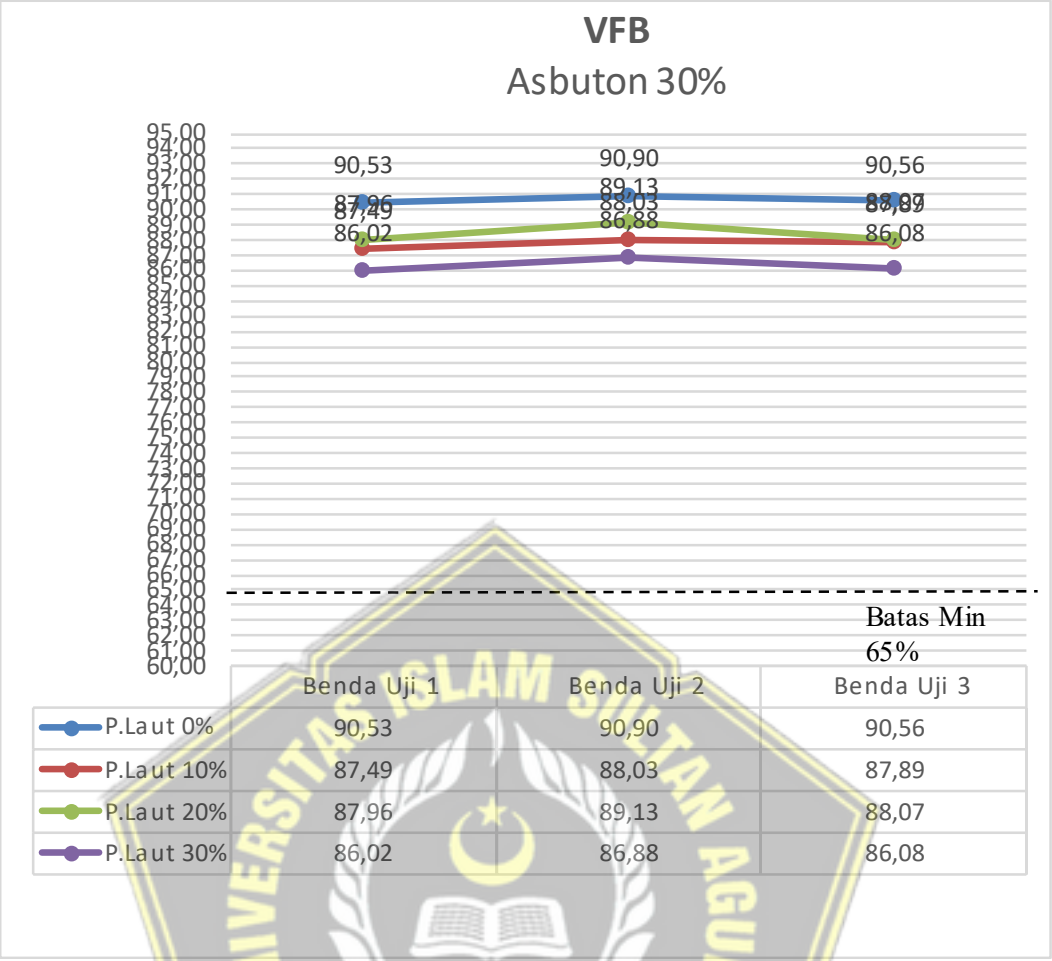
Gambar 4.22. VIM Komposisi Asbuton 30% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Nilai VIM (Void in Mix) pada **Gambar 4.22.** di atas, campuran Asbuton 30% dengan Pasir Laut mengunakan kadar 0%, dan 10% memenuhi spesifikasi namun untuk kadar 20% dan 30% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah 3.19%, 3.12%, 2.71%, 2.00%. Sedangkan untuk spesifikasi dari Bina marga minimum berada pada angka 3.00 % dan maksimum berada pada angka 5.00%.



Gambar 4.23. VMA Komposisi Asbuton 30% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

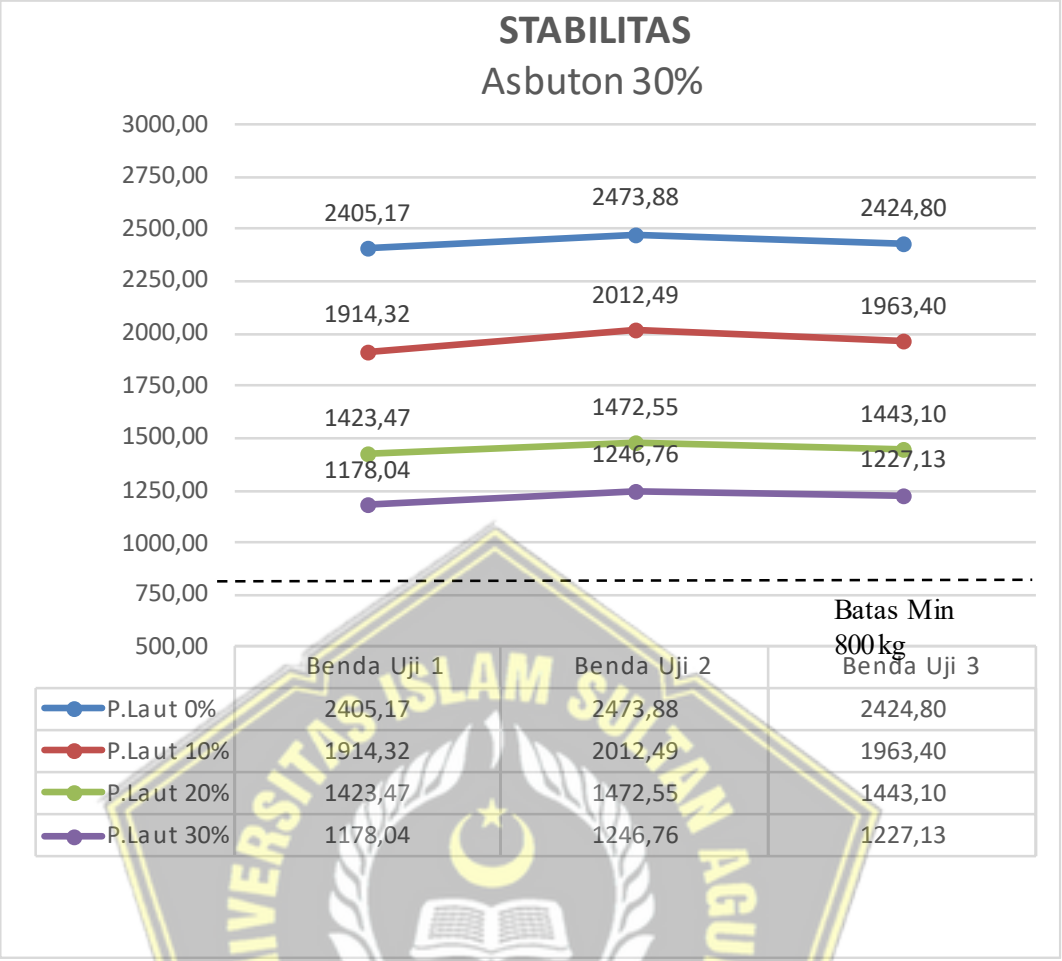
Berdasarkan **Gambar 4.23.** grafik VMA di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10% dan 20% memenuhi spesifikasi namun dengan kadar 30% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata yaitu 34.18%, 25.71%, 23.36%, dan 14.56%, Dari hasil yang didapatkan nilai masing masing benda uji kombinasi kadar Asbuton 30% dengan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi VMA dari Binamarga yaitu minimum 15,00%.



