



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH NILAI PENETRASI ASPAL DAN TEMPERATUR PADA
NILAI TAHANAN GELINCIR CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-
WEARING COARSE (AC-WC)* MODIFIKASI**

SKRIPSI

EKY SUPRIADI SINAGA

0806329142

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH NILAI PENETRASI ASPAL DAN TEMPERATUR PADA
NILAI TAHANAN GELINCIR CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-
WEARING COARSE (AC-WC)* MODIFIKASI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

EKY SUPRIADI SINAGA

0806329142

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
KEKHUSUSAN TRANSPORTASI
DEPOK
JULI 2012**









KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa , Yesus Kristus, dan Bunda Maria atas rahmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Saya menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saya memohon maaf apabila terjadi kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Saya mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini :

1. Dr.Ir. Sigit Pranowo Hadiwardoyo, DEA., dan Ir. Alizar,MT selaku pembimbing akademis dan dosen pembimbing atas segala bimbingan, ilmu, dan arahan baik dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak saya Rasden Sinaga, Ibu saya Delina Sitanggang, Spd., dan adik-adik saya Ade Suprianto Sinaga, ST., Indra Marconi Sinaga, Ricky Hariadi Sinaga, Ridel Bets Sinaga yang selalu menjadi sumber inspirasi dan semangat.
3. Dosen-dosen Departemen Teknik Sipil yang memberikan ilmu pengetahuan dan nasehat selama kuliah dan penulisan skripsi ini.
4. Drs. Husnul Fikri, ST, MT selaku dosen pengajar jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung yang memberikan waktu, ilmu dan arahnya selama masa penelitian.
5. Saudara Saptoyo Aji, ST yang membantu dalam pengerjaan skripsi ini.
6. Teman-teman di program studi Teknik Sipil angkatan 2008 atas segala dukungan dan kerja samanya.
7. Teman-teman di paguyuban ABJAD (Alumni Budi Mulia Jakarta Depok), dan teman-teman satu perjuangan di Kontrakan Budi Mulia Kutek.
8. Teman-teman “geropas” yang membantu saya dalam dukungan dan kerjasamanya sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Akhir kata saya mengucapkan sekian dan terimakasih. Semoga hasil karya ini berguna bagi dunia ketekniksipilan terutama di Indonesia.

Depok, 10 Juli 2012

Penulis,

Eky Supriadi Sinaga

086329142





ABSTRAK

Nama : Eky Supriadi Sinaga
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Pengaruh Nilai Penetrasi Aspal dan Temperatur Pada Nilai Tahanan Gelincir Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Coarse* (AC-WC) Modifikasi
Pembimbing : Dr.Ir. Sigit Pranowo Hadiwardoyo, DEA
Ir. Alizar, MT

Permukaan jalan diharapkan dapat memberikan rasa aman, nyaman, dan ekonomis. Kekesatan permukaan jalan (*skid resistance*) memberikan tahanan gesek (*friction*) yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti variasi bentuk profil permukaan dan kondisi ban, tekstur permukaan jalan, kondisi cuaca. Tahanan gesek ini sangat diperlukan untuk meningkatkan kemampuan pengereman, dan friksi arah kesamping, dan juga memberikan gaya gesek menghindari gelincir saat kondisi basah atau kering.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh suhu dan penetrasi aspal untuk mendapatkan tingkat kekesatan permukaan jalan dengan menggunakan campuran aspal beton Pen60/70 dan campuran aspal beton AC-WC Pen 60/70 modifikasi dengan bahan tambah additive BNA. Perubahan suhu yang digunakan adalah pada suhu 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, 55°C. Nilai *skid resistance* diperoleh dengan menggunakan alat British Pendulum Tester.

Penambahan nilai BNA pada campuran aspal beton telah memberikan penurunan nilai penetrasi aspal, yang berdampak pada peningkatan kekesatan permukaan aspal beton. Seiring dengan kenaikan suhu, nilai *skid resistance* akan semakin menurun. Penambahan suhu lingkungan menyebabkan nilai *skid resistance* akan semakin kecil.

Kata kunci: *aspal beton, penetrasi aspal, temperatur, tahanan gelincir.*

ABSTRACT

Name : Eky Supriadi Sinaga
Major : Civil Engineering
Title : Effect of Asphalt Penetration Value and Temperature on Skid Resistance of Asphalt Concrete Wearing-Coarse (AC-WC) Modified
Pembimbing : Dr.Ir. Sigit Pranowo Hadiwardoyo, DEA
Ir. Alizar,MT

The road surface is expected to provide safety, comfort, and economical. Road surface roughness (skid resistance) provide frictional resistance is influenced by factors such as variations in the surface profile shape and condition of tires, road surface texture, weather conditions. Frictional resistance is urgently needed to improve the braking capability, and the friction force laterally, and also avoid sliding friction when wet or dry conditions.

The study was conducted to analyze the effects of temperature and the value of penetration asphalt to obtain skid resistance by using asphalt concrete mixture Pen60/70 AC-WC and asphalt concrete Pen 60/70 modified with added material additive BNA. Changes in temperature, which is at a temperature of 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, 55°C. Skid resistance value is obtained by using a British Pendulum Tester.

The addition of the BNA in asphalt concrete mixture has reduced the value of penetration bitumen, which have an impact on increasing the surface roughness of asphalt concrete. As the temperature rises, the value of skid resistance will decrease. The addition of environmental temperature causes the skid resistance value will be smaller.

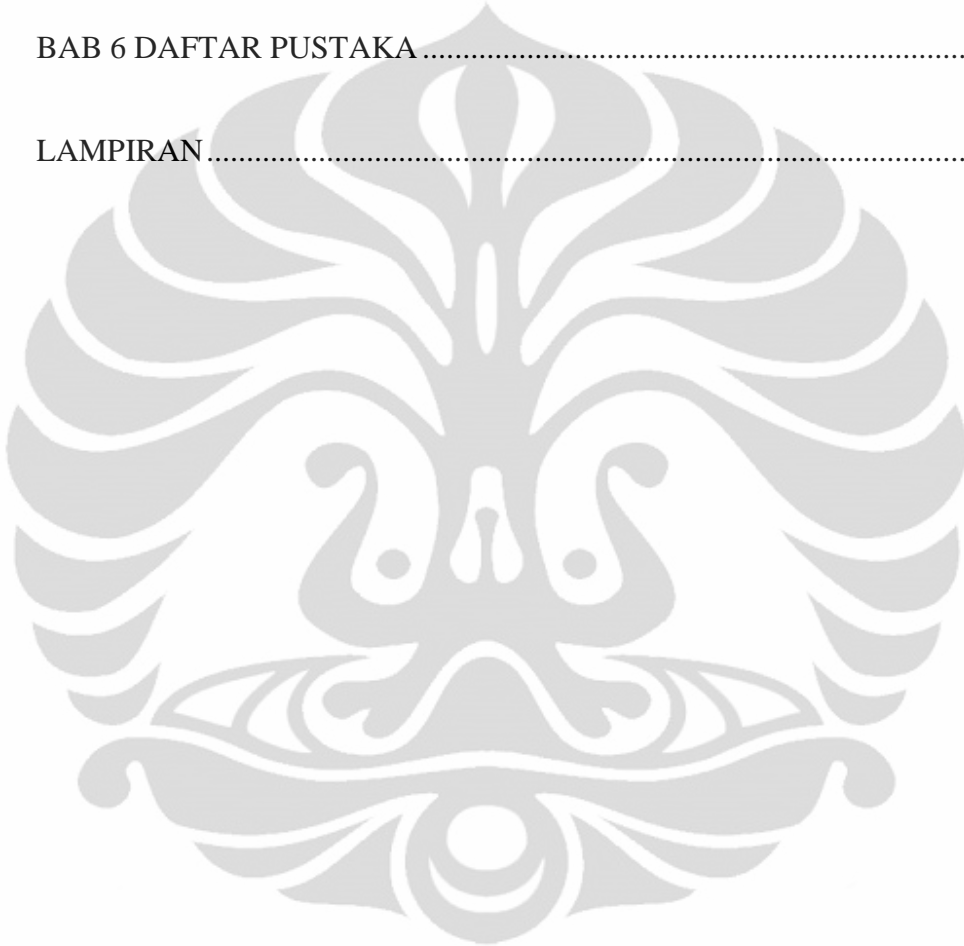
Keywords: asphalt concrete, penetration asphalt, temperature, skid resistance.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	III
STATEMENT OF ORIGINALITY.....	IV
HALAMAN PENGESAHAN.....	V
STATEMENT OF LEGITIMATION.....	VI
KATA PENGANTAR.....	VII
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	VIII
STATEMENT OF AGREEMENT OF FINAL REPORT PUBLICATION FOR ACDEMIC PURPOSES.....	VIIIX
ABSTRAK.....	X
ABSTRACT.....	XII
DAFTAR ISI.....	XIII
DAFTAR GAMBAR.....	XV
DAFTAR TABEL.....	XVII
BAB 1 PENDAHULUAN.....	18
1.1 Latar Belakang.....	18
1.2 TUJUAN PENULISAN.....	3
1.3 RUANG LINGKUP.....	4
1.4 SISTEMATIKA PENULISAN.....	5
BAB 2 STUDI PUSTAKA.....	6
2.1 Indeks Penetrasi Aspal/ Penetration Indeks (PI).....	6
2.2 Agregat, Aspal, dan BNA (<i>Buton Natural Asphalt</i>).....	6

2.2.1	Agregat.....	6
2.2.2	Aspal	13
2.2.3	Aspal Beton (<i>Asphalt Concrete/AC</i>).....	16
2.2.4	BNA (<i>Buton Natural Asphalt</i>).	19
2.2.5	Cara uji kekesatan permukaan perkerasan menggunakan alat <i>British Pendulum Tester (BPT)</i>	21
2.2.6	Pengujian Marshall.....	27
2.2.7	Kekesatan Permukaan.	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		30
3.1	Rencana Kerja	30
3.2	Metode Penelitian	32
3.3	Bahan-Bahan Penelitian.....	33
3.4	Teknik Pengolahan data.....	33
3.5	Tahapan Pelaksanaan Penelitian	34
3.5.1	Tahap Persiapan	34
3.5.2	Pengujian Agregat halus, medium, dan kasar.	34
3.5.3	Pengujian Aspal	47
3.5.4	Pembuatan Benda Uji <i>Skid Resistance</i>	64
3.5.5	Tahap Pengujian <i>Skid Resistance</i>	66
BAB 4 PENYAJIAN DATA DAN ANALISA		70
4.1	Hasil Perhitungan Indeks Penetrasi Aspal Modifikasi.....	70
4.2	Hasil Pengujian Kualitas Material	70
4.2.1	Pemeriksaan Agregat Kasar.....	72
4.2.2	Pemeriksaan Agregat Medium.....	73
4.2.3	Pemeriksaan Agregat Halus.....	73
4.3	Hasil Pengujian Aspal.....	75
4.4	Gradasi Agregat	85

4.5 Menentukan Jumlah Kebutuhan Agregat dan Aspal untuk Benda Uji <i>Skid Resistance</i>	87
4.6 Hasil Pengujian <i>Skid Resistance</i>	89
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	96
BAB 6 DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN.....	98



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Lengkung Fuller.....	22
Gambar 2.2. British Pendulum Tester (BPT)	22
Gambar 2.3. Peralatan pengujian kekesatan permukaan perkerasan	23
Gambar 2.4. Skema alat pendulum dan bidang kontak karet peluncur	23
Gambar 2.5. Karet peluncur dengan keausan tepi maksimum	24
Gambar 3.1 Bagan alir rencana kerja pelaksanaan Tugas Akhir Saptoyo Aj.....	30
Gambar 3.2. Bagan alir rencana kerja pelaksanaan Tugas Akhir.....	30
Gambar 3.3. Barchart penentuan kadar aspal optimum.....	32
Gambar 3.5. Penimbangan agregat didalam air.....	39
Gambar 3.6 Mesin Los Angeles	43
Gambar 3.7. Pengadukan agregat dan aspal	44
Gambar 3.8. Benda didiamkan dalam suhu ruangan	45
Gambar 3.9. Pemeriksaan kelekatan aspal secara visual	45
Gambar 3.10. Pengujian agregat dengan metode tumbukan.....	46
Gambar 3.11. Perencanaan campuran aspal modifikasi	47
Gambar 3.12. Pengadukan aspal minyak Pen 60/70 dengan BNA.....	47
Gambar 3.13. Aspal modifikasi siap untuk diuji.	48
Gambar 3.14. Pengujian Penetrasi.....	51
Gambar 3.15. Pengujian Titik Lembek.....	54
Gambar 3.16. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar	56
Gambar 3.17. Pengujian kelarutan dalam TCE	58
Gambar 3.18. Pengujian daktilitas aspal/aspal modifikasi	60
Gambar 3.19. Pengujian berat jenis bitumen dan ter.	62
Gambar 3.20. Alat uji Viskositas.....	63
Gambar 3.21. Alat pengadukan agregat, aspal, BNA untuk benda uji wheel tracking	64
Gambar 3.20. Alat Pemadatan benda uji wheel tracking.....	65
Gambar 3.22. Benda Uji <i>Wheel Tracking</i>	65
Gambar 3.23. Benda Uji <i>Skid Resistance</i>	66
Gambar 3.24. Persiapan alat untuk pengujian <i>skid resistance</i>	67
Gambar 3.25. Pengaturan angka nol dan menyeimbangkan posisi alat BPT	67
Gambar 3.26. Benda uji dipasangkan kedalam wadah pengujian yang berisi air.....	68
Gambar 3.27. Benda uji didalam wadah dipanaskan dengan <i>heater</i>	68
Gambar 3.28. Suhu permukaan benda uji.....	69

Gambar 3.29. Nilai BPN yang ditunjukkan jarum penunjuk.....	69
Gambar 4.1. Grafik indeks penetrasi untuk masing-masing aspal modifikasi	70
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Antara Waktu dan Temperatur dalam Pengujian Viscosimeter Saybolt Furol.....	75
Gambar 4.3. Hubungan penetrasi dengan aspal modifikasi.....	78
Gambar 4.4. Hubungan penetrasi setelah LOH dengan aspal modifikasi	78
Gambar.4.5. Hubungan titik lembek dengan aspal modifikasi.....	79
Gambar. 4.6. Perubahan tekstur dan bentuk benda uji setelah melewati titik lembek aspal campuran.	80
Gambar 4.7. Hubungan daktilitasdengan aspal modifikasi.	80
Gambar 4.8. Kerusakan benda uji setelah pengujian.....	81
Gambar 4.9. Hubungan kelarutan dalam TCE dengan aspal modifikasi.....	82
Gambar 4.10. Hubungan titik nyala dan titik bakar dengan aspal modifikasi.....	83
Gambar 4.11. Hubungan berat jenis dengan aspal modifikasi.	84
Gambar 4.12. Grafik Hubungan Aspal Modifikasi dengan Kehilangan Berat	85
Gambar 4.13. Grafik gradasi campuran.....	86
Gambar 4.14. Grafik Hubungan Temperatur dengan Nilai BPN pada kadar BNA 20%	93
Gambar 4.15. Grafik Hubungan Temperatur dengan Nilai BPN pada kadar BNA 30%	93
Gambar 4.16. Grafik Hubungan temperatur dengan Nilai BPN pada kadar BNA 35%	94
Gambar 4.17. Grafik Hubungan Temperatur dengan Nilai BPN pada kadar BNA 40%	94
Gambar 4.18. Grafik Hubungan Temperatur dengan Nilai BPN.....	95

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik agregat	8
Tabel 2.2 Gradasi Agregat untuk Campuran Asphalt Concrete (AC)	10
Tabel 2.3. Ketentuan sifat -sifat campuran laston (AC WC).....	18
Tabel 2.4.Ketentuan Sifat -Sifat Campuran Laston Dimodifikasi (AC-Modified).	19
Tabel.2.5. Perbedaan antara BNA dan Asbuton Konvensional	20
Tabel.2.6. Karakteristik BNA blend	20
Tabel 2.7.Karakteristik Aston BNA Blend dengan rasio: 75/25	21
Table 2.8. Koreksi Nilai BPN.....	27
Tabel 2.9. Persyaratan Campuran Lapis Aspal Untuk Lalu Lintas Berat.....	28
Tabel 2.10. Nilai Resistensi Gesek Minimum yang Disarankan (Kondisi Basah)	29
Tabel 2.11. Pengaruh Tekstur Permukaan terhadap Penurunan Kekesatan.....	29
Tabel 3.1 Benda Uji <i>Skid Resistance</i>	33
Tabel 3.2. Berat contoh agregat kering minimum	40
Tabel 3.3. Ukuran cawan untuk pengukuran penetrasi.....	49
Tabel 3.5. Parameter Pengujian Aspal Minyak Pen 60/70	63
Tabel 3.4. Toleransi Pembacaan Pentrasi Aspal.....	51
Tabel 4.1. Indeks Penetrasi aspal modifikasi.....	70
Tabel 4.2. Hasil pengujian kualitas dan karakteristik agregat kasar.....	72
Tabel 4.3. Hasil pengujian kualitas dan karakteristik medium.....	73
Tabel 4.4. Hasil pengujian kualitas dan karakteristik agregat halus.....	73
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Viskositas Aspal Pen. 60/70.....	74
Tabel 4.6. Hasil Pemeriksaan Aspal Minyak Pertamina	76
Tabel 4.7.Hasil Pengujian Aspal Modifikasi	77
Tabel 4.8.Gradasi Agregat	86
Tabel 4.9. Jumlah kebutuhan agregat per gradasi untuk 1 benda uji marhall.....	87
Tabel 4.10. Jumlah kebutuhan agregat per gradasi untuk 1 benda uji <i>skid resistance</i> . 87	
Tabel 4.11. Kebutuhan masing-masing aspal minyak pen 60/70 dan BNA untuk aspal modifikasi	88
Tabel 4.12. Berat masing-masing agregat untuk satu benda uji <i>skid resistance</i>	88
Tabel4.13. Berat aspal minyak, BNA, dan agregat untuk masing-masing benda uji <i>skid resistance</i>	89
Tabel 4.14. HasilPengujian <i>Skid Resistance</i>	90
Tabel4.15. Nilai BPN akhir.	92

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas.

Berdasarkan bahan ikat, lapisan perkerasan permukaan jalan dibagi atas dua kategori :

- a. Lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*)
- b. Lapisan perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Di Indonesia sendiri konstruksi perkerasan jalan masih didominasi perkerasan lentur. Aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Dalam konstruksi jalan, aspal beton sudah lama digunakan dan lebih banyak digunakan. Jenis perkerasan ini merupakan campuran homogen antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu.

Aspal beton sendiri memiliki karakteristik diantaranya:

1. Stabilitas
2. Durabilitas (Keawetan/Daya Tahan)
3. Fleksibilitas (Kelenturan)
4. *Skid Resistance* (Kekesatan)
5. *Fatigue Resistance* (Ketahanan Kelelahan)
6. *Workability* (Kemudahan Pelaksanaan)

Pada perencanaan konstruksi jalan faktor utama yang harus diperhatikan adalah keamanan, selain menganalisa secara geometrik maka faktor keamanan juga dapat ditingkatkan melalui analisa perkerasan. Kekesatan permukaan perkerasan jalan dapat mempengaruhi keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Kekesatan permukaan berhubungan dengan konstruksi pada lapisan permukaan yang direncanakan. Maka dalam tulisan ini dihitung seberapa besar pengaruh dari penetrasi dalam variasi suhu terhadap kekesatan permukaan jalan. Hal ini sangat penting diukur terutama untuk meninjau kekesatan jalan pada saat ditikungan.

Lapisan permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan.

Lapisan permukaan ini berfungsi sebagai:

- a) Lapisan yang langsung menahan beban akibat roda kendaraan
- b) Lapisan yang menahan gesekan akibat rem kendaraan
- c) Lapisan yang mencegah air tidak meresap ke lapisan dibawahnya.