Gambar 4.24. VFB Komposisi Asbuton 30% dengan Pasir Laut

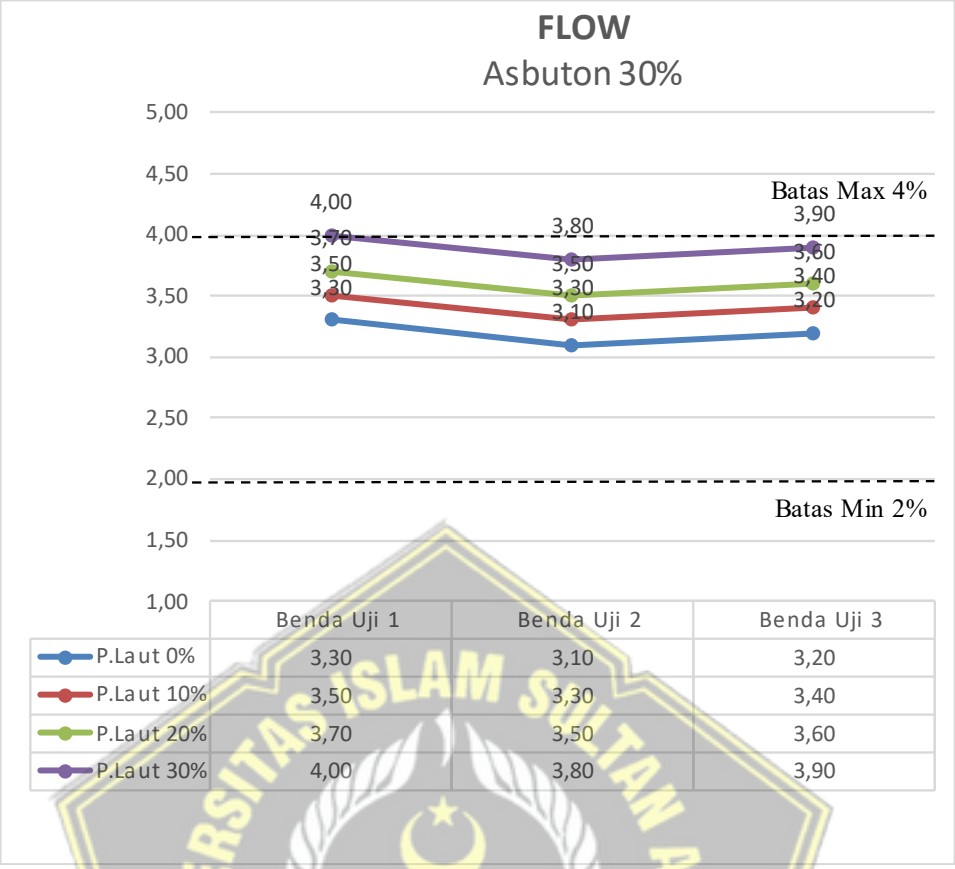
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.24.** grafik VFB di bawah, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 90.66%, 87.80%, 88.38%, dan 86.33% ,dari hasil telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi VFB dari Binamarga yaitu minimum 65%.



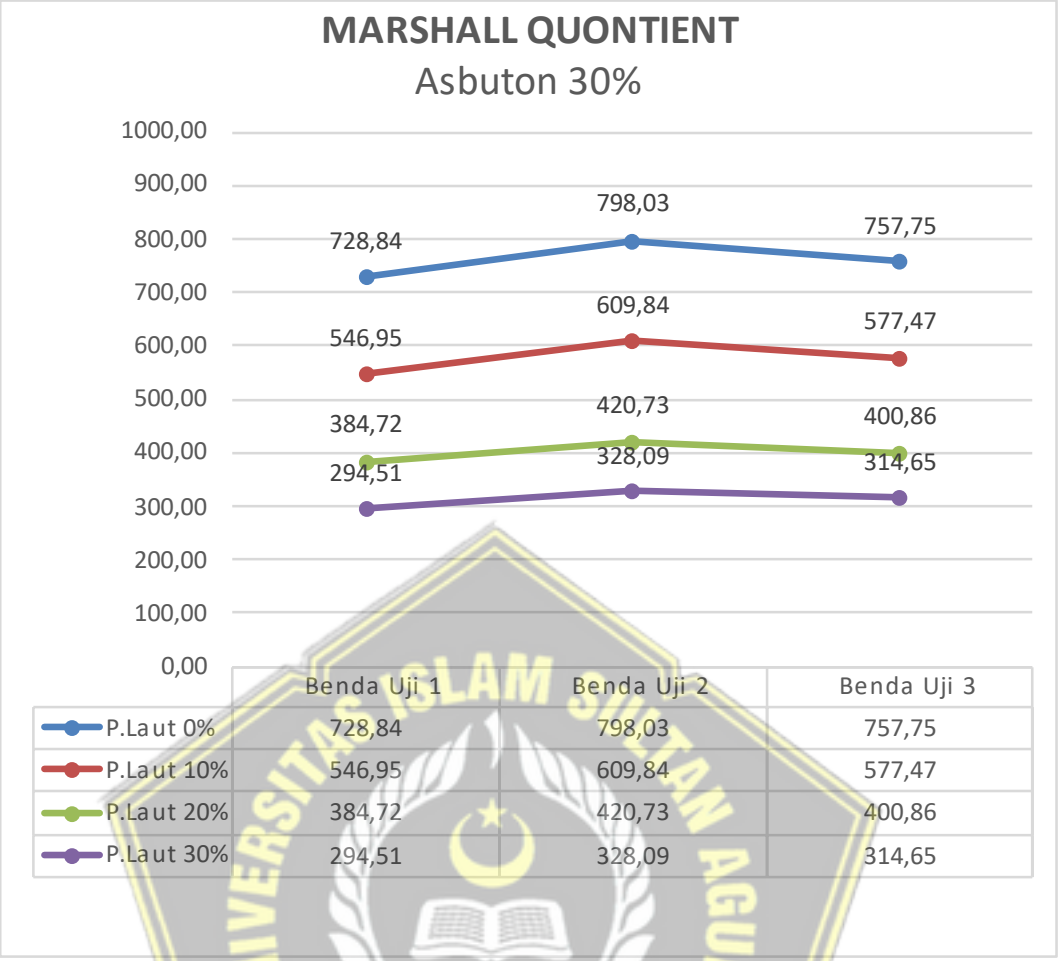
Gambar 4.25. Stabilitas Komposisi Asbuton 30% dengan Pasir Laut (Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.25.** grafik Stabilitas di bawah, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 2434.62 kg , 1963.40 kg, 1446.37 kg, dan 1217.31 kg. Dari hasil yang didapatkan nilai masing masing benda uji kombinasi kadar Asbuton 20%dengan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi Stabilitas dari Binamarga yaitu minimum 800 kg.



Gambar 4.26. Flow Komposisi Asbuton 30% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.26.** grafik Flow di bawah, nilai yang di**h**asilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 3.200 mm , 3.40 mm, 3.60 mm, dan 3.90 mm. Dari hasil yang didapatkan nilai dari masing masing benda uji telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi Flow dari Binamarga yaitu minimum 2,00 mm dan untuk nilai maksimum adalah 4,00 mm.



Gambar 4.27. MQ Komposisi Asbuton 30% dengan Pasir Laut
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Berdasarkan **Gambar 4.23.** grafik MQ (Marshall Quotient) di atas, nilai yang dihasilkan untuk kadar Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% yaitu 760.82 mm , 577.47 mm, 401.77 mm, dan 312.13 mm. Dari hasil yang didapatkan nilaidari masing masing benda uji telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi MQ dari Binamarga yaitu belum ada (-).

4.5.5. Rekapituasi Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Asbuton 0%, 10%, 20% dan 30% dengan persentase Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30%

Rekapitulasi Hasil pengujian Marshall untuk benda uji komposisi kombinasi Asbuton 0%, 10%, 20% dan 30% dengan Pasir Laut kadar (0%, 10%, 20%, dan 30%), dengan benda uji 3 buah untuk masing masing kadar. Dengan perolehan nilai marshall dapat di lihat pada **tabel 4.30**.

Tabel 4.30. Hasil Rekapitulasi Marshall Komposisi Asbuton dengan persentase Pasir Laut

Rekapitulasi Rata-Rata Perbandingan Asbuton dengan Pasir Laut																
BJ Aspal (T) :	**1.034**		**BJ Efektif Total Aggregat (Gse) :**				**2.516**		**BJ Total Agg (Gsb) :**		**2.749**	**Kalibrasi Proving Ring :**			**9.817**	**Kg**
Campuran	kadar	kadar	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelehan	hasil bagi
Benda	aspal	Asbuton	Serat Baja	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
Uji									camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)
	a	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**	**i**	**j**	**k**	**l**	**m**	**n**	**o**	**p**
	% berat	% berat	% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(h-i)				
	total	total	total	timbang	timbang	timbang	d - c	b / e	GMM	(100 - a)f	(100*f)	h				l / m
	campuran	campuran	campuran							gsb	g					
	(%)	(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
Asbuton 0%																
Asbuton 0% + Pasir Laut 0%	**5.80**	**0%**	**0%**					**1.89**	**1.98**	**35.16**	**4.62**	**86.86**	**171.67**	**1685.25**	**2.60**	**648.17**
Asbuton 0% + Pasir Laut 10%	**5.80**	**0%**	**10%**					**2.15**	**2.24**	**26.35**	**4.09**	**84.48**	**151.67**	**1488.91**	**2.70**	**551.45**
Asbuton 0% + Pasir Laut 20%	**5.80**	**0%**	**20%**					**2.22**	**2.30**	**24.05**	**3.63**	**84.91**	**132.00**	**1295.84**	**3.17**	**409.21**
Asbuton 0% + Pasir Laut 30%	**5.80**	**0%**	**30%**					**2.47**	**2.54**	**15.32**	**2.82**	**81.58**	**125.00**	**1227.13**	**3.60**	**340.87**
				Rata - rata						**25.22**	**3.79**	**84.46**	**145.08**	**1424.28**	**3.02**	**487.43**

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Rekapitulasi Rata-Rata Perbandingan Asbuton dengan Pasir Laut																
BJ Aspal (T) :	**1.034**		**BJ Efektif Total Aggregat (Gse) :**				**2.516**		**BJ Total Agg (Gsb) :**		**2.749**	**Kalibrasi Proving Ring :**			**9.817**	**Kg**
Campuran	kadar	kadar	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelehan	hasil bagi
Benda	aspal	Asbuton	Serat Baja	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
Uji									camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)
	a	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**	**i**	**j**	**k**	**l**	**m**	**n**	**o**	**p**
	% berat	% berat	% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(h-i)				
	total	total	total	timbang	timbang	timbang	d - c	b / e	GMM	(100 - a)f	(100*f)	h				l / m
	campuran	campuran	campuran							gsb	g					
	(%)	(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
Asbuton 10%																
Asbuton 10% + Pasir Laut 0%	**5.80**	**10%**	**0%**					**1.91**	**1.98**	**34.70**	**3.95**	**88.62**	**286.00**	**2807.66**	**2.80**	**1002.74**
Asbuton 10% + Pasir Laut 10%	**5.80**	**10%**	**10%**					**2.16**	**2.24**	**25.88**	**3.48**	**86.56**	**240.00**	**2356.08**	**3.00**	**785.36**
Asbuton 10% + Pasir Laut 20%	**5.80**	**10%**	**20%**					**2.22**	**2.30**	**23.92**	**3.47**	**85.51**	**210.67**	**2068.11**	**3.27**	**633.10**
Asbuton 10% + Pasir Laut 30%	**5.80**	**10%**	**30%**					**2.47**	**2.54**	**15.32**	**2.82**	**81.58**	**125.00**	**1227.13**	**3.60**	**340.87**
				Rata - rata						**24.95**	**3.43**	**85.57**	**215.42**	**2114.75**	**3.17**	**690.52**

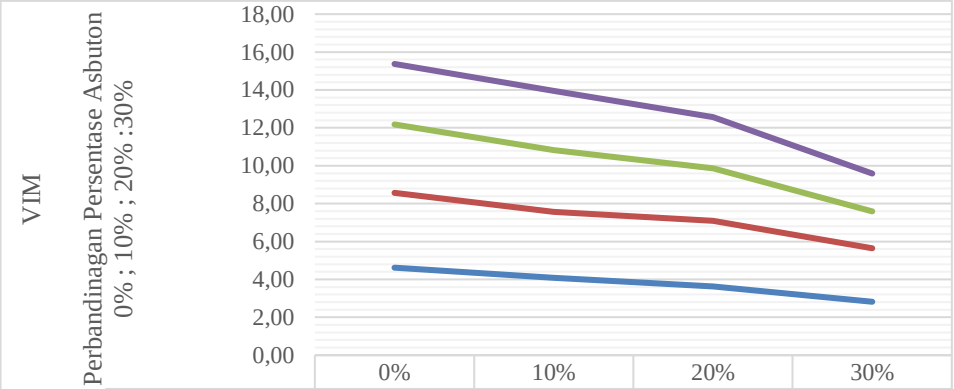
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Rekapitulasi Rata-Rata Perbandingan Asbuton dengan Pasir Laut																
BJ Aspal (T) :	**1.034**		**BJ Efektif Total Aggregat (Gse) :**				**2.516**		**BJ Total Agg (Gsb) :**		**2.749**	**Kalibrasi Proving Ring :**			**9.817**	**Kg**
Campuran	kadar	kadar	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelehan	hasil bagi
Benda	aspal	Asbuton	Serat Baja	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
Uji									camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)
	a	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**	**i**	**j**	**k**	**l**	**m**	**n**	**o**	**p**
	% berat	% berat	% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(h-i)				
	total	total	total	timbang	timbang	timbang	d - c	b / e	GMM	(100 - a)f	(100*f)	h				l / m
	campuran	campuran	campuran							gsb	g					
	(%)	(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
Asbuton 20%																
Asbuton 20% + Pasir Laut 0%	**5.80**	**20%**	**0%**					**1.91**	**1.98**	**34.47**	**3.61**	**89.52**	**267.00**	**2621.14**	**2.90**	**903.84**
Asbuton 20% + Pasir Laut 10%	**5.80**	**20%**	**10%**					**2.17**	**2.24**	**25.71**	**3.26**	**87.31**	**219.00**	**2149.92**	**3.22**	**668.37**
Asbuton 20% + Pasir Laut 20%	**5.80**	**20%**	**20%**					**2.24**	**2.30**	**23.36**	**2.76**	**88.18**	**187.67**	**1842.32**	**3.40**	**541.86**
Asbuton 20% + Pasir Laut 30%	**5.80**	**20%**	**30%**					**2.49**	**2.54**	**14.56**	**1.95**	**86.63**	**137.67**	**1351.47**	**3.60**	**375.41**
				Rata - rata						**24.53**	**2.90**	**87.91**	**202.83**	**1991.21**	**3.28**	**622.37**