Kekesatan merupakan kondisi tahanan gesek antara permukaan jalan dan ban kendaraan sehingga tidak mengalami selip atau tergelincir baik pada kondisi basah (waktu hujan) ataupun kering. Syarat utama lapis perkerasan jalan adalah aman, nyaman, dan ekonomis (Sukirman, 1992). Kekasaran, kekesatan, kemiringan permukaan dan sifat pemantulan sinar merupakan syarat fungsional permukaan lapisan permukaan.

Tahanan gesek dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti variasi bentuk profil permukaan dan kondisi ban, tekstur permukaan jalan, kondisi cuaca dan kondisi pengemudi. Tahanan gesek ini sangat diperlukan untuk meningkatkan gaya traksi, gaya pengereman, kendali arah dan tahanan gaya kesamping. Kekesatan permukaan ini bergantung pada tekstur permukaan jalan itu sendiri. Kekesatan akan lebih besar pada tekstur yang kasar dibandingkan yang licin.

Deposit Asbuton dalam jumlah besar dapat menjamin pasokan kebutuhan akan aspal. Dari pengujian yang telah dilakukan, didapat hasil campuran beraspal yang ditambah asbuton menghasilkan campuran beraspal yang bermutu baik dengan kecenderungan sebagai berikut:

- a) Stabilitas Marshall campuran beraspal yang lebih tinggi
- b) Stabilitas dinamis campuran beraspal yang lebih tinggi
- c) Meningkatkan umur konstruksi (dari hasil uji *fatigue*)
- d) Lebih tahan terhadap perubahan temperatur
- e) Nilai modulus yang meningkat

Dengan banyaknya persediaan asbuton di Indonesia, selain itu aspal beton dapat juga dimodifikasi dengan BNA (*Buton Natural Asphalt*), dimana kandungan mineral yang relatif lebih rendah.

BNA (*Buton Natural Asphalt*) adalah hasil pemurnian aspal buton yang mempunyai sifat-sifat keunggulan aspal alam. Diantaranya:

- a) Adhesifitasnya tinggi
- b) Stiffness modulus tinggi
- c) Softening point tinggi
- d) Asphalten tinggi

Maka akan dilakukan pemanfaatan BNA dengan menitikberatkan pada pengujian terhadap kekesatan lapis permukaan perkerasan jalan Aspal Beton (LASTON) AC–WC melalui pengujian laboratorium, benda uji Laston menggunakan aspal pertamina pen 60/70 sebagai pengikatnya dan membandingkan nilai kekesatan dari masing-masing percobaan.

Dalam modifikasi aspal minyak dan BNA akan menghasilkan penetrasi yang berbeda, semakin besar kadar BNA dalam campuran maka nilai penetrasi campuran akan semakin menurun, melalui pernyataan diatas maka BNA tepat dimodifikasi dengan aspal minyak Pen 60/70 untuk menguji nilai *skid resistance* terhadap parameter perubahan nilai penetrasi. Hal ini sesuai dengan tujuan penulis yang akan dilanjutkan dengan menganalisa perubahan *skid resistance* tersebut dalam variasi suhu. Alat yang digunakan untuk pemeriksaan kekesatan dalam pengujian ini adalah *Pendulum Tester (BPT) / Skid Resistance Tester*.

1.2 TUJUAN PENULISAN

Tujuan penulisan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisa perubahan karakteristik aspal modifikasi antara aspal minyak pen 60/70 dan BNA (*Buton Natural Asphalt*).
2. Membahas dan menganalisa hasil pengukuran oleh *British Pendulum Tester* pada sampel aspal beton AC – WC terhadap kekesatan permukaan.
3. Menganalisa perubahan nilai kekesatan yang terjadi akibat dilakukannya perubahan nilai penetrasi campuran dengan memodifikasi campuran antara aspal minyak pen 60/70 dan BNA (*Buton Natural Asphalt*).
4. Menganalisa perubahan tingkat kekesatan yang terjadi akibat perubahan suhu atau temperatur pada campuran aspal minyak pen 60/70 dengan BNA (*Buton Natural Asphalt*).

1.3 RUANG LINGKUP

Dalam penulisan ini akan dibatasi masalah untuk mencapai sasaran inti yang dituju antara lain:

1. Agregat kasar, medium, dan halus diambil dari hasil pengolahan batu (*stone crusher*)
2. Bahan aspal yang digunakan adalah Aspal Minyak Penetrasi 60/70 dan BNA (*Buton Natural Asphalt*)
3. Gradasi campuran menggunakan gradasi campuran AC-WC
4. Kadar Aspal Optimum yang digunakan mengacu dari skripsi Saptoyo Aji,ST (Teknik Sipil Universitas Indonesia) dengan nilai 5,9%.
5. Hasil pengujian marshall pada KAO 5,9% untuk campuran modifikasi BNA mengacu dari skripsi Saptoyo Aji,ST (Teknik Sipil Universitas Indonesia) yakni: berat isi 2.303 t/m^3 , VIM= 4.31%, VMA= 17.453%, VFB= 75.31%, stabilitas= 1687.99 kg, kelelehan= 3.87 mm, marshall quotient= 482.2 kg/mm.
6. Variasi jumlah BNA terhadap aspal modifikasi adalah 20%, 30%, 35%, dan 40%.
7. Variasi temperatur suhu yang digunakan dalam analisis dimulai dari 30 °C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, 55° C.
8. Pengujian material agregat dan aspal dilakukan dengan prosedur pengujian mengacu kepada SNI (Standart Nasional Indonesia), yang dilengkapi dengan ASTM (American Society for Testing and Material), AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), dan British Standart (BS).
9. Pengujian tingkat kekesatan permukaan perkerasan (*Skid Resistance*) dilakukan dengan menggunakan alat *British Pendulum Tester (BPT)* sesuai dengan SNI 4427:2008
10. Pengujian dilakukan pada perkerasan jenis LASTON+BNA.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan hasil studi ini terdiri atas enam BAB, yaitu sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, tujuan, ruang lingkup dan sistematika penulisan .

BAB II STUDI PUSTAKA

Membahas tentang studi literatur yang mencakup pengertian umum aspal, BNA (*Buton Natural Asphalt*), agregat, skid resistance.

BAB III METODOLOGI STUDI

Membahas pengambilan dan pengolahan sampel, pengujian propertis material, pengujian karakteristik aspal, perencanaan benda uji, pembuatan benda uji, pengujian benda uji.

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS HASIL PENGUJIAN

Membahas tentang analisis hasil pengujian agregat, hasil pengujian aspal, hasil pengujian aspal modifikasi antar aspal minyak Pen 60/70 dan BNA, hasil uji kekesatan permukaan LASTON + BNA terhadap temperatur.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Membahas tentang kesimpulan dan saran dari hasil studi yang telah dilakukan .

BAB 2 STUDI PUSTAKA

2.1 Indeks Penetrasi Aspal/ Penetration Indeks (PI)

Kepekaan terhadap suhu adalah sensitifitas perubahan sifat viskoelastisitas aspal akibat perubahan suhu dimana sifat ini dinyatakan indeks penetrasi aspal (PI). Nilai penetrasi dapat dinyatakan bersama dengan nilai titik lembek dalam bentuk PI (*Penetration Indeks*). Semakin tinggi nilai titik lembek maka nilai PI akan semakin tinggi pada nilai penetrasi yang sama, dengan tingginya nilai PI dapat memperkecil resiko deformasi.

Persamaan PI dengan nilai penetrasi dan titik lembek adalah sebagai berikut.

$$PI = \frac{20(1 - 25A)}{(1 + 50A)} \quad (2.1)$$

Nilai A diperoleh dari hasil pengukuran penetrasi pada dua jenis suhu pengujian, T_1 dan T_2 dengan persamaan sebagai berikut.

$$A = \frac{\log(\text{pen}T_1) - \log(\text{pen}T_2)}{T_1 - T_2} \quad (2.2)$$

$$A = \frac{\log(\text{penat}25C) - \log 800}{25 - \text{ASTMsofteningpoint}} \quad (2.3)$$

2.2 Agregat, Aspal, dan BNA (*Buton Natural Asphalt*)

2.2.1 Agregat

Agregat mempunyai peranan yang penting dalam perkerasan jalan. Berdasarkan persentase volume agregat menempati 75 -85% dari volume lapis perkerasan atau berdasarkan berat agregat menempati 90 -95% dari berat lapis perkerasan. “ Untuk itu dalam mempelajari lapis perkerasan kita terlebih dahulu harus mengetahui sifat dari agregat penyusunnya. Karena daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga oleh sifat agregat dan hasil campuran dengan material lain”. (Sukirman, Silvia. 2003).

Agregat pada awalnya (ASTM, C58-28 T) diartikan sebagai bahan konstruksi yang keras bila dicampurkan dengan massa konglomer membentuk beton, mastic atau bahan adukan lain. Namun, definisi ini dirasa kurang tepat karena banyak agregat tidak cukup keras, khususnya pada saat dicampur dengan semen (P.C. WOODS . 1948) membuat definisi, agregasi dari pasir, gravel, batu pecah, slag atau material lain dari komposisi mineral, digunakan campuran dengan bahan pengikat untuk membentuk beton aspal dan beton semen atau digunakan secara khusus seperti bahan balas (*Ballast*) jalan rel. Agregat dapat diperoleh secara alamiah ataupun secara masinal seperti batu pecah dengan berbagai ukuran. Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan kondisi lapangan , cara pengambilan contoh dan jumlah pengujian perlu diperhatikan karena tingkat ketelitian sangat tergantung kepada kualitas dan kuantitas pekerjaan.

2.2.1.1 Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah dan mempunyai butiran antara 5 mm sampai 40 mm (RSNI Bangunan Gedung, 2002), dengan kata lain agregat tertahan oleh saringan No.4. Untuk aspal beton, agregat kasar memiliki peranan utama dalam kinerja campuran sebab stabilitas aspal beton tergantung kepada ikatan dan susunan dari agregat. Agregat kasar harus memiliki ketahanan terhadap keausan, terutama apabila digunakan pada campuran untuk lapis permukaan.

2.2.1.2 Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industry pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran sebesar 5 mm (RSNI Bangunan Gedung, 2002), atau agregat yang lolos saringan No.4. Fungsi utama agregat halus adalah untuk stabilitas dan mengurangi permanen deformasi dari campuran dari adanya ikatan dan gesekan antar partikel. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No.8 (2,36 mm). Agregat halus dapat terdiri dari butir-butir batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Agregat halus harus keras, bersih dari kotoran sampah, dan bebas dari gumpalan –gumpalan lempung. Agregat halus digunakan agar dapat mengisi rongga diantara agregat kasar.

2.2.1.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Fungsi dari bahan pengisi untuk meningkatkan kekentalan dari aspal dan untuk menurunkan kepekaan terhadap temperatur dari campuran. Manfaat kedua dari bahan pengisi adalah memiliki penyerapan yang tinggi terhadap aspal. *Filler* dapat berupa abu batu, batu kapur, semen, kapur. Bahan pengisi adalah bahan yang lolos saringan No.30 (0,59 mm) dan paling sedikit 65% lolos saringan NO.200 (0,075 mm).

Karakteristik agregat dan filler dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Karakteristik agregat

No.	Karakteristik	Metode Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi	
					Min.	Maks
I	Agregat Kasar					
1	Berat Jenis Curah	SNI-03-1969-1990	-	-	2,5	-
2	Berat Jenis SSD	SNI-03-1969-1990	-	-	2,5	-
3	Berat Jenis Semu	SNI-03-1969-1990	-	-	2,5	-
4	Penyerapan Air	SNI-03-1969-1990	%	-	-	3
5	Ag. Impact Value	BS-812	%	-	-	30
6	Ag. Crushing Value	BS-812	%	-	-	29
7	Abrasi Los Angeles	SNI-03-2417-1991	%	-	-	40
8	Indeks Kepipihan	SNI-M-25-1991-03	%	-	-	25
9	Indeks Kelonjongan	SNI-M-25-1991-03	%	-	-	25
10	Pelapukan	SNI-06-2456-1991	%	-	-	14
11	Kelekatan Aspal	SNI-03-2439-1991	%	-	95	-
II	Agregat Halus					
1	Berat Jenis Curah	SNI-03-1969-1990	-	-	2,5	-
2	Berat Jenis SSD	SNI-03-1969-1990	-	-	2,5	-
3	Berat Jenis Semu	SNI-03-1969-1990	-	-	2,5	-
4	Penyerapan Air	SNI-03-1969-1990	%	-	-	3
III	Filler					
1	Berat Jenis Curah	SNI-15-2531-1991	-	-	2,5	-

2.2.1.4 Sifat Agregat

Agregat yang akan dipakai pada perkerasan harus memperhatikan sifat-sifat agregat yaitu:

1. Gradasi

Gradasi adalah distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses penggunaan di lapangan.

Gradasi agregat dibedakan atas:

a. Agregat Bergradasi Menerus (*well graded*)

Sering juga disebut agregat gradasi rapat (*dense graded*) karena campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang. Agregat ini akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas yang tinggi. Campuran agregat dengan gradasi ini digunakan untuk campuran *Asphalt Concrete (AC)*.

b. Agregat Bergradasi Senjang (*gap graded*)

Biasa disebut bergradasi buruk, dimana campuran agregat dengan satu fraksi sedikit. Agregat dengan gradasi ini akan menjadikan perkerasan stabilitas campuran sedang dan *skid resistance* lebih rendah.

c. Agregat bergradasi seragam.

Agregat ini akan menghasilkan dengan lapisan permukaan yang sifat permeabilitasnya tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil. Agregat gradasi ini digunakan untuk agregat pokok pada lapis penetrasi Makadam.

d. Agregat bergradasi Terbuka

Agregat yang digunakan memiliki ukuran yang sama dan agregat halus yang digunakan sedikit sehingga tidak mengisi rongga antar agregat. Sifat stabilitas yang dihasilkan relative rendah dan *skid resistance* yang tinggi.

Tabel 2.2 Gradasi Agregat untuk Campuran Asphalt Concrete (AC)

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos		
ASTM	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC-Base
1 ½"	37,5			100
1"	25		100	90-100
¾"	19	100	90-100	Maks. 90
½"	12,5	90-100	Maks. 90	
3/8"	9,5	Maks. 90		
No. 4	4,75			
No. 8	2,36	28-58	23-49	19-45
No. 16	1,18			
No. 30	0,6			
No. 200	0,075	4-10	4-8	3-7
Daerah Larangan				
No. 4	4,75	-	-	39,5
No. 8	2,36	39,1	34,6	26,8-30,8
No. 16	1,18	25,6-31,6	22,3-28,3	18,1-24,1
No. 30	0,6	19,2-23,1	16,7-20,7	13,6-17,6
No. 50	0,3	15,5	13,7	11,4

Sumber: Pustran Balitbang PU,2004

2. Kebersihan

Agregat yang mengandung bahan lain harus dihilangkan sebelum digunakan dalam campuran karena dapat merusak dan mengurangi daya ikat antar agregat, misalnya bahan organik, tumbu-tumbuhan, lumpur.

3. Kekuatan dan Kekerasan

Kekuatan untuk mengetahui kekuatan agregat dari bahan kimiawi dan mekanis. Agregat-agregat yang direncanakan dalam campuran harus memiliki ketahanan terhadap pemecahan dan penghancuran.

4. Bentuk permukaan

Bentuk permukaan akan mempengaruhi daya ikat antar agregat dalam campuran, dan akan berpengaruh pada rongga yang akan terbentuk. Agregat dengan bentuk permukaan kubus dan bersudut tajam saling mengunci pada agregat yang lebih besar sehingga agregat bentuk ini paling baik digunakan untuk konstruksi jalan.

5. Porositas

Porositas berpengaruh besar terhadap nilai ekonomis suatu campuran perkerasan. Bila porositas agregat semakin besar maka aspal yang dibutuhkan semakin banyak. Karena kemampuan absorpsi batuan terhadap aspal semakin tinggi.

6. Tekstur permukaan

Tekstur permukaan agregat sangat berpengaruh pada gesekan yang akan terjadi, jika tekstur agregat semakin kasar maka akan memberikan gaya gesek yang lebih besar, dan juga memberikan adhesi lebih baik antar aspal dan batuan, sebaliknya jika tekstur semakin besar umumnya stabilas dan durabilitas campuran semakin tinggi.

7. Kelekatan terhadap aspal

Daya lekat terhadap aspal dipengaruhi oleh sifat agregat terhadap air. Agregat ada yang cenderung menyerap air misalnya silika yang memiliki sifat *hydrophilic*. Agregat seperti ini tidak baik digunakan untuk campuran aspal karena mudah terjadi lepasnya ikatan agregat dengan minyak karena pengaruh air.

8. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Berat jenis agregat sangat penting dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal dan juga untuk menentukan banyaknya pori-pori.

Ada tiga macam berat jenis agregat yang dapat ditentukan berdasarkan AASHTO yaitu:

1. Berat jenis (*bulk specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
2. Berat kering permukaan jenuh yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

2.2.1.5 Lengkung Fuller

Metode ini digunakan untuk mengetahui apakah gradasi dari agregat baik atau buruk. Dari rumus ini kita memplot hasil ke grafik lengkung fuller. Gradasi yang baik menurut lengkung ini adalah bila nilai gradasi terletak diatas lengkung fuller, namun bila tidak mencapai nilai tersebut maka digunakan gradasi yang memotong lengkung fuller satu kali pada fraksi medium antara ukuran 4.47 mm sampai 2.36 mm.

Rumus gradasi tablot/ Fuller

$$Y=100\left(\frac{d}{D}\right)^n \% \quad (2.4)$$

Dimana

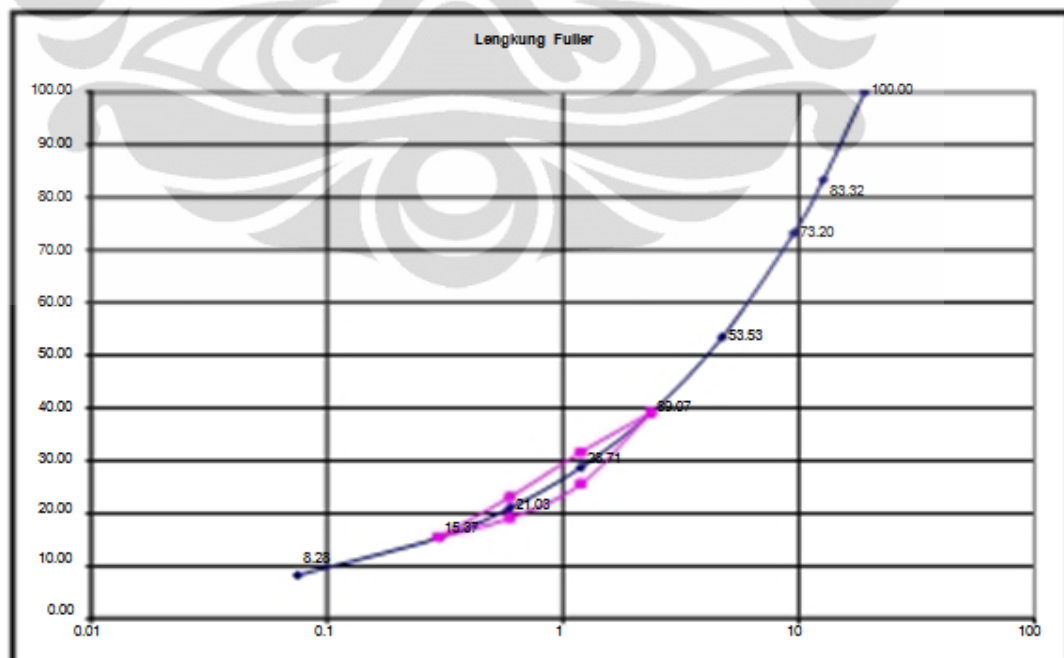
Y= prosentase berat butiran yang lolos suatu lubang berukuran d

d = ukuran lubang saringan yang ditinjau

d_0 = ukuran terkecil butir batuan yang dipergunakan (untuk rumus Tablot/Fuller diambil $d_0 = 0$)

D= ukuran terbesar dari butir batuan yang dipergunakan

n = suatu parameter yang nilainya mempunyai batas toleransi anatar $1/3$ dan $1/2$.