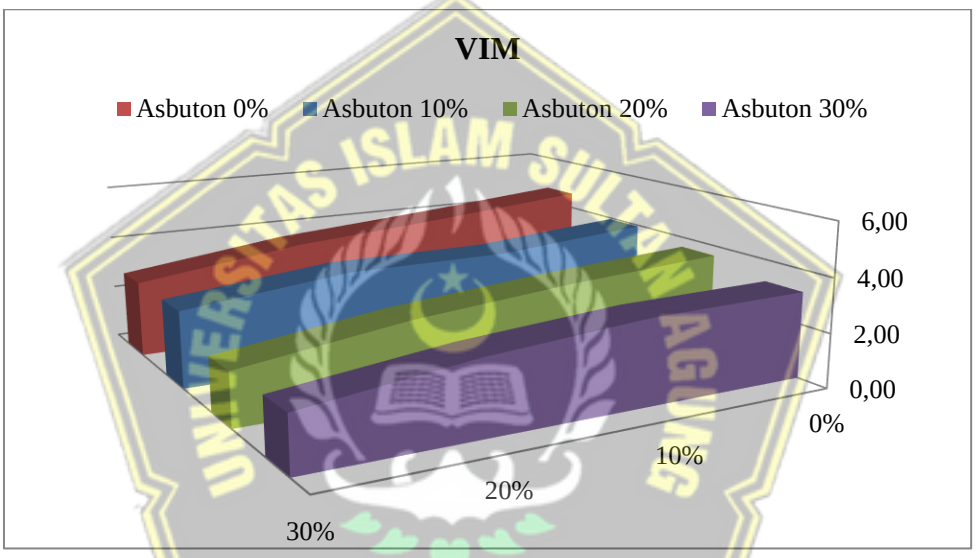
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Rekapitulasi Rata-Rata Perbandingan Asbuton dengan Pasir Laut																
BJ Aspal (T) :	**1.034**		**BJ Efektif Total Aggregat (Gse) :**				**2.516**		**BJ Total Agg (Gsb) :**		**2.749**	**Kalibrasi Proving Ring :**			**9.817**	**Kg**
Campuran	kadar	kadar	kadar	berat	berat	berat	volume/	bj. Bulk	bj. Maks	% rongga	% rongga	% rongga	stabilitas		kelelehan	hasil bagi
Benda	aspal	Asbuton	Serat Baja	di udara	dlm air	ssd	isi	campuran	kombinasi	diantara	dalam	terisi	dibaca	di	plastis	marshall
Uji									camp. Agg	agg.(vma)	camp(vim)	aspal(vfb)	arloji	sesuaikan	(flow)	(mq)
	a	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**	**i**	**j**	**k**	**l**	**m**	**n**	**o**	**p**
	% berat	% berat	% berat	data	data	data				100 -	100 -	100(h-i)				
	total	total	total	timbang	timbang	timbang	d - c	b / e	GMM	(100 - a)f	(100*f)	h				l / m
	campuran	campuran	campuran							gsb	g					
	(%)	(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
Asbuton 30%																
Asbuton 30% + Pasir Laut 0%	**5.80**	**30%**	**0%**					**1.92**	**1.98**	**34.18**	**3.19**	**90.66**	**248.00**	**2434.62**	**3.20**	**760.82**
Asbuton 30% + Pasir Laut 10%	**5.80**	**30%**	**10%**					**2.17**	**2.24**	**25.61**	**3.12**	**87.80**	**200.00**	**1963.40**	**3.40**	**577.47**
Asbuton 30% + Pasir Laut 20%	**5.80**	**30%**	**20%**					**2.24**	**2.30**	**23.32**	**2.71**	**88.38**	**147.33**	**1446.37**	**3.60**	**401.77**
Asbuton 30% + Pasir Laut 30%	**5.80**	**30%**	**30%**					**2.49**	**2.54**	**14.60**	**2.00**	**86.33**	**124.00**	**1217.31**	**3.90**	**312.13**
				Rata - rata						**24.43**	**2.76**	**88.29**	**179.83**	**1765.42**	**3.53**	**513.05**

(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)



	0%	10%	20%	30%
Asbuton 30%	3,19	3,12	2,71	2,00
Asbuton 20%	3,61	3,26	2,76	1,95
Asbuton 10%	3,95	3,48	3,47	2,82
Asbuton 0%	4,62	4,09	3,63	2,82



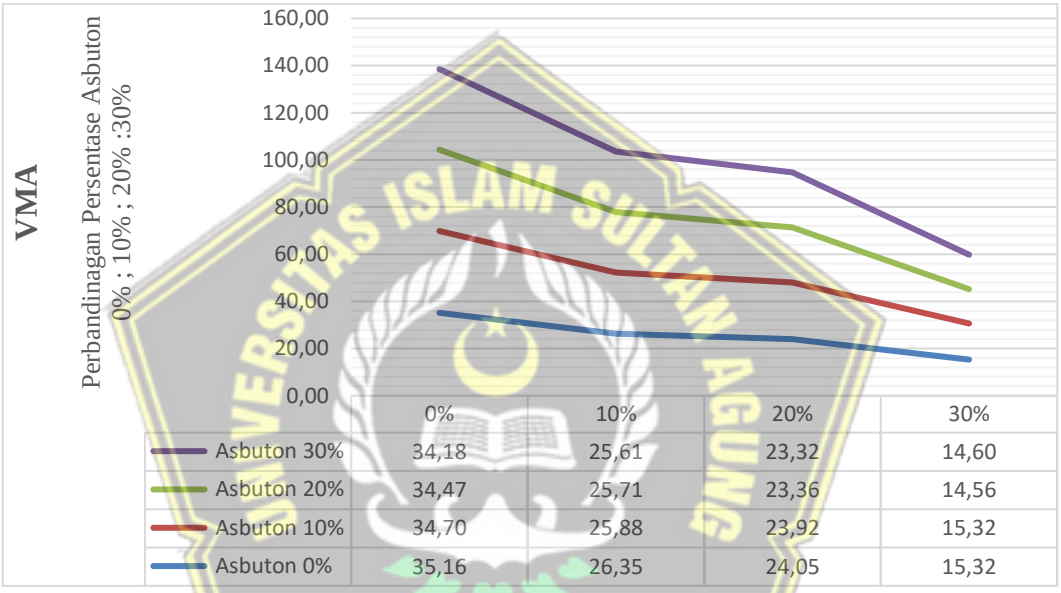
Gambar 4.28. Rekapitulasi VIM Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut (Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Rongga Udara (VIM) kadar asbuton + pasir laut dapat memengaruhi kondisi Spesifikasi dan bisa digunakan atau tidak sebagai perkerasan jalan :

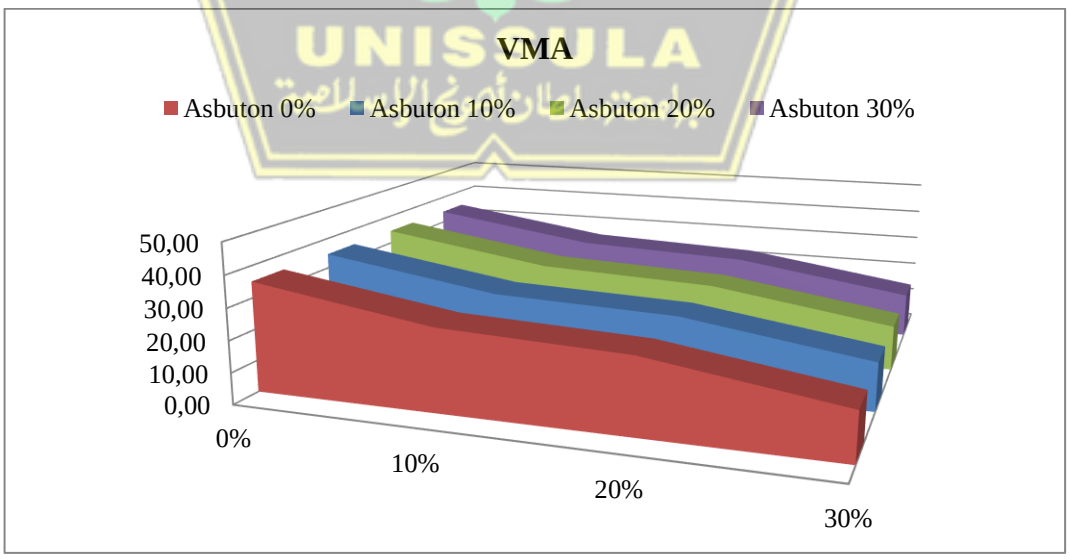
1. Asbuton 0% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10% dan 20% memperoleh nilai VIM 4,62%, 4.09% dan 3,63% memenuhi spesifikasi binamarga tetapi untuk kadar 30% memperoleh nilai 2,82% sehingga tidak memenuhi spesifikasi
2. Asbuton 10% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10% dan 20% memperoleh nilai VIM 3,95%, 3,48% dan 3,47% tetapi untuk kadar 30% memperoleh nilai 2,82%.

3. Asbuton 20% dengan penambahan Pasir Laut 0%, dan 10% memperoleh nilai VIM 3,61%, dan 3,26% tetapi untuk kadar 20% dan 30% memperoleh nilai 2,76%, dan 1.95%.
4. Asbuton 30% dengan penambahan Pasir Laut 0%, dan 10% memperoleh nilai VIM 3,19%, dan 3,12% tetapi untuk kadar 20% dan 30% memperoleh nilai 2,71%, dan 2,00%.

Syarat spesifikasi dari Bina marga minimum berada pada angka 3.00 % dan maksimum berada pada angka 5.00%.



	0%	10%	20%	30%
Asbuton 30%	34,18	25,61	23,32	14,60
Asbuton 20%	34,47	25,71	23,36	14,56
Asbuton 10%	34,70	25,88	23,92	15,32
Asbuton 0%	35,16	26,35	24,05	15,32

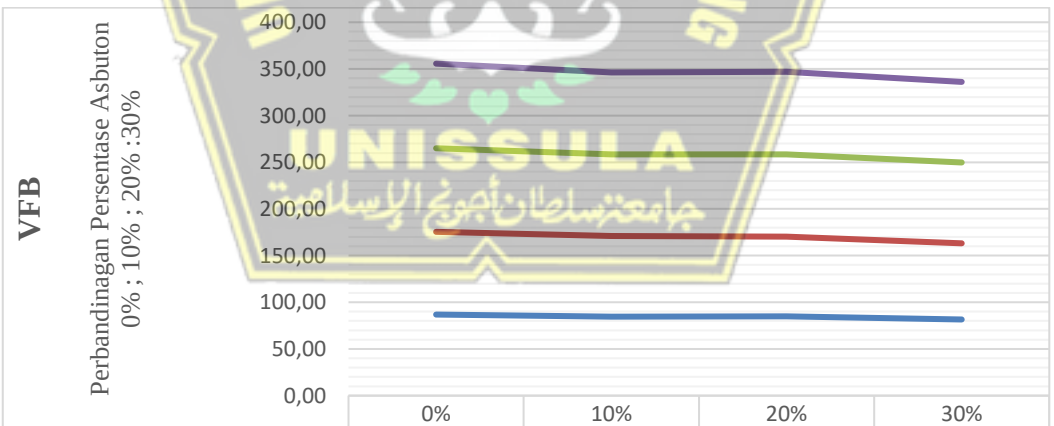


Gambar 4.29. Rekapitulasi VMA Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut (Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

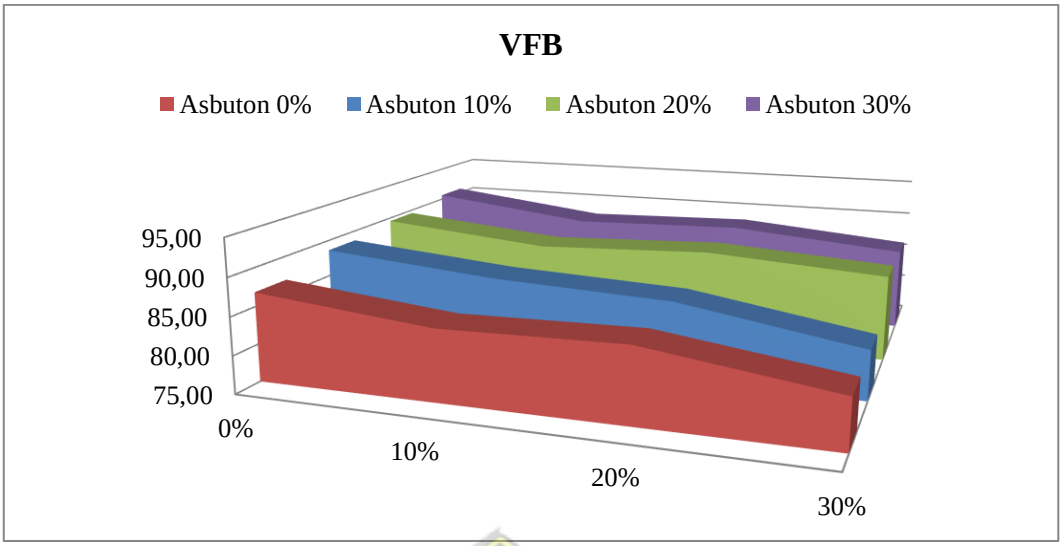
Rongga di antara Aggregat (VMA) kadar asbuton + pasir laut dapat memengaruhi kondisi Spesifikasi dan bisa digunakan atau tidak sebagai perkerasan jalan:

1. Asbuton 0% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai VMA 35,16%, 26,35%, 24,05 dan 15,32% memenuhi spesifikasi binamarga.
2. Asbuton 10% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai VMA 34,70%, 25,88%, 23,92 dan 15,32% memenuhi spesifikasi binamarga.
3. Asbuton 20% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10% dan 20% memperoleh nilai VMA 34,47%, 25,71 dan 23,36% tetapi untuk kadar 30% memperoleh nilai 15.32%.
4. Asbuton 30% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10% dan 20% memperoleh nilai VMA 34,18%, 25,61 dan 23,32% tetapi untuk kadar 30% memperoleh nilai 14,60%.

Dari hasil yang didapatkan nilai masing masing benda uji komposisi Asbuton dan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina marga dengan nilai minimum berada pada angka 15%.



	0%	10%	20%	30%
Asbuton 30%	90,66	87,80	88,38	86,33
Asbuton 20%	89,52	87,31	88,18	86,63
Asbuton 10%	88,62	86,56	85,51	81,58
Asbuton 0%	86,86	84,48	84,91	81,58