Gambar 2.1. Lengkung Fuller

2.2.2 Aspal

Aspal merupakan agen pengikat "*Binding Agent*" yang dihasilkan dari minyak bumi. Aspal banyak digunakan untuk pembuatan jalan. Seperti yang kita ketahui agregat penyusun jalan terpisah satu sama lain, oleh karena itu diperlukan senyawa pengikat agar menjadi kokoh dan padu. Aspal didefinisikan sebagai suatu cairan yang lekat atau berbentuk padat terdiri dari *hydrocarbon* atau turunannya, terlarut dalam *trichloro-ethylene* dan bersifat tidak mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. Aspal berwarna coklat tua sampai hitam dengan bitumen sebagai kandungan utama diperoleh secara alamiah maupun dari hasil penyulingan minyak bumi (Krebs and Walker, 1971).

2.2.2.1 Karakteristik Aspal

Berdasarkan pencampurnya *Liquid Asphalt* dibagi 2, yaitu: *Emulsified Asphalt* dan *Cutback Asphalt*.

1. *Emulsified Asphalt*

Emulsified Asphalt adalah aspal yang dicampur dengan air, dengan maksud agar ketika digunakan, aspal dapat langsung digunakan tanpa perlu dipanaskan. Aspal merupakan senyawa dari minyak bumi, sementara itu minyak dan air tidak akan bersatu jika disatukan, oleh karena itu perlu ditambahkan suatu emulsifier yang menyatukan keduanya. Oleh karena itu, jenis aspal ini lebih sering disebut sebagai *emulsified asphalt* (aspal yang diberi emulsi).

2. *Cutback Asphalt*

Cutback Asphalt adalah aspal yang dicampur dengan senyawa hidrokarbon lainnya. *Cutback Asphalt* dibagi menjadi tiga, yaitu : *rapid curing* (aspal campur gasoline), merupakan aspal yang cepat mengeras sehingga memudahkan dalam pengerjannya; *medium curing* (aspal campur kerosin) kecepatan pengerasannya sedang ; dan *slow curing* (aspal campur solar) kecepatan pengeringannya lebih lambat dari aspal campuran yang lainnya tapi tetap lebih cepat dibandingkan aspal biasa.

2.2.2.2 Parameter Uji Asphalt

a. *Penetration*

Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan konsistensi kekerasan aspal keras. Pemeriksaan dilakukan dengan mengukur jarak tembus jarum standar tegak lurus kedalam contoh aspal dibawah kondisi temperatur, waktu dan pembebanan tertentu.

Konsistensi aspal dinyatakan sebagai jarak dalam sepersepuluh millimeter dimana digunakan jarum standar secara vertical dipenetrasikan ke dalam sampel dengan kondisi, waktu dan temperature yang diketahui. Kondisi paling umum yang digunakan adalah 100 gram dipenetrasikan selama 5 detik pada suhu 25⁰C (Nilai penetrasi yang tinggi menyatakan tingkat konsistensi sampel aspal).

b. *Specific Gravity Test*

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat jenis bitumen dengan piknometer. Berat jenis bitumen adalah perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

c. *Ductility test*

Tujuan percobaan adalah untuk mengetahui jarak terpanjang (elastisitas) aspal yang ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

d. *Viscosity Test.*

Berdasarkan ASTM D244, test ini bertujuan untuk menentukan kekentalan aspal menggunakan alat *Saybolt Viscosimeter*. Test dilakukan pada suhu 25⁰ C atau 50⁰ C dengan syarat pada suhu 25⁰ C viscosity bernilai 20-100 detik dan pada suhu 50⁰ C viscosity bernilai 75-400 detik.

e. *Flash point test.*

Tujuan pemeriksaan adalah untuk mengetahui temperatur dimana aspal dapat dipanaskan dengan aman yaitu tanpa adanya bahaya peletupan atau kebakaran yang tiba-tiba adanya nyala api terbuka. Apabila aspal dipanaskan sampai melebihi titik bakarnya, maka aspal akan mudah terbakar sehingga dianjurkan tidak memanaskan aspal diatas titik nyala. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik dari semua jenis hasil minyak baker dan

bahan lainnya yang mempunyai titik nyala *Open Cup* kurang dari 79° C. Yang dimaksud dengan titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal. Sedangkan yang dimaksudkan sebagai titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal.

f. Softening point test.

Softening Point adalah suhu yang dibutuhkan aspal untuk meleleh, maksudnya pada suhu tertentu aspal dapat berubah dari solid menjadi liquid. Terdapat hubungan antara *Softening Point* dengan *Flash Point*, yaitu pada saat pembuatan jalan suhu aspal harus berada diantara *Softening Point* dan *Flash Point* karena pada pembuatan jalan dibutuhkan aspal dalam bentuk liquid.

g. Oxidation.

Aspal yang telah teroksidasi oleh matahari dapat dilihat dari kondisi fisiknya, yaitu aspal yang berubah warna menjadi keputih-putihan. Jika aspal telah teroksidasi maka aspal tersebut mudah retak, yang dapat dilakukan untuk menangani hal tersebut adalah dengan melapisi aspal yang telah berubah warna tersebut.

Ada dua macam aspal yang digunakan dalam perkerasan jalan yaitu *hot-mix asphalt* dan *cold-mix asphalt*.

1. *Hot-mix asphalt*

Hot-mix asphalt biasa digunakan untuk perkerasan pada jalan-jalan dengan kepadatan tinggi. *Hot-mix asphalt* ini dibuat dengan memanaskan campuran aspal semen dan agregat (kerikil dan pasir) pada suhu 85-150 °C. Proses pemanasan aspal semen sebelum pencampuran inilah yang kemudian dikenal dengan istilah '*hot-mix*'.

2. *Cold-mix asphalt*

Cold-mix asphalt biasa digunakan untuk perkerasan pada jalan-jalan sekunder, yang kepadatannya tidak terlalu tinggi. *Cold-mix asphalt* juga digunakan dalam proses pemeliharaan jalan.

2.2.3 Aspal Beton (*Asphalt Concrete/AC*)

Aspal Beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari pencampuran antara agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Aspal beton (*Asphalt Concrete*) merupakan salah satu jenis perkerasan lentur yang umum digunakan di Indonesia.

Karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton (Sukirman, 2007) antara lain:

a. Stabilitas

Stabilitas perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur maupun *bleeding*. Parameter dari stabilitas adalah nilai stabilitas campuran, nilai kelelahan (*flow*) yang diperoleh dari pengujian Marshall kepadatan campuran.

b. Durabilitas (keawetan/daya tahan)

Durabilitas atau keawetan dari suatu perkerasan lentur merupakan kemampuan untuk menahan keausan akibat pengaruh suhu, cuaca, air ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Parameter durabilitas adalah VIM (*Void In Mix*) dan VMA (*Void In Mineral Aggregate*)

c. Fleksibilitas (kelenturan)

Fleksibilitas adalah kemampuan dari suatu perkerasan lentur untuk mengikuti deformasi yang berulang akibat beban lalu lintas tanpa terjadi keretakan. Parameter fleksibilitas adalah MQ (*Marshall Quotient*) yang merupakan hasil perbandingan antara stabilitas dan flow.

d. Tahanan Geser /kekesatan (*skid resistance*)

Tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal memberikan gaya gesek pada roda kendaraan untuk menghindari terjadinya slip atau tergelincir, baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering.

e. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan lapis aspal beton menerima beban berulang tanpa terjadi kelelahan berupa retak dan alur (*ruting*). Karakteristik ini dipengaruhi oleh VIM, VMA dan VFB (*Void Filled with Bitument*).

f. Kedap air (impermeabilitas)

Kedap air atau impermeabilitas adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal.

g. Kemudahan pelaksanaan (*workability*)

Kemudahan dalam pelaksanaan adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. Karakteristik ini dipengaruhi oleh gradasi agregat dan kandungan bahan pengisi.

Berdasarkan fungsinya aspal beton (*Asphalt Concrete/AC*) dapat dibedakan atas :

a. *Asphalt Concrete - Wearing Course (AC - WC)*

AC - WC merupakan lapis permukaan yang langsung berhubungan dengan beban kendaraan yang lewat di atasnya. Sehingga lapisan ini harus mampu mendukung dan menyebarkan beban yang diterima ke lapisan dibawahnya. Selain itu lapisan ini harus kedap air agar dapat melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.

Lapis Aus (*Wearing Course*) memiliki sifat:

1. Sebagai lapisan aus, yaitu lapisan yang semakin lama semakin tipis karena langsung bersentuhan dengan roda-roda kendaraan lalu lintas, dan dapat diganti lagi dengan yang baru.
2. Menyediakan permukaan jalan yang aman dan kesat (anti selip).
3. Tebal minimum AC-WC adalah 5cm

b. *Asphalt Concrete - Binder Course (AC - BC)*

1. Menerima beban langsung dari lalu lintas dan menyebarkannya untuk mengurangi tegangan pada lapisan bawah jalan.
2. Menyediakan permukaan jalan yang baik dan rata sehingga nyaman dilalui.
3. Tebal minimumnya adalah 5cm.

c. *Asphalt Concrete - Base Course (AC - BC)*

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah, yang berfungsi :

1. Lapis pendukung bagi lapis permukaan
2. Pemikul beban horizontal dan vertikal
3. Lapis perkerasan bagi lapis pondasi bawah
4. Tebal minimumnya adalah 6cm

Tabel 2.3. Ketentuan sifat -sifat campuran laston (AC WC)

Sifat-sifat campuran		Laston AC-WC
Penyerapan aspal (%)	Max	1.2
Jumlah tumbukan per bidang		7.5
Rongga dalam campuran(%)	Min	3.5
	Max	5.5
Rongga diantara agregat (VMA),%	Min	15
Rongga terisi aspal, %	Min	65
Stabilitas Marshall, %	Min	800
	Max	-
Pelelehan	Min	3
	Max	-
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 C	Min	75
Rongga dalam campuran(%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2.5

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum 2008

Tabel 2.4. Ketentuan Sifat -Sifat Campuran Laston Dimodifikasi (AC-Modified).

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Jumlah tumbukan per bidang		75	75	112
Rongga dalam campuran (%)	Min	3.5		
	Max	5.5		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min	1000		1800
	Max	-		-
Pelelehan (mm)	Min	3		5
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	300		350
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman 24 jam, 60 C	Min	75		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepeadatan membal (<i>refusal</i>)	Min	2.5		

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2008

2.2.4 BNA (*Buton Natural Asphalt*).

BNA adalah salah satu produk pemanfaatan dari asbuton yang dilakukan melalui pemurnian. BNA digunakan untuk memperbaiki kinerja campuran beton aspal. BNA memiliki nilai penetrasi jika dicampurkan dengan aspal minyak yang akan mencapai karakteristik tertentu. BNA yang didistribusikan kekonsumen dikemas dengan bentuk BNA Blend

BNA (*Buton Natural Asphalt*) adalah hasil pemurnian aspal buton yang mempunyai sifat-sifat keunggulan aspal alam. Diantaranya:

1. Adhesifitasnya tinggi
2. *Stiffness* modulus tinggi
3. *Softening point* tinggi
4. *Asphalten* tinggi

Tabel.2.5. Perbedaan antara BNA dan Asbuton Konvensional

Properties	Asbuton Konvensional	BNA
Bitumen,%	18-20	55-60
Mineral, %	80-82	40-45
Mobilisasi Bitumen	80%	100%
Rasio substitusi terhadap dosis campuran	<16%	60%
Workability campuran		Bagus
Dosis penggunaan resources Asbuton	Lebih kecil	Lebih besar

Sumber : PT. Aston Adhi Jaya

Tabel.2.6. Karakteristik BNA blend

Bitumen 60/70	100%	90%	80%	70%	60%	50%	0%
BNA	0%	10%	20%	30%	40%	50%	100%
Penetration	66	60	55	45	30	15	3
Soft. Point (R & B)	48	50	54	57	62	67	102
Spec. Gravity @250 C	1,03	1,07	1,1	1,14	1,18	1,22	1,41
Filler Content, %	<1	3,6	7,3	10,9	14,6	18,2	36,5

Sumber BNA. PT. Aston Adhi Jaya

BNA *Blend* adalah modifikasi campuran aspal minyak dan BNA dengan komposisi tertentu. BNA blend didistribusikan dalam bentuk padat dan curah. BNA blend curah disimpan ditangki penyimpanan yang mempunyai pengaduk dan sirkulasi yang dilengkapi dengan pemanas dan BNA *Blend* padat disimpan dalam gudang pada posisi suhu kamar.

Tabel 2.7. Karakteristik Aston BNA Blend dengan rasio: 75/25

Parameter	Aspal Minyak (pen 60/70)	BNA	BNA Blend [75/25]	Spec. Binamarga [aspal alam modifikasi]
Penetrasi @25 dlm mm	66	3	51	40-55
Titik Lembek 0C	48	95	55,8	Min 55
Daktilitas cm	140	1	62	Min 50
Kelarutan TCE, % - W	99,9	58.1	90,3	Min 90
Titik Nyala		250	300	Min 225
Berat Jenis	1.03	1,496	1,109	Min 1
Kehilangan Berat, %		0,072	0,006	Max 2
Pen Setelah LOH, %		52.7	84	Min 55
Datilitas setelah LOH		0.5	57	Min 50

Sumber BNA. PT. Aston Adhi Jaya

2.2.5 Cara uji kekesatan permukaan perkerasan menggunakan alat *British Pendulum Tester (BPT)*.

Alat uji pendulum British (*British Pendulum Tester, BPT*) adalah alat untuk mengukur nilai kekesatan permukaan perkerasan, dilengkapi dengan suatu ayunan atau pendulum atau bandul pada kedudukan tertentu. Cara uji ini terdiri atas alat penguji jenis pendulum yang dipasang karet peluncur standar untuk menentukan sifat-sifat hambatan atau gesekan atau kekesatan permukaan perkerasan yang diuji. Sebelum pengujian, permukaan yang diuji dibersihkan dan dibasahi dengan air secukupnya. Pendulum dipasang karet peluncur pada posisi menyentuh bidang kontak permukaan perkerasan yang akan diuji.

Batang pendulum diangkat dan diletakkan pada posisi terkunci. Batang pendulum dilepaskan dan biarkan karet peluncur menggesek atau menyinggung permukaan yang diuji, dan segera tangkap kembali pada saat bandul kembali berayun ke arah sebaliknya. Jarum indikator menunjuk angka berskala yang tertera pada piringan skala ukur dengan satuan BPN. Makin kesat permukaan yang diuji makin besar pembacaan BPN. Setiap pengujian dilakukan empat kali bila menggunakan karet alam (karet British), atau lima kali bila menggunakan karet sintetis (AASHTO M 261).

2.2.5.1 ALAT

a) *British Pendulum Tester*

Peralatan harus dalam kondisi sebagai berikut:

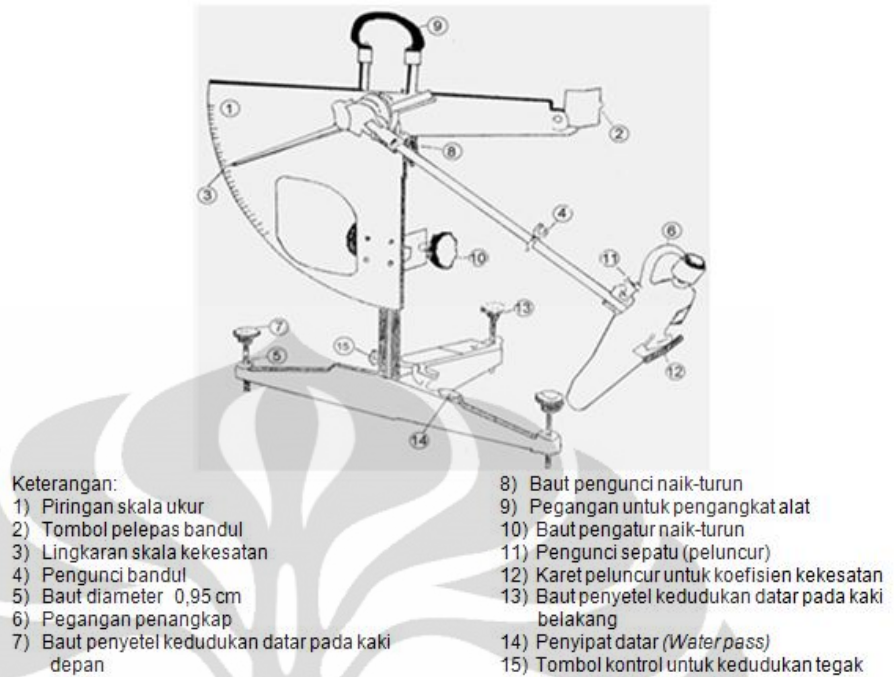
- a) peralatan pendulum, peluncur dan pengaitnya, mempunyai berat (1500 ± 30) g
- b) jarak titik pusat pendulum dari pusat oskilasi (*oscillation*) adalah (411 ± 5) mm



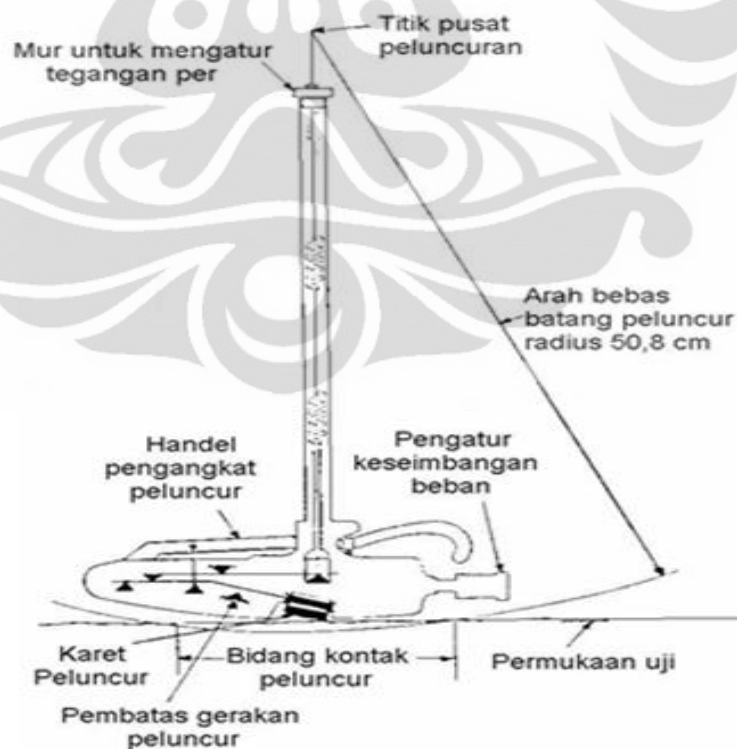
Gambar 2.2. British Pendulum Tester (BPT)

c) alat uji disetel dan kedudukan kontak karet peluncurnya harus sepanjang 124 mm sampai 127 mm untuk pengujian pada permukaan yang rata, dan sepanjang 75 mm sampai 78 mm untuk pengujian pemolesan pada benda uji berbentuk lengkung;

d) berat per dan pengatur kontak peluncur pada Gambar 2.3 atau berat dalam keadaan normal rata-rata (2.500 ± 100) g, serta menyentuh karet peluncur selebar 76 mm.