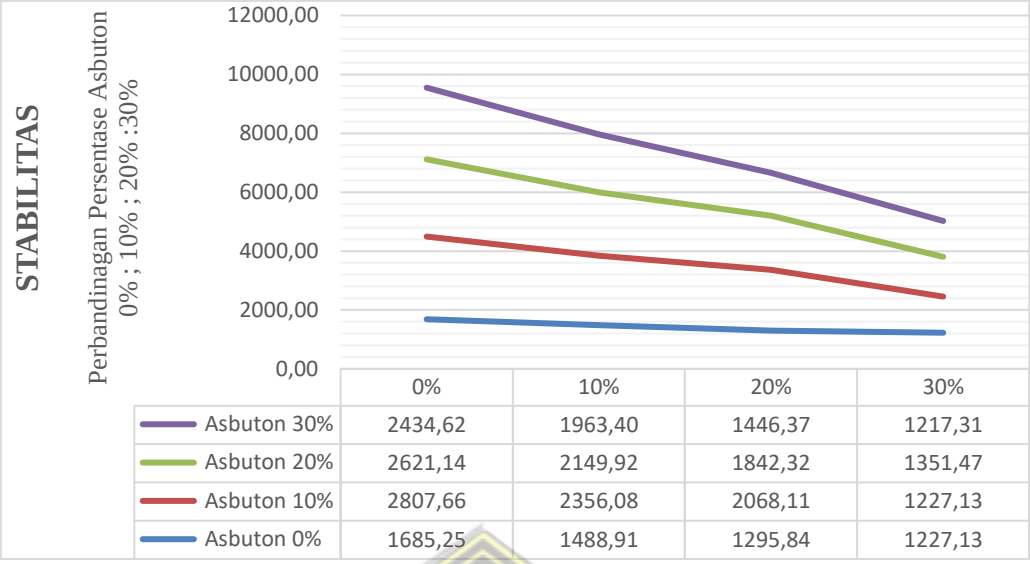


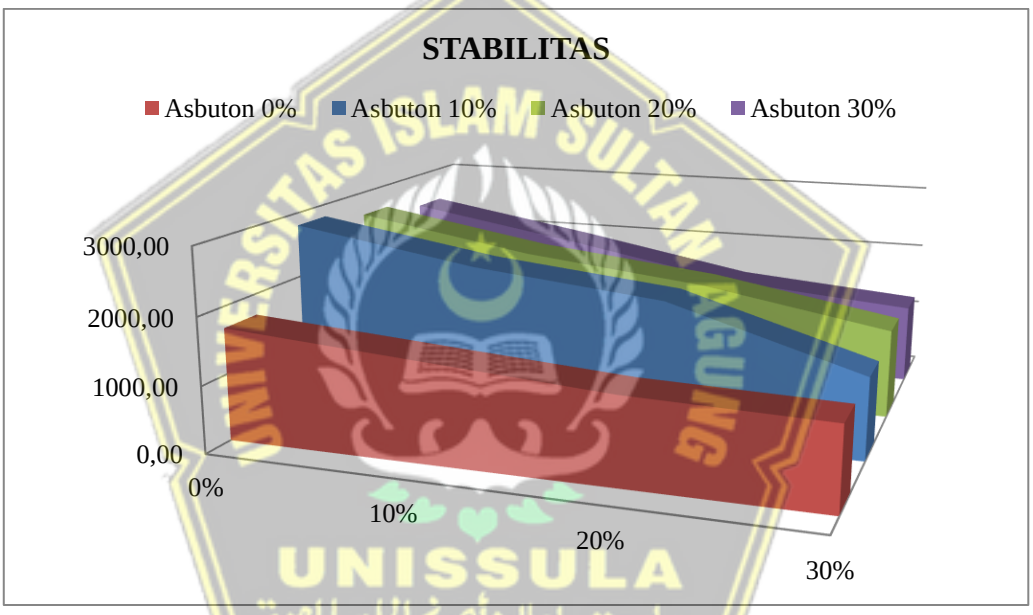
Gambar 4.30. Rekapitulasi VFB Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut (Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Rongga terisi aspal (VFB) pada kadar 0%, 2%, 4% kondisi sesuai Spesifikasi dan dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil Rongga terisi aspal (VFB) terbesar adalah:

1. Asbuton 0% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai VFB 86.86%, 84.48%, 84,91 dan 81.58% memenuhi spesifikasi binamarga.
2. Asbuton 10% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai VFB 88,6%, 86.56%, 85,51 dan 81.58% memenuhi spesifikasi binamarga.
3. Asbuton 20% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai VFB 89.52%, 87.31%, 88,18 dan 86,63% memenuhi spesifikasi binamarga.
4. Asbuton 30% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai VFB 90,66%, 87,80%, 88,38 dan 86,33% memenuhi spesifikasi binamarga.

Dari hasil yang didapatkan nilai masing masing benda uji komposisi Asbuton dan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina marga dengan nilai minimum berada pada angka 65%.





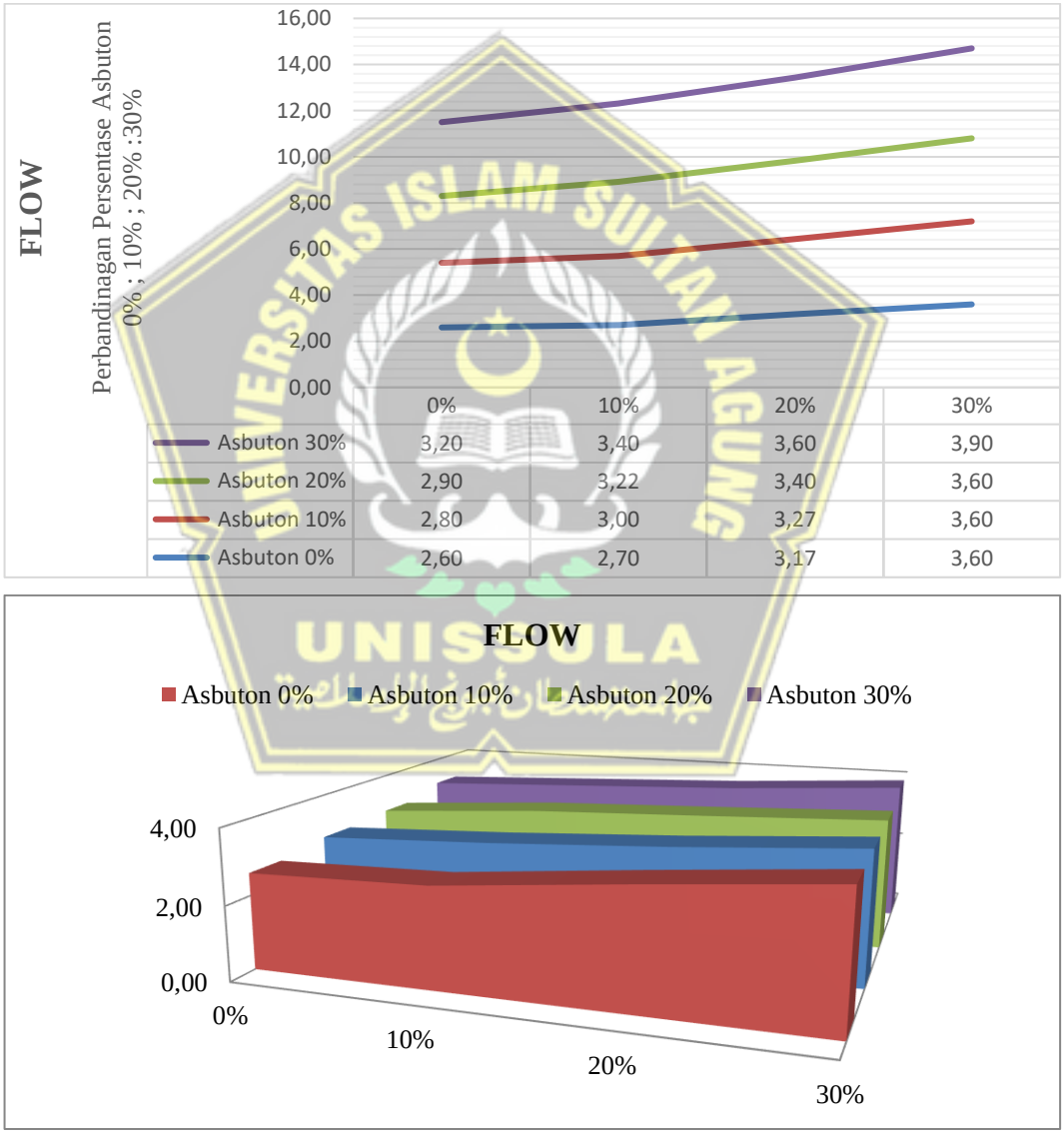
Gambar 4.31. Rekapitulasi Stabilitas Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut (Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Pada Grafik Stabilitas pada kadar 0%, 10%, 20% dan 30 kondisi sesuai Spesifikasi dan dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil Staabilitas terbesar adalah:

1. Asbuton 0% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai Staabilitas 1685.25 kg, 1488.91 kg, 1295.84 kg dan 1227.13 kg memenuhi spesifikasi binamarga.
2. Asbuton 10% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai Staabilitas 2807.66 kg, 2356.08 kg, 2068.11 kg dan 1858.69 kg memenuhi spesifikasi binamarga.

3. Asbuton 20% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai Staabilitas 2621.14 kg, 2149.92 kg, 1842.32 kg dan 1351.47 kg memenuhi spesifikasi binamarga.
4. Asbuton 30% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai Staabilitas 2434.62 kg, 1963.40 kg, 1446.37 kg dan 1217.31 kg memenuhi spesifikasi binamarga.

Berdasarkan hasil yang didapatkan, nilai masing masing benda uji komposisi Asbuton dan Pasir Laut telah memenuhi spesifikasi dari Bina marga dengan nilai minimum berada pada angka 800 kg.

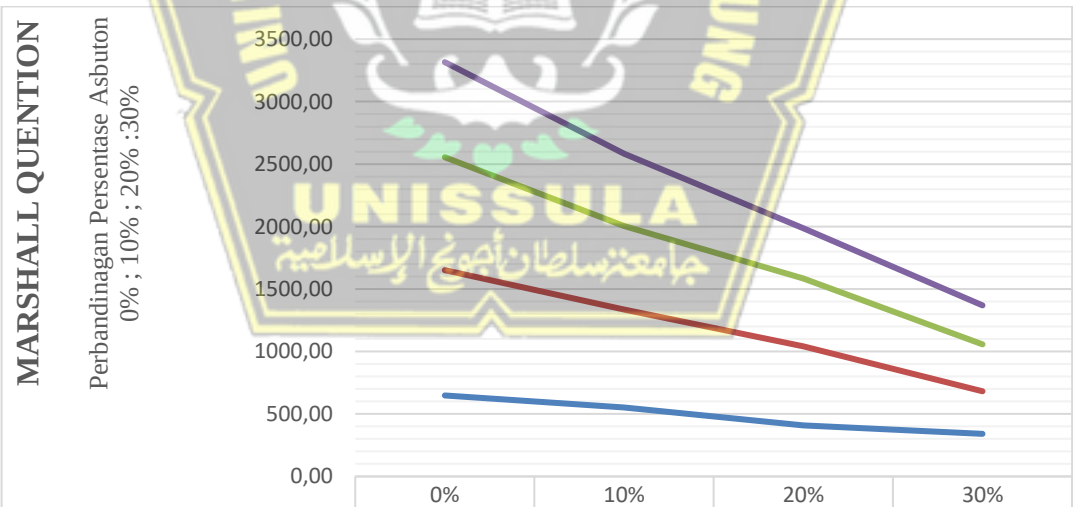


Gambar 4.32. Rekapitulasi Flow Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut (Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

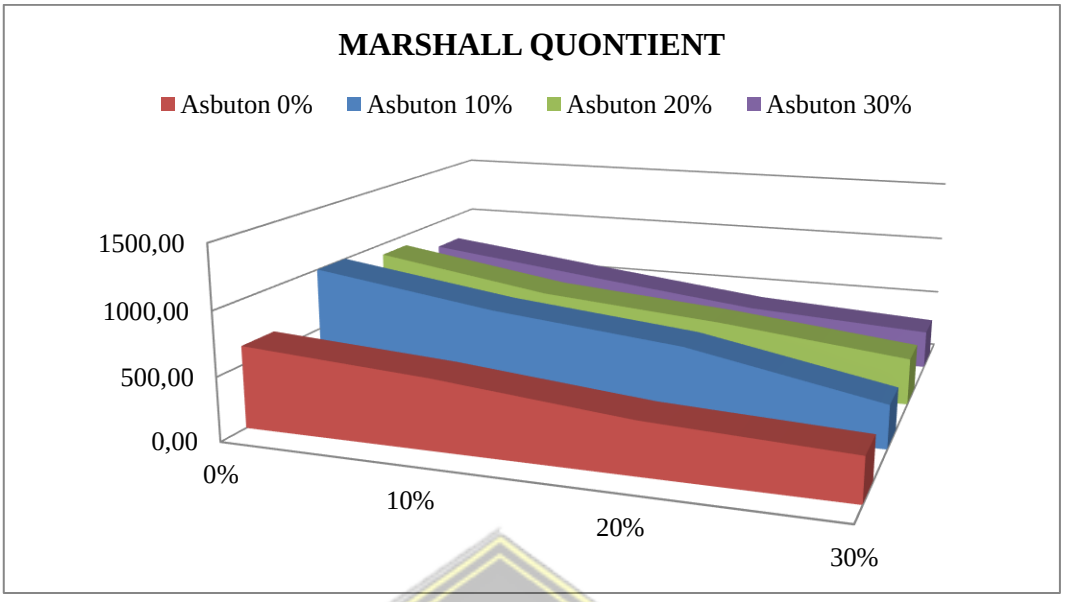
Flow pada kadar 0%, 2%, 4% kondisi sesuai Spesifikasi dan dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil Flow terbesar adalah:

1. Asbuton 0% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai Flow 2,60 mm, 2,70 mm, 3,17 mm dan 3,60 mm memenuhi spesifikasi binamarga
2. Asbuton 10% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai Flow 2,80 mm, 3,00 mm, 3,27 mm dan 3,60 mm memenuhi spesifikasi binamarga
3. Asbuton 20% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai Flow 2,90 mm, 3,22 mm, 3,40 mm dan 3,60 mm memenuhi spesifikasi binamarga
4. Asbuton 30% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai Flow 3,20 mm, 3,40 mm, 3,60 mm dan 3,90 mm memenuhi spesifikasi binamarga

Syarat spesifikasi dari Bina marga untuk nilai flow yaitu minimum 2,00 mm dan untuk nilai maksimum adalah 4,00 mm.



	0%	10%	20%	30%
Asbuton 30%	760,82	577,47	401,77	312,13
Asbuton 20%	903,84	668,37	541,86	375,41
Asbuton 10%	1002,74	785,36	633,10	340,87
Asbuton 0%	648,17	551,45	409,21	340,87



Gambar 4.33. Rekapitulasi MQ Komposisi Asbuton dengan Pasir Laut (Sumber : Hasil Penelitian, 2024)

Marshall Quention (MQ) pada kadar 0%, 2%, 4% kondisi sesuai Spesifikasi dan dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil Marshall Quention (MQ) terbesar adalah

1. Asbuton 0% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai MQ 648.17 kg/mm, 551.45 kg/mm, 409.21 kg/mm dan 340.87 kg/mm memenuhi spesifikasi binamarga
2. Asbuton 10% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai MQ 1002.74 kg/mm, 785.36 kg/mm, 633.10 kg/mm dan 340.87 kg/mm memenuhi spesifikasi binamarga
3. Asbuton 20% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai MQ 903.84 kg/mm, 668.37 kg/mm, 541.86 kg/mm dan 375.41 kg/mm memenuhi spesifikasi binamarga
4. Asbuton 30% dengan penambahan Pasir Laut 0%, 10%, 20% dan 30% memperoleh nilai MQ 760.82 kg/mm, 577.47 kg/mm, 401.77 kg/mm dan 312.13 kg/mm memenuhi spesifikasi binamarga

Syarat spesifikasi dari Bina marga untuk nilai MQ belum adaa (-).

Tabel 4.31. Rekap Hasil rata-rata komposisi Asbuton dengan Pasir Laut

URAIAN KOMPOSISI ASBUTON + PASIR LAUT	SIFAT CAMPURAN PENGUJIAN LABORATORIUM	ASBUTON	PASIR LAUT	SPESIFIKASI
Rongga Udara (VIM)	3,79	0 %	0 %, 10%, 20%, 30%	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA)	25,22			Min 15 %
Rongga Terisi Aspal (VFB)	84,46			Min 65 %
Stabilitas Marshall	1424,28			Min 800 Kg
Kelelehan Plastis (Flow)	3,02			2.0 - 4.0
Marshall Quotient	487,43			-
Rongga Udara (VIM)	3,43	10 %	0 %, 10%, 20%, 30%	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA)	24,95			Min 15 %
Rongga Terisi Aspal (VFB)	85,87			Min 65 %
Stabilitas Marshall	2356,08			Min 800 Kg
Kelelehan Plastis (Flow)	3,17			2.0 - 4.0
Marshall Quotient	690,52			-
Rongga Udara (VIM)	2,90	20 %	0 %, 10%, 20%, 30%	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA)	24,53			Min 15 %
Rongga Terisi Aspal (VFB)	87,91			Min 65 %
Stabilitas Marshall	1991,21			Min 800 Kg
Kelelehan Plastis (Flow)	3,28			2.0 - 4.0
Marshall Quotient	622,37			-
Rongga Udara (VIM)	2,76	30 %	0 %, 10%, 20%, 30%	3.0 - 5.0 %
Rongga Dalam mineral Agregat (VMA)	24,43			Min 15 %
Rongga Terisi Aspal (VFB)	88,29			Min 65 %
Stabilitas Marshall	1765,42			Min 800 Kg
Kelelehan Plastis (Flow)	3,53			2.0 - 4.0
Marshall Quotient	513,05			-

(Sumber : Hasil Penelitian).