Gambar 2.3. Peralatan pengujian kekesatan permukaan perkerasan



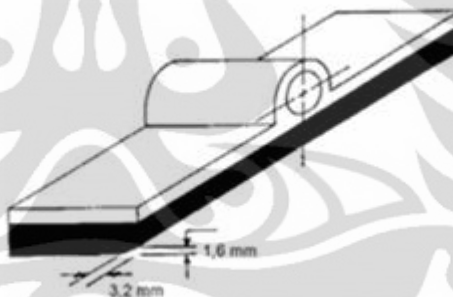
Gambar 2.4. Skema alat pendulum dan bidang kontak karet peluncur

b) Peluncur

Peluncur terdiri atas lempengan pelat karet ukuran 6 mm x 5 mm x 76 mm yang direkatkan di bagian telapak bandul untuk pengujian pada permukaan datar, atau pelat karet ukuran 6 mm x 25 mm x 32 mm untuk pengujian pemolesan. Karet peluncur terbuat dari karet alam (British) sesuai dengan persyaratan dari Road Research Laboratory (RRL) - British, atau karet sintetis yang sesuai dengan persyaratan dalam AASHTO M 261.

a) Peluncur baru harus dikondisikan sebelum digunakan, yaitu dengan dengan mengayunkan batang bandul 10 kali di atas lembaran ampelas dengan ukuran No. 60 (*silicon carbide cloth* No. 60 atau sejenisnya) tahan air, dalam kondisi kering. Ayunan harus dikondisikan dengan alat uji yang diatur

b) Keausan pada tepi karet peluncur tidak boleh lebih dari pada 3,2 mm pada kedudukan mendatar atau 1,6 mm pada arah vertical.



Gambar 2.5. Karet peluncur dengan keausan tepi maksimum

c) Peralatan tambahan

1. Mistar pengukur panjang terdiri atas mistar tipis berskala untuk mengukur panjang bidang kontak yang akan diuji, dengan jarak antara 124 mm dan 127 mm untuk permukaan uji datar, atau antara 75 mm dan 78 mm untuk benda uji lengkung, sesuai dengan persyaratan dalam pengujian.
2. Termometer permukaan, dengan kapasitas 1° C sampai dengan 60° C.
3. Peralatan lainnya antara lain tempat air, termometer permukaan, dan kuas.

2.2.5.2 Benda Uji *Skid Resistance*

Bentuk benda uji :

1. Di Lapangan

Benda uji berupa permukaan perkerasan yang akan diuji di lapangan harus bebas dari butiran-butiran lepas dan disiram dengan air bersih. Peralatan untuk benda uji yang posisinya tidak mendatar atau tanjakan/turunan dapat disiapkan sehingga mendatar dengan mengatur sekrup sehingga kepala bandul menyesuaikan kedudukannya dengan beban di atas permukaan.

2. Di Laboratorium

Panel uji harus bersih dan bebas dari butiran-butiran lepas serta cukup kokoh sehingga tidak bergerak akibat beban bandul yang diayunkan.

a) Contoh uji laboratorium harus mempunyai bidang permukaan uji paling sedikit berukuran 89 mm x 152 mm.

b) Benda uji untuk pemolesan harus mempunyai bidang permukaan uji paling sedikit berukuran 45 mm x 90 mm, berbentuk 1 engkung dengan diameter 406 mm.

2.2.5.3 Prosedur Pengujian (SNI 4427:2008)

a. Persiapan Alat

Posisi mendatar: meletakkan alat uji perlahan di atas lokasi titik yang akan diuji dengan cara mengatur posisi mendatar alat uji secara tepat atau memutar baut pengatur mendatar (gambar 2.4, keterangan No.7 dan No.13) sampai posisi gelembung air pada alat ukur penyipat datar berada ditengah-tengah.

b. Pengaturan Angka Nol

1. Menetapkan batang pendulum pada posisi belum diturunkan. Menurunkan batang pendulum secara hati-hati dengan mengendorkan pengunci naik turun (no.8) yang ada dibelakang titik pendulum, dan memutar baut pengatur naik turun (no.10) sehingga bila bandul yang diayunkan dapat meluncur bebas pada permukaan yang akan diuji

2. Membiarkan peluncur karet menggantung bebas pada permukaan yang diuji. Mengencangkan tombol pengunci (no.8). Menempatkan batang pendulum pada posisi terkunci dan siap untuk diluncurkan
 3. Menekan tombol pelepas bandul (no.2) sehingga batang pendulum terayun bebas dan segera menangkap kembali saat berayun berbalik ke arah yang berlawanan. Mencatat angka yang tertera pada skala ukur (no.1) yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk
 4. Jika pembacaan belum menunjukkan angka nol, maka tombol pengunci naik-turun (no.8) dikendorkan dan menstel pengatur naik-turun (no.10) ke atas atau ke bawah.
- c. Pengukuran panjang bidang kontak
1. Mengangkat handel alat dan menggerakkan batang pendulum ke kanan, menurunkan bandul peluncur dan menggerakkan batang pendulum pelan-pelan ke kiri sehingga karet peluncur menyentuh permukaan benda uji.
 2. Menempatkan mistar pengukur panjang bidang kontak disebelah karet peluncur sejajar arah gerak bandul pendulum untuk memeriksa panjang bidang kontak. Mengangkat karet peluncur dengan mengangkat handel alat dan menggerakkan ke kiri kemudian menurunkan pelan-pelan peluncur berhenti pada permukaan benda uji.
 3. Jika panjang kontak belum mencapai 124mm dan 127 mm untuk pengujian permukaan yang datar, atau 75mm dan 78mm untuk uji lengkung, mengatur baut pengatur datar bagian depan (no.7). Jika kedudukan alat bergeser maka mengulangi tahap dari awal
 4. Lalu mengangkat batang pendulum pada posisi siap diluncurkan, memutar jarum petunjuk pada posisi menyentuh sekrup pembatas batang pendulum, dan alat siap untuk digunakan.
 5. Sebelum pengujian, permukaan yang diuji dibersihkan dan dibasahi dengan air secukupnya. Pendulum dipasang karet peluncur pada posisi menyentuh bidang kontak permukaan perkerasan yang akan diuji.
 6. Batang pendulum diangkat dan diletakkan pada posisi terkunci. Batang pendulum dilepaskan dan biarkan karet peluncur menggesek atau

menyinggung permukaan yang diuji, dan segera tangkap kembali pada saat bandul kembali berayun ke arah sebaliknya.

7. Jarum indikator menunjuk angka berskala yang tertera pada piringanskala ukur dengan satuan BPN. Makin kesat permukaan yang diuji makin besar pembacaan BPN.
8. Setiap pengujian dilakukan empat kali bila menggunakan karet alam (karet British), atau lima kali bila menggunakan karet sintetis (AASHTOM 261).

2.2.5.4 Pelaporan Hasil Pengujian *Skid Resistance*.

Hal-hal yang perlu di catat dan dilaporkan :

- a) Nilai BPN atau nilai pemolesan dan rata-ratanya yang belum dikoreksi dan telah dikoreksi terhadap variasi temperatur untuk setiap pengujian permukaan uji
- b) Temperatur permukaan uji
- c) Jenis, umur, kondisi, tekstur, dan lokasi permukaan yang diuji
- d) Jenis dan sumber agregat untuk pengujian nilai pemolesan
- e) Jenis dan umur karet peluncur

Table 2.8. Koreksi Nilai BPN

Temperatur	Koreksi
<27	0
27-32	1
32-37	2
>37	3

2.2.6 Pengujian Marshall

Perencanaan campuran aspal beton yang digunakan adalah berdasarkan metode Marshall, dengan metode ini dapat ditentukan jumlah pemakaian aspal yang tepat sehingga dapat menghasilkan komposisi campuran yang baik antara agregat dan aspal sesuai persyaratan teknis perkerasan jalan yang ditentukan. Dalam perhitungan perencanaan campuran aspal beton terlebih dahulu ditentukan prosentase bahan pengikat (aspal) berdasarkan prakiraan, yaitu dengan cara

mencoba mencampur agregat dengan kadaraspal yang berbeda-beda. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, mendapatkan ketahanan (stabilitas) dan kelelahan plastis (*flow*) dari campuran beraspal. Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran beraspal untuk menerima beban sampai terjadi keruntuhan sedangkan kelelahan plastis adalah perubahan bentuk suatu campuran beraspal yang terjadi akibat suatu pembebanan sampai batas runtuh. Dari hasil pengamatan tersebut kemudian dibuat grafik hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas, kelelahan/*flow*, persen VIM, persen VFB dan Berat isi. Dari persyaratan campuran akan diperoleh kadar aspal optimum.

Tabel 2.9. Persyaratan Campuran Lapis Aspal Untuk Lalu Lintas Berat

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Persyaratan
Stabilitas	Kg	Min 500
Flow	mm	2 - 4
Density	Gg/cm ³	>2
VIM	%	3 - 5
VFB	%	>75

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Laston (13/PT/B/1987), Dept. PU

2.2.7 Kekesatan Permukaan.

Permukaan memiliki kekesatan cukup bila tahanan gesek antara ban dan permukaan jalan tersedia cukup dan permukaan tidak licin sehingga pada kondisi kering atau basah tidak mengakibatkan ban yang halus mudah selip. Permukaan perkerasan yang basah lebih berbahaya bagi kendaraan dengan permukaan ban halus daripada kondisi permukaan kering.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekesatan permukaan:

- 1) Kondisi lingkungan meliputi suhu permukaan dan kontaminasi permukaan,
- 2) Karakteristik dari material,
- 3) Volume lalu-lintas dan umur perkerasan,
- 4) Geometri Jalan,
- 5) Kondisi musim.

Nilai tahanan gesek minimum yang disarankan (kondisi basah) diperlihatkan pada tabel 2.10 dibawah ini:

Tabel 2.10. Nilai Resistensi Gesek Minimum yang Disarankan (Kondisi Basah)

Kategori	Tipe lokasi	Angka kekesatan
A	Lokasi-lokasi yang sulit seperti : 1. Bundaran 2. Belokan berjan-jari <150 m pada jalan bebas hambatan. 3. Kemiringan, 1:20 atau lebih curam, dengan panjang > 100m 4. Lengan pendekat simpang bersinval pada jalan bebas hambatan.	65
B	Jalan utama/cepat, menerus dan jalan kelas 1 dan jalan berlalu lintas berat di perkotaan (>2000 kendaraan per hari)	55
C	Lokasi-lokasi lainnya	45

Sumber : *Operation Instruction of Wessex Skid Tester (2000), Overseas Road Notes 18 (1999).*

Menurut Willey (1935) pada waktu kering semua jalan mempunyai tahanan gesek yang bergesek yang besar, sedangkan pada musim dingin bila permukaan jalan tertutup lapisan lumpur, salju, es, atau lainnya maka tahanan gesek tidak tersedia cukup. Tahanan gesek dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti variasi bentuk profil permukaan dan kondisi ban, tekstur permukaan jalan, kondisi cuaca dan kondisi pengemudi. Tahanan gesek ini sangat diperlukan untuk meningkatkan gaya traksi, gaya pengereman, kendali arah dan tahanan gaya kesamping. Kekesatan permukaan ini bergantung pada tekstur permukaan jalan itu sendiri. Kekesatan akan lebih besar pada tekstur yang kasar dibandingkan yang licin.

Penelitian yang dilakukan TRRL (1977) menunjukkan bahwa tekstur permukaan mempengaruhi kekesatan pada perubahan kecepatan antara 50 km/jam - 130 km/jam.

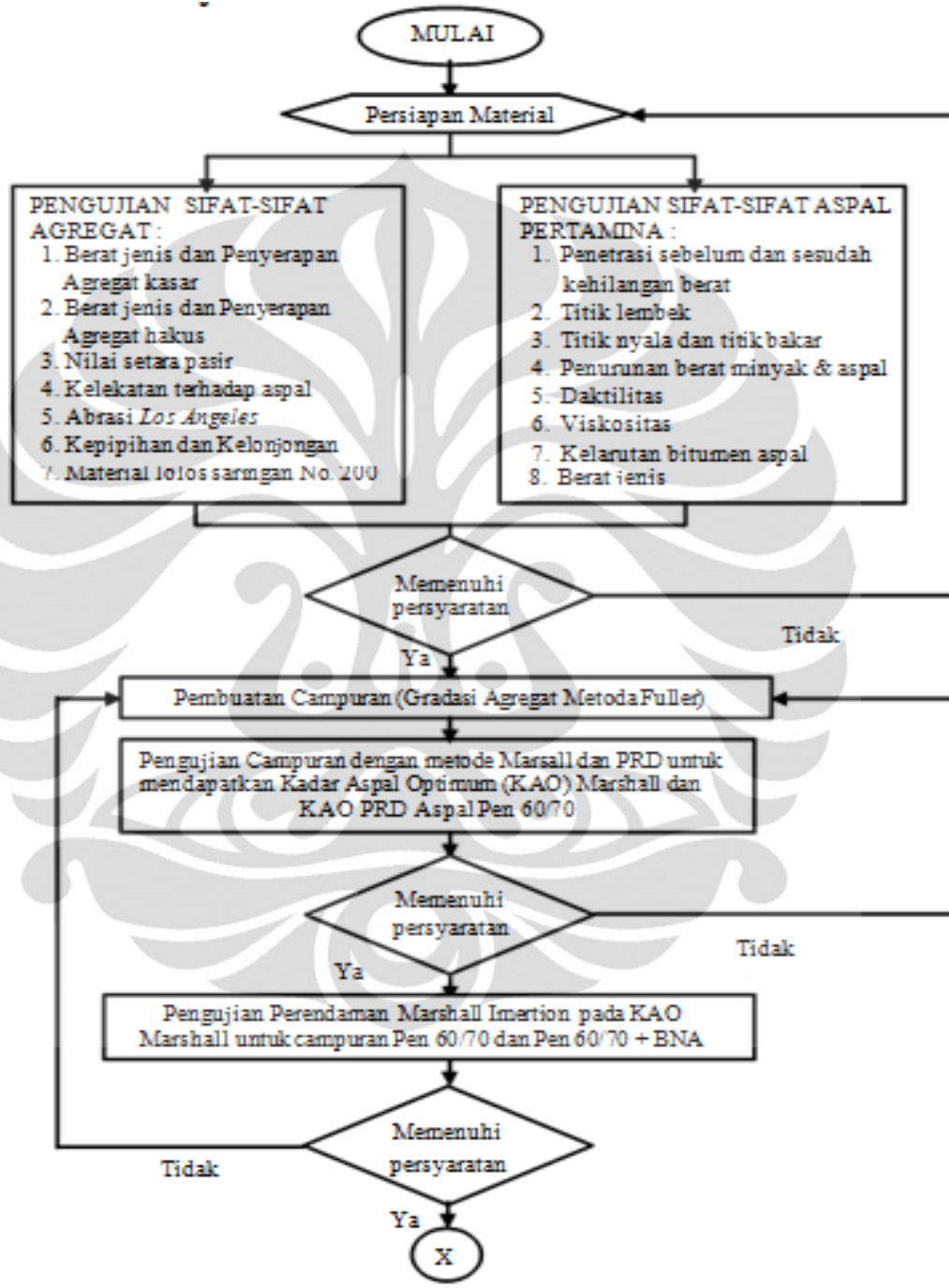
Tabel 2.11. Pengaruh Tekstur Permukaan terhadap Penurunan Kekesatan

Kedalaman Tekstur		Penurunan kekesatan dengan perubahan kecepatan dari 50 km/jam - 130 km/jam (%)
Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku	
2,0	0,8	0
1,5	0,7	10
1,0	0,5	20
0,5	0,4	30

Sumber : *TRRL Report No. SR.340, tahun 1977*

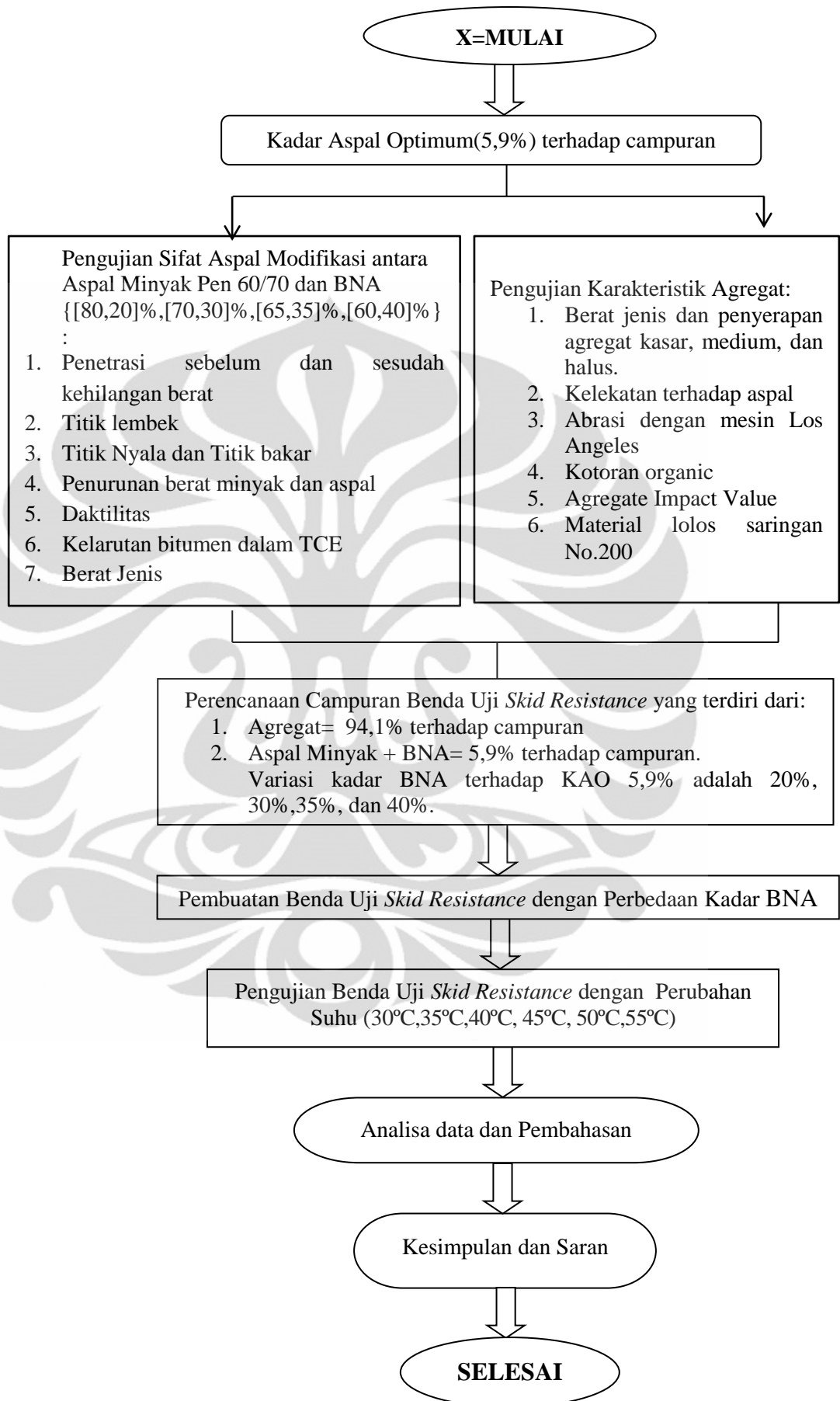
BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rencana Kerja



Sumber: Skripsi Saptoyo Aji, 2011

Gambar 3.1 Bagan alir rencana kerja pelaksanaan Tugas Akhir Saptoyo Aj

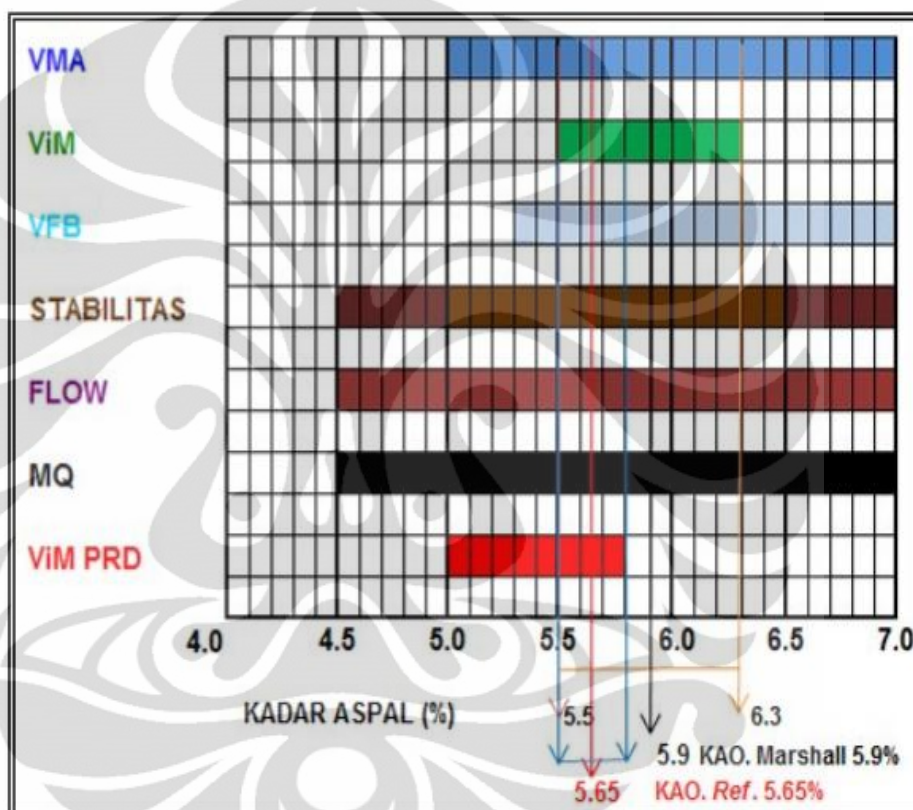


Gambar 3.2. Bagan alir rencana kerja pelaksanaan Tugas Akhir

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode observasi data dan pengujian di Laboratorium Struktur dan Material Universitas Indonesia campuran benda uji yaitu Laston modifikasi dengan BNA pada uji *skid resistance*.

Penelitian ini menggunakan kadar aspal optimum yang mengacu pada skripsi saudara Saptoyo Aji (Teknik Sipil Universitas Indonesia) yang dipaparkan seperti gambar dibawah ini.



Sumber Skripsi Saptoyo Aji 2011

Gambar 3.3. Barchart penentuan kadar aspal optimum

Berdasarkan gambar diatas diperoleh nilai kadar aspal optimum Marshall 5.9% dan 5.6% untuk kadar aspal optimum *refusal density*. Dari gambar diatas, kadar aspal yang digunakan untuk penelitian ini adalah 5.9%.

Penelitian ini akan membuat benda uji dengan variasi nilai BNA yakni 20%, 30%, 35%, 40% terhadap kadar aspal optimum 5,9% dari campuran yang dapat dilihat seperti tabel 3.1 dibawah.

Tabel 3.1 Benda Uji *Skid Resistance*

Benda Uji dengan aspal modifikasi	Jumlah Benda Uji (buah)							Total benda uji (buah)
	30 ⁰ C s/d 55 ⁰ C	30 ⁰ C	35 ⁰ C	40 ⁰ C	45 ⁰ C	50 ⁰ C	55 ⁰ C	
Laston Pen 60/70 + BNA [20%,80%]	1	1	1	1	1	1	1	7
Laston Pen 60/70 + BNA [30%,70%]	1	1	1	1	1	1	1	7
Laston Pen 60/70 + BNA [35%,65%]	1	1	1	1	1	1	1	7
Laston Pen 60/70 + BNA [40%,60%]	1	1	1	1	1	1	1	7

3.3 Bahan-Bahan Penelitian

- Jenis Aspal : Aspal Pertamina PEN 60/70
 Agregat Kasar (Split dan Screen) : Ex Rumpin, Bogor (PT. Hutama Prima)
 Agregat Halus (abu batu) : Ex. Rumpin, Bogor (PT. Hutama Prima)

3.4 Teknik Pengolahan data

Hasil data yang diperoleh dengan pengujian *skid resistance* akan dianalisa dengan mencari rata-rata dari data-data pengujian.

Parameter statistik yang digunakan untuk menganalisa data adalah (Sudjana, 1992) :

- i. Rata-rata (Mean, X)

Sejumlah n data kuantitatif dapat dinyatakan dengan variable $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$.

Rumus:

$$x_i = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (3.1)$$

- ii. Rentang data (Range, R)

Ukuran variasi yang paling mudah ditentukan rentang data .

Rumus :

$$R = \text{Nilai maksimum} - \text{nilai minimum.} \quad (3.2)$$

iii. Simpangan Baku (*Standardt Deviation, SD*)

Simpangan baku adalah nilai yang menunjukkan tingkat (derajat) variasi kelompok atau ukuran standar penyimpangan dari reratanya.

Rumus :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - xi)^2}{(n - 1)}} \quad (3.3)$$

3.5 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan tiga tahapan untuk mendapatkan data yakni tahap persiapan, tahap pembuatan benda uji, tahap pengujian.

3.5.1 Tahap Persiapan

Sebelum membuat benda uji untuk uji *skid resistance*, langkah awal yang harus dilakukan adalah melakukan pengujian terhadap material benda uji, yang meliputi agregat dan aspal. Agregat yang akan diuji adalah agregat kasar, medium, halus, sedangkan aspal yang diuji adalah aspal Pen 60/70 (aspal pertamina). Untuk mengetahui karakteristik agregat maka dilakukan beberapa uji agregat yakni berat jenis dan penyerapan agregat kasar, berat jenis dan penyerapan agregat medium, berat jenis dan penyerapan agregat halus.

3.5.2 Pengujian Agregat halus, medium, dan kasar.

Untuk mendapatkan jenis agregat halus, medium, dan kasar maka terlebih dahulu dilakukan analisa saringan. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan distribusi ukuran butiran (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Medium

Pengujian ini dilakukan dengan metode (PB-0202-76), (AASHTO T-85-81), (ASTM C-127-04). Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari agregat.

Berat jenis (*bulk specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Berat kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

Penyerapan ialah persentasi berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

❖ Peralatan

1. Keranjang kawat ukuran 3.35 mm atau 2.36 mm (No. 6 atau No. 8) dengan kapasitas kira-kira 5 kg.
2. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.
3. Timbangan dengan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0.1 % dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
4. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
5. Alat pemisah contoh.
6. Saringan No. 4.

❖ Benda Uji

Benda uji adalah agregat kasar yang tertahan saringan no.4 diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak kira-kira 5000 gram.

❖ Prosedur Percobaan.

1. Mencuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan
2. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap
3. Mendinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 – 3 jam kemudian menimbang dengan ketelitian 0.5 gram (Bk).
4. Merendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.

5. Mengeluarkan benda uji dari air, melap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu).
6. Menimbang benda uji kering permukaan jenuh (B_j).
7. Meletakkan benda uji didalam keranjang, menggoncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (B_a).
8. Mengukur suhu air untuk menyesuaikan perhitungan kepada suhu standar ($25\text{ }^\circ\text{C}$).

❖ Perhitungan

- A. Berat Jenis Agregat Kasar (*Bulk Specific Gravity*):

$$\frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (3.4)$$

- B. Berat Kering Permukaan Jenuh Agregat Kasar (*Saturated Surface Dry*):

$$\frac{B_j}{B_j - B_a} \quad (3.5)$$

- C. Berat Jenis Semu Agregat Kasar (*Apparent Specific Gravity*):

$$\frac{B_k}{B_k - B_a} \quad (3.6)$$

- D. Penyerapan Agregat Kasar:

$$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (3.7)$$

Dimana:

- B_k = Berat awal agregat kasar
 B_j = Berat akhir agregat kasar
 B_a = Berat agregat kasar pada air

2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.

Pengujian ini dilakukan dengan metode (PB – 0203 – 76), (AASHTO T – 84 – 81), (ASTM C – 128 – 04). Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry SSD*), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan dari agregat halus.

Berat jenis (*bulk specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada kondisi suhu tertentu.

Berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam jenuh pada suhu tertentu.

Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

❖ Peralatan

1. Timbangan, kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram.
2. Pikhnometer dengan kapasitas 500 mL.
3. Kerucut terpancung (*cone*), diameter bagian atas (40 ± 3) mm, diameter bagian bawah (90 ± 3) mm, dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.
4. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm.
5. Saringan no. 4.
6. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5)^o.
7. Pengatur suhu dengan ketelitian pembacaan $0,1$ ° C.
8. Talam.
9. Bejana tempat air.
10. Pompa hampa udara (*vacum pump*) atau tungku.
11. Air suling.
12. Desikator.

❖ Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang lewat saringan no. 4, diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempatan sebanyak 1000 gram.

❖ **Prosedur Kerja**

1. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap. Yang dimaksud berat tetap adalah keadaan berat yang diuji selama tiga kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar daripada 0,1 %. Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
2. Membuang air perendam hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, menebarkan agregat di atas talam, mengeringkan di udara panas dengan cara membalik-balikan benda uji. Melakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
3. Memeriksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam klerucut terpancung, memadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh, akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
4. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh, memasukan 500 gram benda uji ke dalam piknometer. Juga memasukan air suling sampai 90 % isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya. Untuk mempercepat proses ini, dapat dipergunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terisap, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.
5. Merendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C .
6. Menambahkan air sampai tanda batas.
7. Menimbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
8. Mengeluarkan benda uji, mengeringkannya dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator.
9. Menimbang benda uji setelah dingin (Bk)

10. Menentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna menyesuaikan terhadap suhu standar 25 ° C (B).

❖ Perhitungan

$$1) \text{ Berat jenis (bulk specific gravity)} = \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)} \quad (3.8)$$

$$2) \text{ Berat jenis kering permukaan jenuh (Saturated Surface Dry = SSD)} = \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \quad (3.9)$$

$$3) \text{ Berat jenis semu (apparent specific gravity)} = \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \quad (3.10)$$

$$4) \text{ Penyerapan} = \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\% \quad (3.11)$$

dimana:

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = Berat benda uji, dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)



Gambar 3.5. Penimbangan agregat didalam air.

3. Kadar lumpur ayakan 200 mesh

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan no. 200 mesh dengan cara pencucian.

❖ Peralatan

1. Saringan no. 16 dan no. 200.
2. Wadah pencucian benda uji berkapsitas cukup besar sehingga pada waktu diguncang-guncangkan benda uji dan atau air tidak tumpah.
3. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $[110 \pm 5]$ °C.
4. Timbangan dengan ketelitian 0,1% berat contoh.
5. Talam berkapsitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat.

❖ Benda Uji

1. Berat contoh agregat kering minimum tergantung pada ukuran agregat maksimum sesuai tabel
2. Persiapan benda uji :
 - a. Memasukkan contoh agregat lebih kurang 1,25 kali berat benda uji ke dalam talam, mengeringkan dalam oven dengan suhu $[110 \pm 5]$ °C sampai berat tetap.
 - b. Menyiapkan benda uji dengan berat $[w_1]$ sesuai tabel 3.2 dibawah.

Tabel 3.2. Berat contoh agregat kering minimum

Ukuran agregat maksimum		Berat contoh agregat kering minimum
Mm	inci	gram
2.36	No. 8	100
1.18	No. 4	500
9.5	$\frac{1}{4}$	2000
19.1	$\frac{3}{4}$	2500
38.1	1 1/2	5000

❖ Prosedur Pengujian

1. Masukkan benda uji ke dalam wadah, dan diberi air secukupnya hingga benda uji terendam.

2. Tuang air rendaman di dalam wadah sambil menahan dengan saringan no. 16 dan no.200 (saringan no.16 berada diatas no.200) agar agregat yang ikut tertuang dapat tertampung.
3. Cuci masing-masing agregat yang tertahan di kedua saringan bergantian hingga air cucian bersih.
4. Setelah itu masukkan semua agregat yang telah bersih ke dalam wadah dan oven dengan suhu $[110 \pm 5] ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
5. Kemudian timbang agregat dan catat beratnya.
6. Hitung berat bahan kering tersebut $[w_4 = w_3 - w_2]$

❖ Perhitungan

$$\text{Jumlah bahan lewat saringan No. 200} = \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\% \quad (3.12)$$

Keterangan :

W_1 = Berat benda uji semula (gram)

W_4 = Berat benda uji tertahan saringan No. 200 (gram)

4. Kotoran Organik/*Organic Impurities*.

Pemeriksaan ini untuk menentukan adanya bahan organik dalam pasir alam yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton aspal. Kotoran organik adalah bahan-bahan organik yang terdapat dipasir dan menimbulkan efek merugikan.

❖ Peralatan

1. Botol gelas kaca tidak berwarna dengan volume sekitar 350 ml.
2. Standar warna (*organic plate*).
3. Oven.

❖ Bahan

1. Agregat halus sebanyak 115 ml (kondisi *oven dry*).
2. Larutan NaOH 3 %.

❖ Prosedur Pengujian

1. Mengeringkan agregat dalam oven selama ± 24 jam ($110 \pm 5 ^\circ\text{C}$).
2. Memasukkan aggregate halus ke dalam botol gelas kaca sebanyak 115 ml.
3. Menambahkan larutan NaOH 3% (111,55 ml aquades + 3,45 ml NaOH).

4. Botol ditutup, lalu dikocok kuat-kuat dan dibiarkan selama 24 jam.
5. Setelah 24 jam bandingkan warna cairan yang terlihat di atas agregat dengan warna standar no.3.

5. Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles

Pemeriksaan ini dimaksudkan ini untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin Los Angeles. Keausan agregat tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan no. 12 terhadap berat semula, dalam persen.

❖ Peralatan

1. Mesin Los Angeles; mesin terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm (26") panjang dalam 50 cm (20"). Silinder tertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Dibagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm (3,56").
2. Saringan no.12 dan saringan-saringan lainnya.
3. Timbangan dengan ketelitian 5 gram.
4. Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4.68 cm dan berat masing-masing antara 390 gram sampai 445 gram.
5. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

❖ Bahan

Membersihkan benda uji dan keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.

❖ Prosedur Pengujian

1. Benda uji dan bola-bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles.
2. Memutar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm, 500 putaran untuk gradasi A dan B.
3. Setelah selesai pemutaran, benda uji dikeluarkan dari mesin kemudian disaring dengan saringan no. 12. Butiran yang tertahan dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.



Gambar 3.6 Mesin Los Angeles

6. Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Untuk menentukan presentase daya lekat agregat terhadap aspal setelah mengalami proses perendaman selama 16-18 jam pada suhu normal yang di tentukan secara visual. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan agregat yang terselimuti aspal terhadap keseluruhan permukaan.

❖ Peralatan

1. Wadah untuk mengaduk, kapasitas maksimal 500 ml.
2. Timbangan dengan kapasitas 200 gram, ketelitian 0,1 gram.
3. Pisau pengaduk dari baja spatula lebar 25 mm panjang 100mm.
4. Tabung gelas kimia kapasitas 600 ml.
5. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai $(150 \pm 1)^\circ \text{C}$.
6. Saringan 6,3 mm ($1/4''$) dan 9,5 mm ($3/8''$).
7. Thermometer logam $\pm 200 \text{ C}$ dan $\pm 100 \text{ }^\circ \text{C}$.
8. Air suling dengan pH 6 sampai 7.

❖ Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang lewat saringan 9.5 mm dan tertahan 6,3 mm sebanyak kira-kira 100 gram mencuci dengan air suling, mengeringkan pada suhu $140 \pm 5 \text{ }^\circ \text{C}$ hingga berat tidak berubah lagi, lalu disimpan didalam tempat yang tertutup rapat dan siap untuk diperiksa. Untuk pelapisan agregat basah

perlu ditentukan berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) dan penyerapan dari agregat kasar.

❖ **Prosedur Pengujian**

1. Memasukkan 100 gram benda uji kedalam wadah.
2. Mengisi aspal sebanyak 5,5 gram yang telah dipanaskan.
3. Mengaduk aspal dengan benda uji sampai merata dengan spatula.
4. Adukan dimasukkan beserta wadahnya kedalam oven pada suhu 60 °C selama 2 jam, selama ini lubang angin pada oven harus dibuka.
5. Mengeluarkan adukan beserta wadahnya dari oven dan diaduk lagi sampai dingin (suhu ruang) selanjutnya agar diperhatikan hal-hal sebagai berikut:
 - a. Penyelimutan terhadap agregat harus sempurna, tidak boleh ada gelembung-gelembung udara.
 - b. Bila keadaan tersebut tidak tercapai, kemudian memanaskan adukan tersebut sampai agregat diselimuti aspal dengan sempurna.
6. Memindahkan adukan tersebut kedalam tabung gas kimia.
7. Mengisi dengan air suling sebanyak 400 ml.
8. Mendinginkan pada suhu ruang selama 16 sampai 18 jam.
9. Mengambil selaput aspal yang mengambang dipermukaan air dengan tidak mengganggu agregat di dalam tabung.
10. Dengan melihat dari atas menembus air, perkirakan persentase luas permukaan yang masih diselimuti aspal.



Gambar 3.7. Pengadukan agregat dan aspal



Gambar 3.8. Benda didiamkan dalam suhu ruangan



Gambar 3.9. Pemeriksaan kelekatan aspal secara visual

7. Pengujian Ketahanan Agregat Terhadap Pengaruh Tumbukan.

Tujuan pengujian ini untuk menentukan sifat agregat berdasarkan ketahanannya terhadap tumbukan.

❖ Peralatan

1. Oven.
2. Timbangan.
3. Impact Machine.
4. Ayakan standar.

❖ Benda Uji

Mengayak agregat untuk mendapatkan agregat lolos saringan 12.5 mm dan tertahan 9.5 mm.

❖ **Prosedur Pengujian**

1. Mencuci agregat lalu memasukkan kedalam oven pada suhu $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
2. Mengisi tabung penakar (Mold Penakar) dengan benda uji yang sudah dioven.
3. Meratakan permukaan agregat yang berada didalam tabung penakar.
4. Menimbang berat penakar dan agregat didalamnya (A).
5. Memutar counter agar menunjukkan angka nol.
6. Masing-masing bagian ditumbuk dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali tumbukan dengan tinggi jatuh penumbuk 50 mm dari atas permukaan agregat.
7. Menumpahkan agregat kedalam cawan dengan cara mengetuk tabung benda uji.
8. Mencuci benda uji yang sudah mengalami tumbukan yang tertahan saringan No.8 (2.36 mm), kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
9. Menimbang benda uji tersebut (B).
10. Menghitung prosentase benda uji yang lolos saringan No.8 sampai satu desimal.



Gambar 3.10. Pengujian agregat dengan metode tumbukan

3.5.3 Pengujian Aspal

Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu melakukan persiapan. Pada awalnya akan dibuat campuran aspal antara aspal minyak Pen 60/70 dengan BNA yakni 20%, 30%, 35%, 40% terhadap campuran aspal. Lalu akan diuji masing-masing karakteristik aspal modifikasi tersebut. Aspal minyak juga dilakukan pengujian untuk mencari karakteristik aspalnya apakah sesuai dengan karakteristik aspal pen 60/70.



Gambar 3.11. Perencanaan campuran aspal modifikasi



Gambar 3.12. Pengadukan aspal minyak Pen 60/70 dengan BNA



Gambar 3.13. Aspal modifikasi siap untuk diuji.

3.5.3.1 Parameter Pengujian Aspal

a) Penetrasi bahan-bahan bitumen.

Pengujian ini dilakukan dengan metode (PA – 0301 – 76), (AASHTO T – 49 - 80), (ASTM D – 5 – 97). Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu, dengan beban dan waktu tertentu ke dalam bitumen pada suhu tertentu. Penetrasi adalah masuknya jarum penetrasi ukuran tertentu, dan waktu tertentu kedalam aspal pada suhu tertentu.

❖ Peralatan

1. Alat penetrasi yang dapat menggerakkan pemegang jarum turun naik tanpa gesekan dan dapat mengukur penetrasi sampai 0,1 milimeter.
2. Pemegang jarum seberat ($47,5 \pm 0,05$ gr) yang dapat dilepas dengan mudah dari alat penetrasi untuk peneraan.

3. Pemberat dari $(50 \pm 0,05)$ gram dan $(100 \pm 0,05)$ gram masing-masing dipergunakan untuk pengukuran penetrasi dengan beban 100 gr dan 200 gr.
4. Jarum penetrasi dibuat dari stainless steel mutu 440 C atau HRC 54 sampai 60 dengan bentuk dan ukuran menurut gambar 3, ujung jarum harus berbentuk kerucut terpancung.
5. Cawan contoh terbuat dari logam atau gelas bebrbentuk silinder dengan dasar yang rata. Ukuran cawan untuk pengukuran penetrasi ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3.3. Ukuran cawan untuk pengukuran penetrasi

Penetrasi	Kapasitas	Diameter	Dalam
di bawah 200	90 ml	55 mm	35 mm
sampai 300	175 ml	70 mm	45 mm

6. Bak perendam (waterbath).
7. Terdiri dari bejana dengan isi tidak kurang dari 10 liter dan dapat menahan suhu tertentu dengan ketelitian $\pm 0,10^0$ C. Bejana dilengkapi dengan pelat dasar berlubang-lubang, terletak 50 mm di atas dasar bejana dan tidak kurang dari 100 mm di bawah permukaan air dalam bejana.
8. Tempat air untuk benda uji ditempatkan dibawah alat penetrasi. Tempat tersebut mempunyai isi tidak kurang dari 350m ml dan tinggi yang cukup untuk merendam benda uji tanpa bergerak.
9. Pengukur waktu.
10. Untuk pengukur penetrasi dengan tangan diperlukan stopwatch dengan skala pembagian terkecil 0,1 detik atau kurang dan kesalahan tertinggi 0,1 detik per 60 detik. Untuk pengukuran dengan alat otomatis, kesalahan alat tersebut tidak boleh melebihi 0,1 detik.

❖ Benda uji.

Memaskan contoh perlahan-lahan dan mengaduk sehingga cukup cair untuk dapat dituangkan. Pemanasan contoh untuk ter tidak boleh melebihi dari 60^0 C di atas perkiraan titik lembek, dan untuk bitumen tidak boleh lebih dari 90^0 C di atas perkiraan titik lembek. Waktu pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit. Mengaduk perlahan-lahan agar udara tidak masuk ke dalam contoh. Setelah contoh cair merata lalu dituangkan ke dalam tempat contoh dan didiamkan hingga

dingin. Tinggi contoh dalam tempat tersebut tidak kurang dari angka penetrasi ditambah 10 mm. Benda uji ditutup agar bebas dari debu dan diamkan pada suhu ruang selama 1 sampai 1,5 jam untuk benda uji kecil, dan 1,5 sampai 2 jam untuk benda uji besar.

❖ Prosedur Pengujian

A. Untuk Benda Uji Sebelum Kehilangan Berat

1. Metakkan benda uji kedalam tempat air yang kecil dan memasukkan tempat air tersebut kedalam bak perendam yang telah berada pada suhu yang telah ditetapkan. Mendiamkan dalam bak tersebut selama 1 sampai 1,5 jam untuk benda uji kecil dan dan 1,5 sampai 2 jam untuk benda uji besar.
2. Pemegang jarum diperiksa agar jarum dapat dipasang dengan baik dan jarum penetrasi dibersihkan dengan toluene atau pelarut lain kemudian jarum tersebut dikeringkan dengan melap bersih dan memasang jarum pada pemegang jarum.
3. Meletakkan pemberat 50 gr di atas jarum untuk memperoleh beban sebesar $(100 \pm 0,1)$ gr.
4. Tempat air dari bak perendam dipindahkan ke bawah alat penetrasi.
5. Menurunkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji. Kemudian mengatur angka 0 di arloji penetrometer, sehingga jarum penunjuk penunjuk berimpit dengannya.
6. Pemegang jarum dilepaskan dan serentak stopwatch dijalankan selama jangka waktu $(5 \pm 0,1)$ detik.
7. Memutar arloji penetrometer dan membaca angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk.
8. Jarum dari pemegang jarum dilepaskan dan menyiapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.
9. Melakukan pekerjaan 1 sampai 7 di atas tidak kurang dari 3 kali untuk benda uji yang sama dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak satu sama lainnya dan dari tepi dinding lebih dari 1 cm.

B. Untuk Benda Uji Setelah Kehilangan Berat.

1. Melakukan pemeriksaan penurunan berat minyak dan aspal sesuai dengan tata cara PA-0304-76 standart Bina Marga.
2. Melakukan langkah-langkah seperti pada pemeriksaan sebelum kehilangan berat (langkah A).



Gambar 3.14. Pengujian Penetrasi

❖ Perhitungan

Data-data hasil pembacaan tidak boleh melampaui ketentuan-ketentuan seperti pada tabel 3.4.dibawah

Tabel 3.4. Toleransi Pembacaan Pentrasi Aspal

Hasil Pentrasi	0-49	50-149	150-240	200
Toleransi	2	4	6	8

b) Penurunan berat minyak dan aspal (*thick film test*).

Pengujian ini dilakukan dengan metode pengujian (PA – 0304 – 76), (AASHTO T – 47 – 82), (ASTM D – 6 – 95). Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menetapkan kehilangan berat minyak dan aspal dengan cara pemanasan dan tebal tertentu, yang dinyatakan dalam persen berat semula. Penurunan berat minyak dan aspal

adalah selisih berat sebelum dan sesudah pemanasan pada tebal tertentu pada suhu tertentu.

❖ Peralatan

1. Termometer.
2. Oven yang dilengkapi dengan :
 - i. Pengatur suhu memanasi sampai $(180 \pm 1)^{\circ} \text{C}$.
 - ii. Piringan logam berdiameter 25 cm, menggantung dalam oven pada poros vertikal dan berputar dengan kecepatan 5 sampai 6 putaran per menit.
3. Cawan.
4. Logam atau gelas berbentuk silinder, dengan dasar rata ukuran dalam : diameter 55 mm dan tinggi 35 mm.
5. Neraca analitik, dengan kapasitas $(200 \pm 0,001)$ gram.

❖ Benda Uji

1. Mengaduk contoh minyak atau aspal serta memanaskan bila perlu untuk mendapatkan campuran yang merata.
2. Menuangkan contoh kira-kira $(50 \pm 0,5)$ gram ke dalam cawan dan setelah dingin, menimbang dengan ketelitian 0,01 gram (A).
3. Benda uji yang diperiksa harus bebas air.

❖ Prosedur pengujian

1. Meletakkan benda uji di atas piringan setelah oven mencapai suhu $(163 \pm 1)^{\circ} \text{C}$.
2. Memasang termometer padaudukannya sehingga terletak pada jarak 1,9 cm dari pinggir piringan dengan ujung 6 mm di atas piringan.
3. Mengambil benda uji dari oven setelah 5 jam sampai 5 jam lebih 15 menit.
4. Mendinginkan benda uji pada suhu ruang, kemudian menimbang dengan ketelitian 0,01 gram (B).

c) Titik Lembek

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode pengujian (PA-0302-76), (AASHTO T-53-81), (ASTM D-36-95). Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30°C sampai

200 °C. Yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja, dengan berat tertentu, mendesak turun suatu lapisan aspal atau ter yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal atau ter menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi tertentu, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu.

❖ Peralatan

1. Termometer.
2. Cincin kuningan.
3. Bola baja, diameter 9,53 mm berat 3,45 sampai 3,55 gram.
4. Alat pengarah bola.
5. Bejana gelas tahan pemanasan mendadak dengan diameter dalam 18,5 cm dengan tinggi sekurang-kurangnya 12 cm.
6. Dudukan benda uji.
7. Penjepit.

❖ Benda Uji

1. Memanaskan contoh perlahan-lahan sambil diaduk terus-menerus hingga cair merata dan dapat dituang. Pemanasan dan pengadukan dilakukan perlahan-lahan agar gelembung-gelembung udara tidak masuk. Suhu pemanasan ter tidak melebihi 56 °C diatas perkiraan titik lembeknya dan untuk aspal tidak melebihi 100°C. Waktu untuk pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit di atas kompor/hotplate atau tidak lebih dari 2 jam di dalam oven.
2. Memanaskan 2 buah cincin sampai mencapai suhu tuang dan meletakkan kedua cincin di atas pelat kuningan yang telah diberi lapisan dari campuran *talc* atau sabun.
3. Menuangkan contoh ke dalam 2 buah cincin. Diamkan pada suhu sekurang-kurangnya 8 °C dibawah titik lembeknya selama minimal 30 menit.
4. Setelah dingin, meratakan permukaan contoh dalam cincin dengan pisau yang telah dipanaskan.

❖ Prosedur Percobaan

1. Memasang dan mengatur kedua benda uji diatas dudukannya dan meletakkan pengarah bola diatasnya. Kemudian memasukkan seluruh peralatan tersebut ke dalam bejana gelas. Mengisi bejana dengan air suling baru, dengan suhu $(5 \pm 1) ^\circ\text{C}$ sehingga tinggi permukaan air berkisar antara 101,6 mm sampai 108 mm. Meletakkan termometer yang sesuai untuk pekerjaan ini diantara kedua benda uji (kurang lebih 12,7 mm dari tiap cincin). Memeriksa dan mengatur jarak antara permukaan pelat dasar benda uji sehingga menjadi 25,4 mm.
2. Meletakkan bola-bola baja yang bersuhu 5°C diatas dan ditengah permukaan masing-masing benda uji yang bersuhu 5°C menggunakan penjepit dengan bantuan pengarah bola.
3. Memanaskan bejana dengan kecepatan pemanasan $5 ^\circ\text{C}$ per menit. Kecepatan pemanasan ini tidak boleh diambil dari kecepatan pemanasan rata-rata dari awal dan akhir pekerjaan ini. Untuk 3 menit berikutnya perbedaan kecepatan pemanasan per menit tidak boleh melebihi $0,5 ^\circ\text{C}$.



Gambar 3.15. Pengujian Titik Lembek

❖ Perhitungan

Melaporkan suhu pada saat bola baja menyentuh pelat dasar.

d) Titik Nyala dan Titik Bakar

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode pengujian (PA-0303-76), (AASHTO T-48-81), (ASTM D-92-02). Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk

menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala open cup kurang dari 79 °C. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal.

❖ Peralatan

1. Termometer.
2. *Cleveland open cup* yaitu cawan kuningan dengan bentuk dan ukuran.
3. Pelat pemanas, terdiri dari logam, untuk melekatkan cawan cleveland, dan bagian atas dilapisi seluruhnya oleh asbes setebal 0,6 cm (1/4").
4. Sumber pemanas, pembakar gas atau tungku listrik, atau pembakar alkohol yang tidak menimbulkan asap atau nyala di sekitar bagian atas cawan.
5. Penahan angin, alat yang menahan angin apabila digunakan nyala sebagai pemanas.
6. Nyala penguji, yang dapat diatur dan memberikan nyala dengan diameter 3,2-4,8 mm dengan panjang tabung 7,5 cm .

❖ Benda Uji

1. Memanaskan contoh aspal antara 148,9 °C dan 176 °C sampai cukup cair.
2. Kemudian mengisi cawan cleveland sampai garis dan hilangkan (pecahkan) gelembung udara yang ada di permukaan cairan.

❖ Prosedur Pengujian

1. Meletakkan cawan di atas pelat pemanas dan mengatur sumber pemanas sehingga terletak di bawah titik tengah cawan.
2. Meletakkan nyala penguji dengan poros jarak 7,5 cm dari titik tengah cawan.
3. Menempatkan termometer tegak lurus di dalam benda uji dengan jarak 6,4 mm di atas dasar cawan dan terletak pada satu garis yang menghubungkan titik tengah cawan dan titik poros nyala penguji. Kemudian mengatur sehingga poros termometer terletak pada ¼ diameter cawan tepi.
4. Menempatkan penahan angin di depan nyala penguji.

5. Menyalakan sumber pemanas dan mengatur pemanasan sehingga kenaikan suhu menjadi $(15 \pm 1) ^\circ\text{C}$ per menit sampai benda uji mencapai suhu $56 ^\circ\text{C}$ di bawah titik nyala perkiraan.
6. Kemudian mengatur kecepatan pemanasan 5 C per menit sampai $28 ^\circ\text{C}$ di bawah titik nyala perkiraan.
7. Menyalakan nyala penguji dan mengatur agar diameter nyala penguji tersebut menjadi 3,2 sampai 4,8 mm.
8. Memutar nyala penguji sehingga melalui permukaan cawan (dari tepi ke tepi cawan) dalam waktu satu detik. Dan mengulangi pekerjaan tersebut setiap kenaikan $2 ^\circ\text{C}$.
9. Melanjutkan pekerjaan 6 dan 8 sampai terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan benda uji. Kemudian membaca suhu pada termometer dan catat.
10. Melanjutkan pekerjaan 9 sampai terlihat nyala yang agak lama sekurang-kurangnya 5 detik di atas permukaan benda uji (aspal), kemudian membaca suhu pada termometer dan catat.



Gambar 3.16. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

e) Kelarutan Bitumen dalam karbon tetraklorida.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode pengujian (PA-0305-76), (AASHTO T-44-81), (ASTM D-2042-97). Pemeriksaan ini dimaksud untuk menentukan kadar bitumen yang larut dalam Karbon Tetra Klorida (CCl_4).

❖ Peralatan

1. Labu erlemeyer.
2. Corong.
3. Kertas penyaring.
4. Neraca analitik dengan kapasitas ($200 \pm 0,001$) gram.
5. Cairan Karbon Tetra Klorida (CCl_4).
6. Batang pengaduk.
7. Gelas ukur.

❖ Benda Uji

Mengambil contoh bitumen yang telah dikeringkan dibawah suhu penguapan air sebanyak ± 2 gram.

❖ Prosedur Percobaan.

1. Menimbang gelas ukur (A).
2. Memasukkan benda uji kedalam gelas ukur, kemudian ditimbang (B).
3. Menimbang kertas penyaring yang akan digunakan.
4. Memasukkan cairan karbon tetra klorida (CCl_4) kedalam gelas ukur, dan diaduk perlahan-lahan hingga benda uji larut.
5. Larutan bitumen tersebut dituangkan kedalam erlemeyer melalui corong yang di atasnya diletakkan kertas penyaring.
6. Keringkan kertas penyaring, kemudian ditimbang (D).

❖ Perhitungan

$$\text{Kadar kelarutan adalah} = \frac{(B - A) - (D - C)}{(B - A)} \times 100\% \quad (3.13)$$



Gambar 3.17. Pengujian kelarutan dalam TCE

f) Daktalitas bahan-bahan aspal.

Pengujian ini dilakukan dengan metode (PA-0307-76), (AASHTO T-51-81), (ASTAM D-113-79). Maksud pemeriksaan ini adalah mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Daktalitas adalah nilai keelastisan aspal, yang diukur jarak terpanjang, apabila antara dua cetakan berisi bitumen keras yang ditarik sebelum putus pada suhu 25 C dan dengan kecepatan 50 mm/menit.

❖ Peralatan

1. Cetakan daktalitas kuningan.
2. Termometer.
3. Bak perendam isi 10 liter yang dapat menjaga suhu tertentu selama pengujian dengan ketelitian 0.1 °C dan benda uji dapat direndam sekurang-kurangnya 10 cm dibawah permukaan air. Bak tersebut dilengkapi dengan pelat dasar yang berlubang diletakkan 5 cm dari dasar bak perendam untuk meletakkan benda uji.
4. Mesin uji dengan ketentuan sebagai berikut :
 - a. Dapat menarik benda uji.
 - b. Dapat menjaga benda uji tetap terendam dan tidak menimbulkan getaran selama pemeriksaan.

❖ Benda Uji

1. Melapisi semua bagian dalam cetakan daktilitas dan bagian atas pelat dasar dengan campuran glycerin dan dextrin atau glycerin dan talk atau glycerin dan koalin atau amalgam.
2. Memanaskan contoh aspal kira – kira 100 gram sehingga cair dan dapat dituang. Untuk menghindarkan pemanasan setempat, melakukannya harus dengan hati – hati. Melakukan pemanasan sampai suhu antara 80 °C sampai 100 °C (diatas titik lembek). Kemudian menyaring contoh dengan saringan No. 50 dan mengaduknya serta kemudian menuangkan kedalam cetakan.
3. Pada waktu mengisi, menuangkan contoh dengan hati – hati dari ujung hingga penuh berlebihan.
4. Mendinginkan cetakan pada suhu ruang selama 30 sampai 40 menit lalu memindahkan seluruhnya kedalam bak perendam yang telah disiapkan pada suhu pemeriksaan (sesuai dengan spesifikasi) selama 30 menit, kemudian meratakan contoh yang berlebihan dengan pisau atau spatula yang panas sehingga cetakan tersis penuh dan rata.

❖ Prosedur Percobaan

1. Mendinginkan benda uji pada suhu 25 °C dalam bak perendam selama 85 sampai 95 menit, kemudian melepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi – sisi cetakannya.
2. Memasang benda uji pada alat mesin uji dan menarik benda uji secara teratur dengan kecepatan 5 cm/menit sampai benda uji putus. Perbedaan kecepatan lebih kurang 5% masih diijinkan. Membaca jarak antara pemegang cetakan, pada saat benda uji putus (dalam cm). Selama percobaan berlangsung benda selalu terendam sekurang – kurangnya 2.5 cm dari air dan suhu dipertahankan tetap $(25 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.18. Pengujian daktilitas aspal/aspal modifikasi

g) Berat jenis Bitumen Keras dan ter.

Pengujian ini dilakukan dengan metode (PA – 0307 – 76), (AASHTO T – 228 – 79), (ASTM D – 70 – 03). Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dan ter dengan piknometer. Berat jenis bitumen atau ter adalah perbandingan antara berat bitumen atau ter dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

❖ Peralatan

1. Bak perendam yang dilengkapi pengatur suhu dengan ketelitian 0,1 °C.
2. Piknometer.
3. Termometer.
4. Air suling sebanyak 1000 cm³.
5. Bejana gelas.

❖ Benda Uji

Memaskan contoh bitumen keras atau ter sejumlah 50 gram sampai menjadi cair dan mengaduk untuk mencegah pemanasan setempat.

❖ Prosedur Pengujian

1. Mengisi bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang tidak terendam setinggi 40 mm. Kemudian merendam dan menjepit bejana tersebut dalam bak perendam sekurang-kurangnya 100 mm aturlah suhu bak perendam pada suhu 25 °C.

2. Membersihkan, mengeringkan, dan menimbang piknometer dengan ketelitian 1 mg (A).
3. Mengangkat bejana dari bak perendam dan mengisi piknometer dengan air suling kemudian menutup piknometer tanpa ditekan.
4. Meletakkan piknometer ke dalam bejana dan tekanlah penutup sehingga rapat, mengembalikan bejana berisi piknometer ke dalam bak perendam. Bejana tersebut didiamkan di dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit, kemudian piknometer diangkat dan dikeringkan dengan lap. Lalu piknometer ditimbang dengan ketelitian 1 mg (B).
5. Menuangkan benda uji tersebut ke dalam piknometer yang telah kering hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian.
6. Piknometer didiamkansampai dingin, waktu tidak kurang dari 40 menit dan menimbang dengan penutupnya dengan ketelitian 1 mg (C).
7. Mengisi piknometer yang berisi benda uji dengan air dan menutup tanpa ditekan, mendiamkan agar gelembung-gelembung udara keluar.
8. Bejana diangkat dari bak perendam dan piknometer diletakkan di dalamnya dan kemudian penutup ditekan hingga rapat.
9. Bejana dimasukkan dan didiamkan ke dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit. Mengangkat, mengeringkan dan menimbang piknometer (D).

❖ Perhitungan

Hitunglah berat jenis dengan rumus:

$$B.J = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)} \quad (3.14)$$

Dimana :

A = Berat piknometer (dengan penutup)	(gram)
B = Berat piknometer berisi air	(gram)
C = Berat piknometer berisi aspal	(gram)
D = Berat piknometer berisi aspal dan air	(gram)



Gambar 3.19. Pengujian berat jenis bitumen dan ter.

h). Pengujian Viskositas bahan Aspal

Pengujian ini menentukan suhu untuk pencampuran dan pepadatan campuran aspal beton.

❖ Peralatan

1. Saybolt Viscometer.
2. Saringan No.100.
3. Stopwatch.
4. Termometer.
5. Kompor.
6. Labu Penampung.

❖ Prosedur Pengujian

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Memanaskan aspal yang akan diuji dengan suhu 130°C.
3. Menutup lubang furol dengan gabus.
4. Menuangkan aspal panas yang cair kedalam tabung viscometer yang telah dipasang saringan No.100.
5. Memasukkan batang penyumbat ke dalam tabung viscometer.
6. Memasukkan termometer ke dalam tabung viscometer yang telah diisi aspal lalu ditunggu sampai suhu aspal sesuai dengan suhu yang diinginkan, lalu melepas gabus penutup pada lubang furol.

7. Melepaskan batang penyumbat agar aspal dapat mengalir dan jatuh di labu penampung. Lalu mencatat waktu pada saat aspal tepat menyentuh dasar labu penampung hingga aspal memenuhi labu penampung sebanyak 60 ml.
8. Memasang kembali penyumbat dalam viscometer agar aspal berhenti mengalir.



Gambar 3.20. Alat uji Viskositas

Hasil pengujian aspal pertamina pen 60/70 akan dibandingkan dengan karakteristik aspal Pen 60/70 seperti tabel dibawah ini.

Tabel 3.5. Parameter Pengujian Aspal Minyak Pen 60/70

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Pen 6070	
		Min	Max
Penetrasi 25 0C , 100 gr, 5 detik	0,1 mm	60	79
Titik Lembek 5 0C (Ring and Ball)	Derajat Celcius	48	58
Daktalitas	cm	10	
Kelarutan CCL4	% berat	99	
Titik Nyala (Cleveland Open Cup)	Derajat Celcius	232	
Berat Jenis 25 0C	gr/cc	1	
Kehilangan Berat (Thick Film Oven Test)	% berat		0,4
Pen Setelah kehilangan berat	% semula	75	

Suber: Manual Pemeriksaan Bahan Jalan No.01/MN/BM/1976, DitJen Bina Marga, 1983

3.5.4 Pembuatan Benda Uji *Skid Resistance*

Penelitian ini menganalisa uji *skid resistance* terhadap dua faktor yakni penetrasi dan perubahan suhu. Untuk mendapatkan nilai penetrasi yang berbeda maka campuran aspal akan dimodifikasi dengan menambahkan BNA. Kadar aspal optimum yang digunakan dalam campuran benda uji sebesar 5.9%. Langkah pertama yang dilakukan adalah memodifikasi campuran BNA dan aspal minyak untuk mendapatkan nilai penetrasi yang berbeda. BNA akan dicampur dengan aspal minyak dengan total 5.9% terhadap campuran agregat. Modifikasi BNA yang dilakukan terhadap jumlah aspal minyak+BNA bervariasi dari 25%, 30%, 35%, dan 40%.

Pengujian *skid resistance* pada dasarnya dilakukan di permukaan jalan atau dilapangan. Namun untuk penelitian ini akan dilakukan pengujian di laboratorium. Benda uji *skid resistance* akan diperoleh dari pemotongan bahan benda uji dengan metode *wheel tracking* yang berukuran 30cm x 30cm x 5cm menjadi benda uji yang berukuran 12cm x 5cm x 5cm. Satu buah benda uji *wheel tracking* dapat diubah menjadi 15 buah benda uji *skid resistance*. Pada awalnya dibuat benda uji *wheel tracking* sebanyak empat buah sesuai kadar BNA yang direncanakan, pembuatan benda uji ini dilakukan di Balai Bahan dan Perkerasan Jalan Ujungberung Bandung.

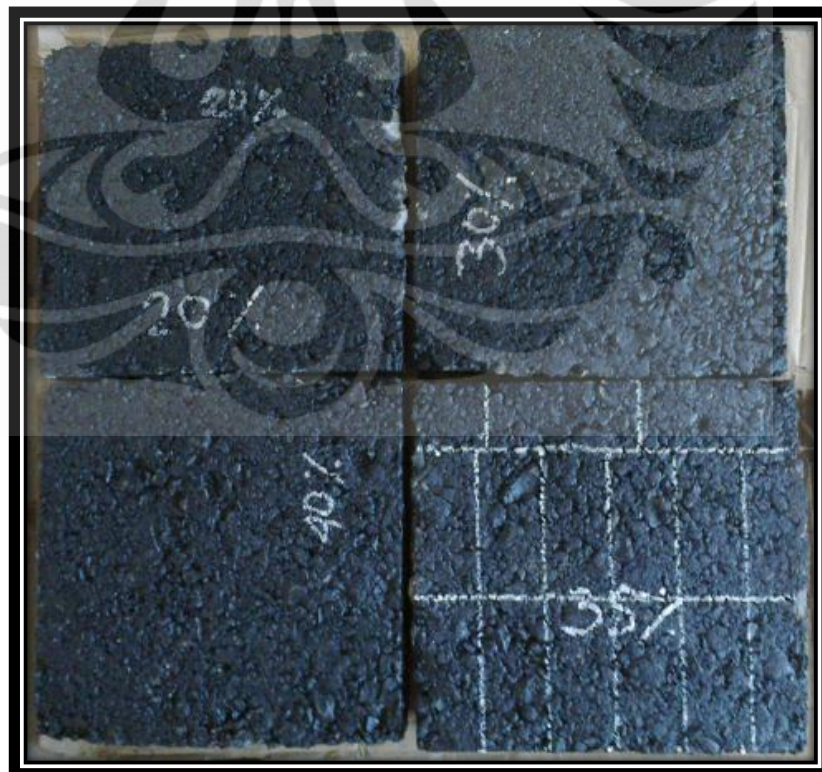


Gambar 3.21. Alat pengadukan agregat, aspal, BNA untuk benda uji wheel tracking
Pengadukan dilakukan seperti pengadukan pada pembuatan benda uji marshal, suhu agregat 160⁰C dan suhu pencampuran aspal minyak dan BNA 140⁰C.

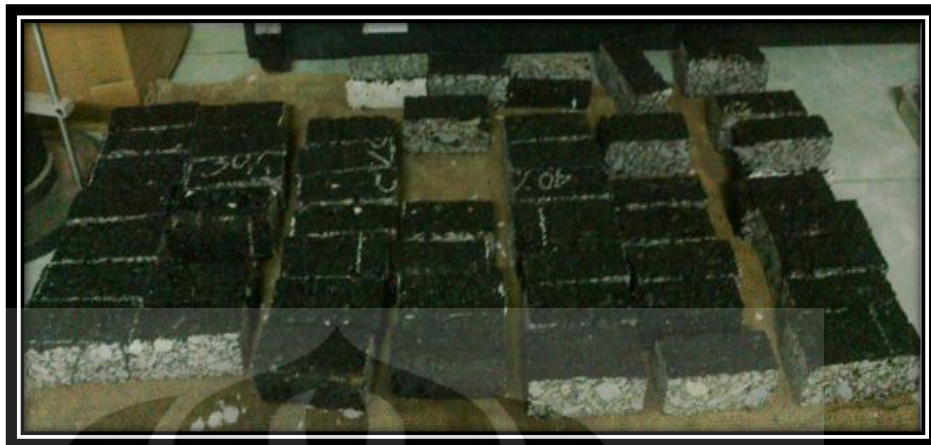


Gambar 3.20. Alat Pemadatan benda uji wheel tracking

Gambar diatas menunjukkan proses pemadatan benda uji dengan cara lintasan, jumlah lintasan yang dilakukan adalah 37 setengah pasang lintasan.



Gambar 3.22. Benda Uji *Wheel Tracking*



Gambar 3.23. Benda Uji *Skid Resistance*

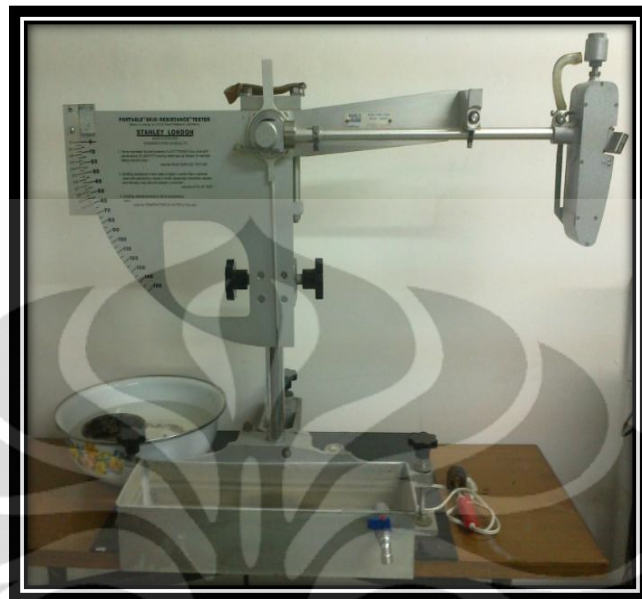
Benda uji skid resistance diperoleh dari benda uji wheel tracking dengan cara dipotong sesuai dengan ukuran benda uji skid resistance 12cmx5cmx5cm.

3.5.5 Tahap Pengujian *Skid Resistance*

Setelah benda uji selesai dibuat, dilakukan pengujian dengan alat BPT (*British Pendulum Tester*) atau Uji *Skid Resistance*. Cara uji ini akan dilakukan sesuai dengan (SNI 4427:2008). Dengan variasi temperatur 30⁰C, 35⁰C, 40⁰C, 45⁰C, 50⁰C, 55⁰C. Pengujian cara pertama dilakukan pada benda uji dari suhu 30⁰C s/d 55⁰C , sedangkan pengujian cara kedua dilakukan dengan melakukan pengujian benda uji untuk setiap suhu rencana. Dari kedua jenis pengujian ini akan didapatkan nilai BPN (*British Pendulum Number*) yang berbeda. Untuk menjaga suhu permukaan saat diuji dilakukan modifikasi tempat untuk peletakan benda uji dengan ukuran nampan 46cmx15cmx10cm yang di tuangkan air sampai benda uji terendam. Untuk menaikkan suhu benda uji maka dilakukan pemanasan air dengan alat pemanas. Dari data hasil yang akan didapatkan akan dilakukan pengolahan data dan analisa, serta memberikan kesimpulan yang akan dihubungkan dengan tujuan penulis.

Langkah-langkah pengujian:

1. Mempersiapkan Alat *Skid Resistance Tester* dan peralatan pendukung.



Gambar 3.24. Persiapan alat untuk pengujian *skid resistance*



Gambar 3.25. Pengaturan angka nol dan menyeimbangkan posisi alat BPT

2. Pemasangan benda uji kedalam wadah yang berisi air.



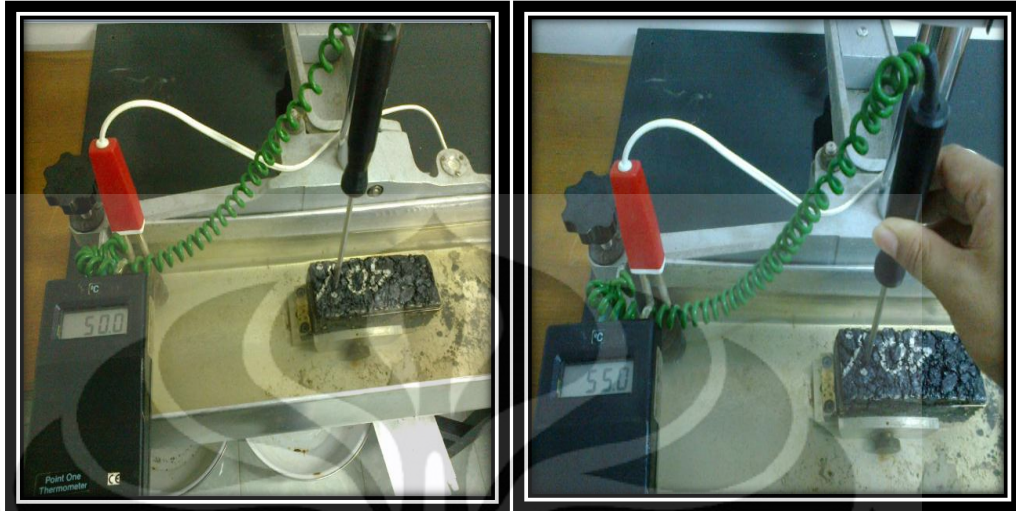
Gambar 3.26. Benda uji dipasangkan kedalam wadah pengujian yang berisi air

3. Pemanasan air untuk mendapatkan suhu permukaan yang diharapkan.



Gambar 3.27. Benda uji didalam wadah dipanaskan dengan *heater*

4. Pengujian dilakukan saat suhu permukaan benda uji sudah sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 3.28. Suhu permukaan benda uji

5. Mencatat nilai BPN yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk. Percobaan dilakukan sebanyak 5 kali untuk setiap perubahan suhu yang direncanakan.



Gambar 3.29. Nilai BPN yang ditunjukkan jarum penunjuk.

6. Hasil dari pengujian akan diolah untuk mendapatkan nilai BPN akhir.

BAB 4

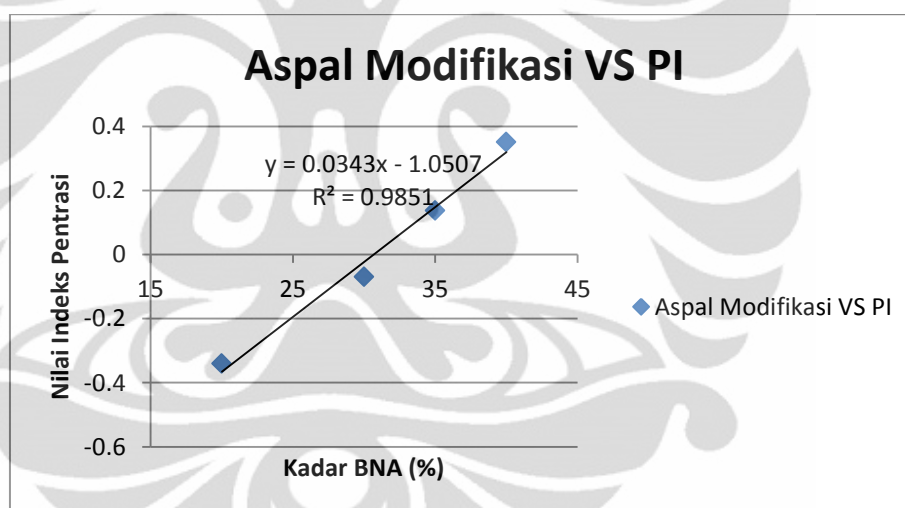
PENYAJIAN DATA DAN ANALISA

4.1 Hasil Perhitungan Indeks Penetrasi Aspal Modifikasi.

Dengan menggunakan rumus perhitungan indeks penetrasi aspal yang tercantum di BAB2, maka hasil indeks penetrasi aspal modifikasi dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1. Indeks Penetrasi aspal modifikasi

Benda Uji	Kadar BNA	Titik Lembek	Pentrasi	A	PI
1	20%	52.5	55.6	0.04211	-0.33966
2	30%	54.75	50.2	0.040416	-0.06891
3	35%	56.75	45.6	0.039185	0.137696
4	40%	59.5	39.2	0.037965	0.351015



Gambar 4.1. Grafik indeks penetrasi untuk masing-masing aspal modifikasi

Dari tabel 4.1 dan grafik 4.1 diatas dapat dilihat bahwa indeks penetrasi aspalmodifikasi akan semakin tinggi jika kadar BNA dalam campuran semakin besar kadarnya. Nilai PI yang semakin besar akan memperkecil resiko deformasi campuran.

4.2 Hasil Pengujian Kualitas Material

Material yang diuji dalam penelitian ini adalah agregat dan aspal. Material agregat terdiri dari agregat kasar, medium, halus, sedangkan material aspal yang diuji adalah aspal minyak pertamina pen 60/70 dan aspal modifikasi

antara aspal minyak pertamina pen 60/70 dan BNA (*Buton Natural Asphalt*). Hasil dari pengujian material ini akan berpengaruh pada kinerja campuran.

4.2.1 Pemeriksaan Agregat Kasar.

Tabel 4.2. Hasil pengujian kualitas dan karakteristik agregat kasar

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis Bulk	AASHTO T-85-81	Min 2,5 gr/cm ³	2,6gr/cm ³	Memenuhi
2	Berat Jenis SSD	AASHTO T-85-81	Min 2,5 gr/cm ³	2,63gr/cm ³	Memenuhi
3	Berat Jenis Semu	AASHTO T-85-81	Min 2,5 gr/cm ³	2,69gr/cm ³	Memenuhi
4	Penyerapan air	SNI 1969 - 1989- F	Maks 3%	0.95 %	Memenuhi
5	Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks 40%	14.97 %	Memenuhi
6	Kelakatan Terhadap Aspal	SNI 03-2439-1991	Min 95 %	98 %	Memenuhi
7	Impact	SNI 03-4426-1997	Maks 30%	8.54 %	Memenuhi

Dari tabel 4.2 diatas diperoleh hasil pengujian agregat kasar yang memiliki nilai berat jenis bulk 2,6 gr/cm³, berat jenis SSD 2,63gr/cm³, berat jenis semu 2,69 gr/cm³, dan penyerapan air agregat sebesar 0,95 %. Hal ini menunjukkan agregat tergolong normal dan dapat digunakan untuk penelitian. Agregat cukup kuat dengan memperhatikan nilai abrasi dengan mesin Los Angeles sebesar 14,97 % dari syarat maksimal 40 %, data ini menunjukan bahwa agregat tidak akan mudah pecah menjadi butiran halus dan gradasinya tetap terjaga yang berpengaruh nantinya untuk menahan beban lalu lintas. Agregat juga cukup kuat dengan melihat hasil pengujian impact denga hasil 8,54 % dari standar maksimal 30%. Hal ini akan berpengaruh pada beban kejut yang akan diterima perkerasan. Dengan melihat hasil pengujian kelakatan agregat terhadap aspal yakni 98% menunjukkan agregat yang diuji memiliki karakteristik kelakatan terhadap aspal yang tinggi, hal ini dapat mengantisipasi terjadinya *raveling* dan *pothole*.

4.2.2 Pemeriksaan Agregat Medium.

Tabel 4.3. Hasil pengujian kualitas dan karakteristik medium

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis Bulk	AASHTO T-85-81	Min 2,5 gr/cm ³	2,52 gr/cm ³	Memenuhi
2	Berat Jenis SSD	AASHTO T-85-81	Min 2,5 gr/cm ³	2,58 gr/cm ³	Memenuhi
3	Berat Jenis Semu	AASHTO T-85-81	Min 2,5 gr/cm ³	2,68 gr/cm ³	Memenuhi
4	Penyerapan air	SNI 1969 -1989- F	Maks 3%	2,48%	Memenuhi
5	Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks 40%	22 %	Memenuhi

Dari tabel 4.3 diatas diperoleh hasil pengujian agregat kasar yang memiliki nilai berat jenis bulk 2,52 gr/cm³, berat jenis SSD 2,58gr/cm³, berat jenis semu 2,68 gr/cm³, dan penyerapan air agregat sebesar 2,48 %. Hal ini menunjukkan agregat tergolong normal dan dapat digunakan untuk penelitian. Agregat cukup kuat dengan memperhatikan nilai abrasi dengan mesin Los Angeles sebesar 22% dari syarat maksimal 40 %, data ini menunjukan bahwa agregat tidak akan mudah pecah menjadi butiran halus dan gradasinya tetap terjaga yang berpengaruh nantinya untuk menahan beban lalu lintas. Namun agregat kasar lebih kuat dibandingkan agregat medium karena nilai abrasi dengan mesin Los Angeles agregat kasar lebih besar dari abrasi dengan mesin Los Angeles agregat medium.

4.2.3 Pemeriksaan Agregat Halus.

Tabel 4.4. Hasil pengujian kualitas dan karakteristik agregat halus

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis Bulk	AASHTO T-85-81	Min 2,5 gr/cm ³	2,55gr/cm ³	Memenuhi
2	Berat Jenis SSD	AASHTO T-85-81	Min 2,5 gr/cm ³	2,56r/cm ³	Memenuhi
3	Berat Jenis Semu	AASHTO T-85-81	Min 2,5 gr/cm ³	2,58gr/cm ³	Memenuhi
4	Penyerapan air	SNI 1969 -1989- F	Maks 3%	0,50 %	Memenuhi
5	Lolos Saringan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks 8%	6,75%	Memenuhi

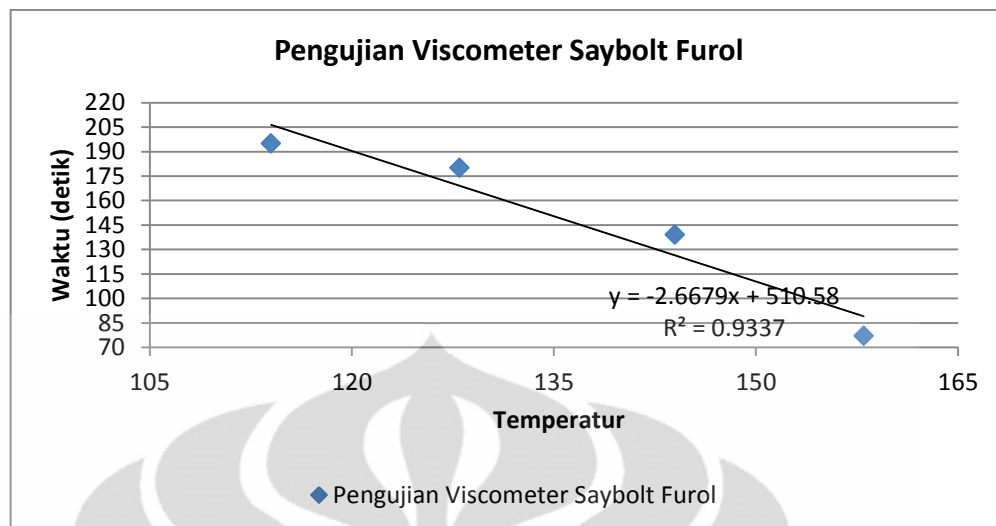
Dari tabel 4.4 di atas diperoleh hasil pengujian agregat kasar yang memiliki nilai berat jenis bulk $2,55 \text{ gr/cm}^3$, berat jenis SSD $2,56 \text{ gr/cm}^3$, berat jenis semu $2,58 \text{ gr/cm}^3$, dan penyerapan air agregat sebesar 0,50 %. Hal ini menunjukkan agregat tergolong normal dan dapat digunakan untuk penelitian. Dengan pengujian lolos saringan No.200 diperoleh jumlah agregat yang lewat dari saringan No.200 adalah 6,75% dan ini lebih kecil dari spesifikasi. Dan untuk memeriksa kadar organik dalam agregat dilakukan dengan pengujian kotoran organik, hasil pengujian menunjukkan warna yang ditunjukkan dengan menyesuaikan standar warna adalah No.3, artinya tidak terlalu banyak organik dalam agregat sehingga tidak perlu dilakukan pencucian agregat halus untuk pencampuran.

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian viskositas aspal dengan alat Viscometer Saybolt Furol dengan temperatur percobaan 114°C , 128°C , 144°C , dan 158°C . Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui suhu pencampuran dan pematatan benda uji aspal beton. Temperatur pencampuran diperoleh pada saat aspal mempunyai nilai *Viscosimeter Saybolt Furol* 85 ± 10 detik, dan suhu pematatan diperoleh pada saat aspal mempunyai nilai *Viscosimeter Saybolt Furol* 140 ± 15 detik.

Hasil pengujian viskositas ditunjukkan pada tabel 4.4 dan gambar 4.1 di bawah.

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Viskositas Aspal Pen. 60/70

No	Tempertur Pembacaan ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu (detik)
1	114	195
2	128	180
3	144	139
4	158	77



Gambar 4.2. Grafik Hubungan Antara Waktu dan Temperatur dalam Pengujian Viscosimeter Saybolt Furol

Dari grafik diatas diperoleh bahwa suhu pencampuran pada viscositas aspal 85 ± 10 detik dicapai pada temperature 140°C dan suhu pemadatan pada viscositas 140 ± 15 detik dicapai pada suhu 159°C .

4.3 Hasil Pengujian Aspal

Penelitian ini menggunakan aspal modifikasi antara aspal minyak pertamina pen 60/70 dengan *Buton Natural Asphalt (BNA)*. Dalam penelitian ini dilakukan empat modifikasi aspal antara aspal minyak pertamina pen 60/70 dengan *Buton Natural Asphalt (BNA)* dengan persentase sebagai berikut:

1. Aspal Minyak pen 60/70 80% dan BNA 20%.
2. Aspal Minyak pen 60/70 70% dan BNA 30%.
3. Aspal Minyak pen 60/70 65% dan BNA 35%.
4. Aspal Minyak pen 60/70 60% dan BNA 40%.

Masing-masing modifikasi aspal diatas akan diuji karaktersitiknya dan juga aspal pertamina pen 60/70 serta BNA.

- a. Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70.

Aspal minyak yang digunakan adalah produk dari Pertamina. Aspal pertamina Pen 60/70 ini akan diuji karakteristiknya dengan 8 metode pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.5.dibawah.

Tabel 4.6. Hasil Pemeriksaan Aspal Minyak Pertamina

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Pen 6070		Hasil	Keterangan
		Min	Max		
Penetrasi 25 0C , 100 gr, 5 detik	0,1 mm	60	79	61.2	Memenuhi
Titik Lembek 5 0C (Ring and Ball)	Derajat Celcius	48	58	48	Memenuhi
Daktalitas	cm	10		>100	Memenuhi
Kelarutan CCL4	% berat	99		99,9	Memenuhi
Titik Nyala (Cleveland Open Cup)	Derajat Celcius	232		330	Memenuhi
Berat Jenis 25 0C	gr/cc	1		1	Memenuhi
Kehilangan Berat (Thick Film Oven Test)	% berat		0.4	0.0003	Memenuhi
Pen Setelah kehilangan berat	% semula	75		78	Memenuhi

Dari tabel 4.6. diatas semua jenis pemeriksaan untuk jenis aspal penetrasi 60/70 semua memenuhi. Hal ini berarti aspal pertamina yang digunakan benar adalah aspal yang memenuhi spesifikasi aspal Pen 60/70. Aspal ini akan digunakan sebagai bahan dasar Laston AC-WC.

b. Pengujian *Buton Natural Asphalt (BNA)*.

Karakteristik BNA diambil dari referensi dari PT. Aston Adhi Jaya. Namun karena pengujian ini menitikberatkan pada pengaruh penetrasi, penulis melakukan uji penetrasi pada BNA baik sebelum maupun sesudah kehilangan berat. Pengujian dilakukan sama seperti metode pengujian aspal minyak pen 60/70 sebelumnya. Dari hasil pengujian terdapat perbedaan nilai penetrasi dengan sumber referensi. Pada sumber referensi nilai penetrasi BNA sebelum kehilangan berat adalah 3 dan setelah kehilangan berat 33% dari penetrasi semula, sedangkan hasil pengujian nilai penetrasi yang diperoleh adalah 14.8 sebelum kehilangan berat dan 52.7% dari penetrasi semula setelah kehilangan berat. Hal ini tidak terlalu mempengaruhi penelitian, karena data pengujian juga menunjukkan bahwa penetrasi BNA sangat kecil dibandingkan dengan aspal minyak, dan ini sesuai dengan tujuan penulis yakni dengan menambahkan BNA kedalam campuran sebagai aspal modifikasi dengan aspal minyak akan menurunkan nilai penetrasi campuran.

c. Pengujian Aspal Modifikasi (Aspal minyak Pen 60/70 + BNA).

Pengujian aspal modifikasi juga dilakukan untuk mengetahui karakteristik masing-masing campuran aspal modifikasi. Dengan adanya perbedaan antara 4 jenis campuran ini akan dilihat perubahan yang terjadi pada hasil pengujian *skid resistance* berikutnya. Hasil pengujian karakteristik aspal campuran dapat dilihat pada tabel 4.7. dibawah ini.

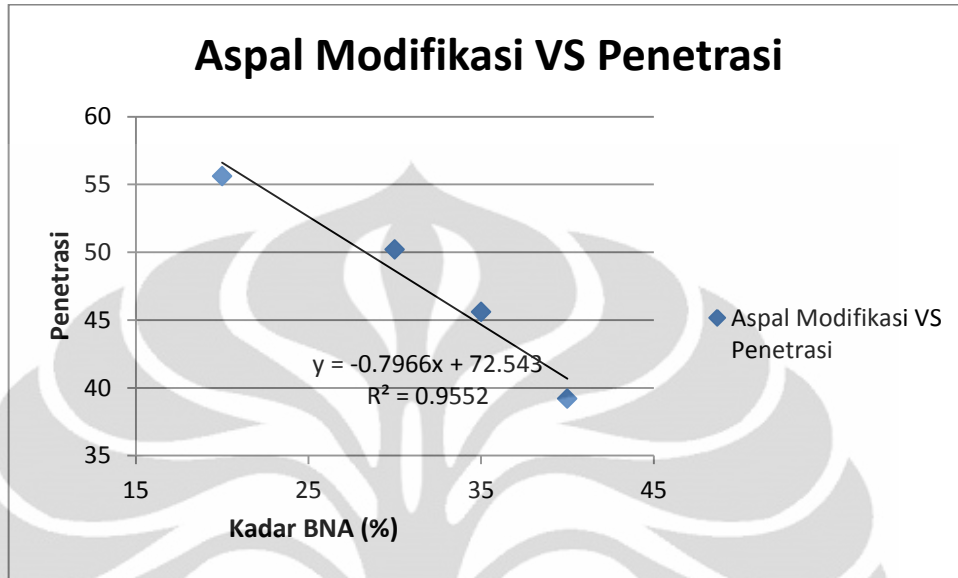
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Aspal Modifikasi

Parameter	BNA Blend [75/25]	BNA Blend [80/20]	BNA Blend [70/30]	BNA Blend [65/35]	BNA Blend [60/40]	Spec. Binamarga [aspal alam modifikasi]
Penetrasi @25 dlm mm	51	55,6	50,2	45,6	39,2	40-55
Titik Lembek 0C	55,8	56,25	54,5	53,25	52,5	Min 55
Daktilitas cm	62	65,5	63	60,5	54	Min 50
Kelarutan TCE, % - W	90,3	90%	84%	82%	79%	Min 90
Titik Bakar		325	308	290	283	
Titik Nyala	300	310	296	285	270	Min 225
Berat Jenis	1,109	1,087	1,133	1,159	1,209	Min 1
Kehilangan Berat, %	0,006	0,0015	0,001	0,0095	0,007	Max 2
Pen Setelah LOH, %	84	46,6	43,4	38	33,6	Min 55

Hasil pengujian dari aspal campuran diatas akan diplot dalam grafik untuk dianalisa perubahan-perubahan yang terjadi pada setiap penambahan BNA dalam aspal campuran. Data karakteristik BNA Blend [75/25] diambil dari referensi dari PT. Aston Adhi Jaya.

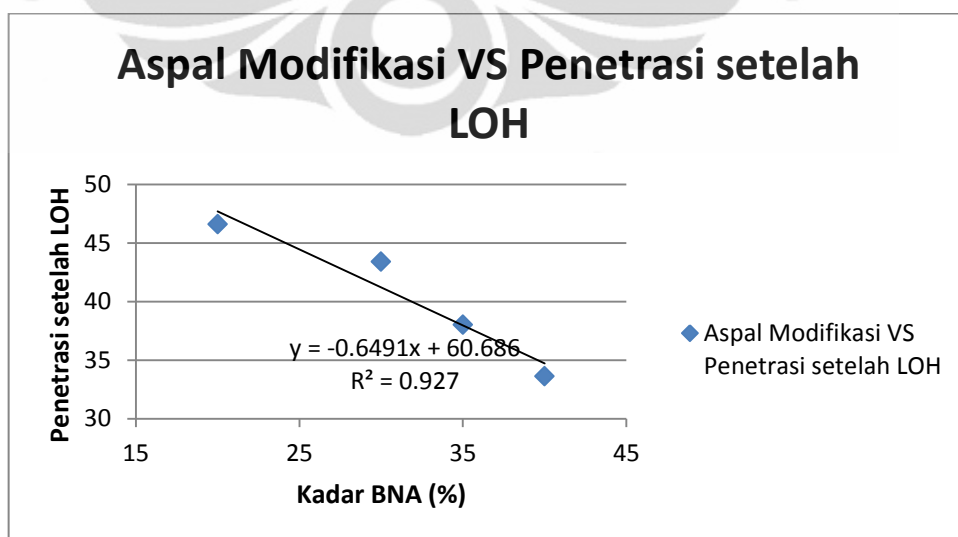
Masing-masing parameter pengujian diatas diplot dan dianalisa pada grafik-grafik dibawah ini.

1. Penetrasi.



Gambar 4.3. Hubungan penetrasi dengan aspal modifikasi

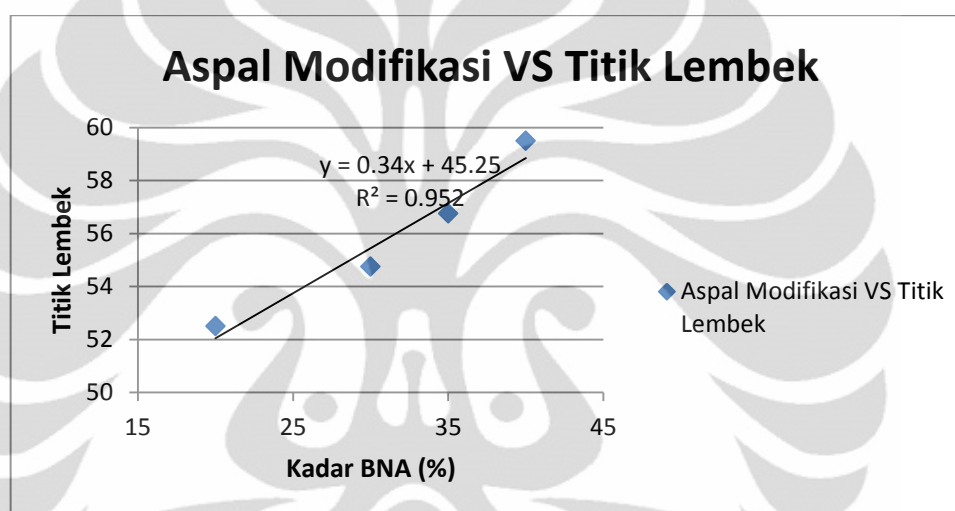
Grafik diatas menggambarkan aspal modifikasi dengan penetrasi. Nilai penetrasi akan semakin kecil jika kadar BNA dalam campuran semakin besar. Penetrasi paling tinggi ketika campuran aspal menggunakan BNA sebesar 20%, dan paling rendah pada campuran aspal menggunakan BNA sebesar 40%. Dapat disimpulkan bahwa BNA dapat mengubah nilai penetrasi aspal modifikasi, dan BNA akan menurunkan nilai penetrasi campuran.



Gambar 4.4. Hubungan penetrasi setelah LOH dengan aspal modifikasi

Hubungan antara nilai penetrasi setelah LOH juga sama seperti grafik antara aspal modifikasi dengan penetrasi. Semakin besar kadar BNA dalam campuran maka nilai penetrasi campuran semakin menurun. Nilai penetrasi setelah LOH akan lebih kecil dibandingkan dengan nilai penetrasi sebelum LOH, karena pada percobaan dilakukan pemanasan benda uji selama 5 jam dalam suhu oven 160 °C. Dengan adanya pemanasan ini akan ada perubahan kadar bitumen dan kadar mineral yang terkandung didalam aspal minyak maupun BNA.

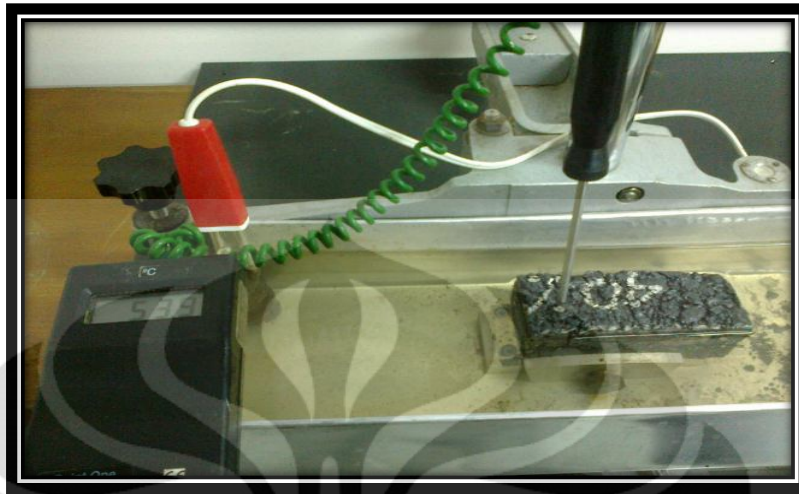
2. Titik Lembek.



Gambar.4.5. Hubungan titik lembek dengan aspal modifikasi.

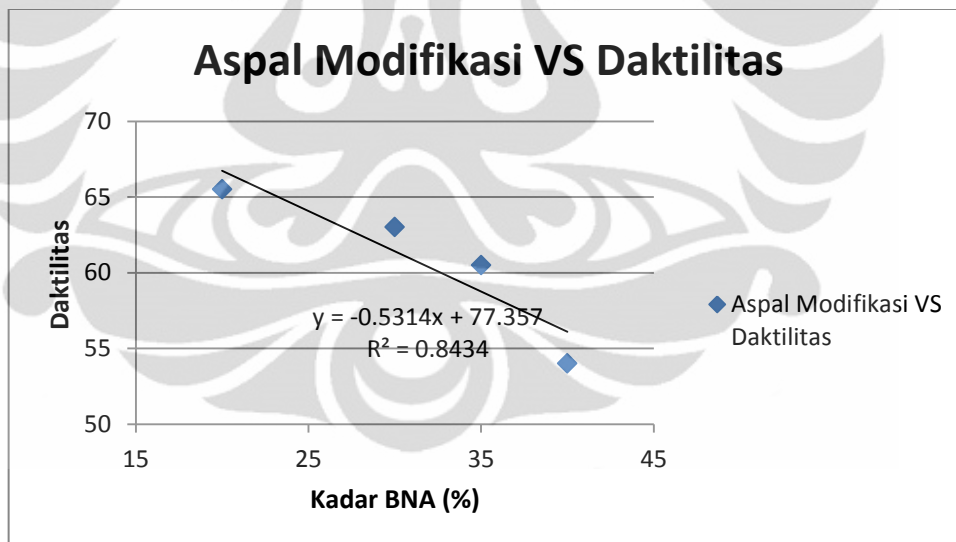
Perubahan titik lembek aspal campuran juga berubah seiring berubahnya kadar BNA dalam campuran, semakin besar kadar BNA dalam campuran maka nilai titik lembek campuran akan semakin naik seperti diperlihatkan pada grafik diatas. Hal ini akan berpengaruh pada pengujian yang menggunakan variasi suhu benda uji. Saat suhu pengujian sudah melampaui suhu titik lembek campuran maka akan berpengaruh pada perubahan bentuk benda uji karena daya ikat aspal campuran terhadap agregat akan berubah. Dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini, pada saat suhu permukaan benda uji 53,9 °C permukaan benda uji mulai berubah bentuk (rusak), terlihat pada gambar 4.6 ada keretakan benda uji. Hal ini dipengaruhi oleh perubahan suhu aspal campuran yang sudah melewati titik lembeknya. Pada saat pengujian titik lembek aspal campuran suhu yang diukur pada pengujian adalah suhu air dalam bejana, sedangkan pada pengujian *skid resitantes* suhu yang diukur adalah suhu permukaan benda uji. Pada saat suhu

permukaan benda uji 53,9 °C suhu air dalam wadah mencapai 81