Hasil Komposisi campuran Asbuton pada kadar pasir laut 0%, 10%, 20%, dan 30%, Rongga Udara (VIM) pada kadar 0% dan 10% kondisi sesuai Spesifikasi dan dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil Rongga Udara (VIM) terbesar adalah 3,79 %, 3,43 %. Namun, kadar 20%, dan 30% tidak sesuai Spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil Rongga Udara (VIM) adalah 2,90%, 2,76%. Sedangkan untuk spesifikasi dari Bina marga minimum berada pada angka 3.00% dan maksimum berada pada angka 5.00%.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka untuk *job mix design* pada pengujian marshall mendapatkan nilai VIM dengan kadar Asbuton 0% dan 10% dengan nilai 3,79% dan 3,43% dimana hasil pengujian tersebut memenuhi spesifikasi dari Bina Marga tahun 2018 revisi ke-2 sehingga campuran aspal dapat digunakan untuk kondisi jalan namun untuk kadar Asbuton 20%, dan 30% dengan nilai 2,90% dan 2,76% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dari Bina Marga tahun 2018 revisi ke-2 dengan nilai minimum berada pada angka 3.00 % dan maksimum berada pada angka 5.00%.
2. Berdasarkan hasil pengujian Marshall yang telah dilakukan, subsitusi asbuton dan pasir laut dengan kadar yang ditambah maka terjadi penurunan stabilitas. Nilai stabilitas keseluruhan memenuhi spesifikasi Bina Marga. Nilai VIM (Void in The Mineral Aggregat) dan VMA (Void in The Mineral Aggregat) juga ikut terpengaruhi. Nilai VMA (Void in The Mineral Aggregat) hampir keseluruhan memenuhi spesifikasi kecuali pada kombinasi Asbuton 20% + Pasir laut 30% dan Asbuton 30% + Pasir laut 30%.. Nilai VIM (Void in The Mix) yang memenuhi spesifikasi pada Bina Marga hanya pada benda uji dengan kombinasi kadar Asbuton 0% + Pasir laut 0%, 10% dan 20%, kadar Asbuton 10% + Pasir laut 0%, 10% dan 20%, kadar Asbuton 20% + Pasir laut 0%, dan %, kadar Asbuton 30% + Pasir laut 0%, dan 10%, Nilai Flow, VFB dan MQ (Marshall Quotient) keseluruhan memenuhi spesifikasi. Job Mix Design terbaik terdapat pada terdapat pada komposisi Asbuton 0% + Asbuton 10%.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, semakin ditambah kadar substitusi asbuton dan pasir laut, maka rongga campuran aspal beton semakin kecil sehingga campuran lebih kedap air dan *gap* (ruang kosong) antar agregat juga semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa asbuton dan pasir laut berfungsi mengisi

kekosongan agregat sehingga menjadi pengunci (interlocking) dalam campuran aspal beton. Dengan ini dapat ditarik kesimpulan hasil komposisi asbuton dan pasir laut dapat menjadi bahan substitusi pada aspal modifikasi campuran perkerasan jalan.

5.2. Saran

Dari penelitian ini dapat dikemukakan beberapa saran untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat pada penelitian berikutnya, yaitu:

1. Job Mix formula untuk nilai stabilitas dan rongga udara atau VIM (Void in Mineral) yang baik pada komposisi campuran aspal porus dengan bahan tambah *Asbuton* pada kadar 0% dan 10%
2. Pengujian disesuaikan berdasarkan persyaratan Spesifikasi dari Bina marga 2018
3. Menjaga kondisi ruangan agar tidak ada angin yang dapat mempengaruhi penimbangan material.
4. Pastikan tidak adanya benda uji yang tergores atau terkelupas sehingga dapat mempengaruhi berat pada saat ditimbang.
5. Keterbatasan alat yang digunakan pada saat pengujian permeabilitas sehingga pengujian harus dilakukan secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Gaus, Studi Penggunaan Pasir Pantai Bakau Sebagai Campuran Aspal Beton Jenis Hot Rolled Sheet (HRS), Tugas akhir Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangkaraya. 2013

Aidil Putra, Rika Sylviana, Anita Setyowati Srie Gunarti. Perbandingan Filler Pasir Laut Dengan Abu Batu Pada Campuran Panas Asphalt Trade Binder Untuk Perkerasan Lentur Dengan Lalu Lintas Tinggi, Teknik Sipil Universitas Islam "45" Bekasi, 2015.

Arief Maulana, Komala Erwan, Eti Sulandari. Karakteristik Kekuatan Campuran Beraspal Akibat Air Laut, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura, Pontianak, 2016.

Della Chairunnisyah dan Erika. Optimasi penggunaan filler pasir laut pada campuran asphalt concrete – binder course untuk lalu lintas tinggi, Tugas Akhir, Pendidikan Diploma IV, Jurusan Teknik Sipil Perancangan Jalan dan Jembatan, Politeknik Sriwijaya. Pelembang, 2016.

Ditjen Prasarana Wilayah, Seksi 6.3. Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2003.

Huwae M. Kajian kinerja campuran lapis pondasi jenis lapis tipis Aspal beton lapis pondasi (hrsbase) bergradasi Senjang dengan jenis lapis aspal beton – lapis pondasi (ac-base) bergradasi halus. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, 2015.

Ferdiano Yogi Pradanadan M.Sektiaji K (2023) Analisis Perbandingan Aspal Wearing Coarse (Ac-Wc) Dengan Buton Granular Aspal (Bga) 15/20 Pada Penetrasi 60/70 Menggunakan Fly Ash Terhadap Uji Parameter Aspal. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung,2023.

Juny Andry Sulistyo (2023) Perilaku aspal *Wearing course* Terhadap Pengaruh Rendaman air Pasang (rob) Dengan bahan Tambah *Polyethylene* dan *Fine aggregat slag*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, 2015.

Mayang Sari dan Sina Wasila. Pengaruh Penggunaan Abu Vulkanik Sebagai Filler Terhadap Campuran Aspal Beton Lapis Asphatl Concrete – Wearing Course (Ac-Wc), Program Studi DIV Perancangan Jalan dan Jembatan Politeknik Negeri Sriwijaya, 2015

Ratnasari Ramlan dan Novita Pradhani. Studi Pemanfaatan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Beton Aspal, Mektek Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Tadulako, 2008.

Rizki Cahyadi, Rika Sylviana dan Elma Yulius. Perbandingan Nilai Stabilitas Penggunaan Filler Serbuk Kulit Kerang Dengan Abu Batu Pada Campuran Beton Aspal, Teknik Sipil, Universitas Islam 45 Bekasi, 2015

Rizki Sahfutra Armi1 dan Leo Sentosa. Karakteristik Campuran Beraspal Jenis (Asphalt Concrete Binder Coarse) Ac/Bc Menggunakan Pasir Alam Kampar Dengan Pengujian Marshall Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, 2015.

Simanjuntak E. Studi Pengaruh Penggunaan Variasi Filler Semen, Serbuk Bentonit, Dan Fly ash Batu bara Terhadap Karateristik Campuran Beton Lapis Pondasi Atas (AC-BASE). Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, 2013

UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية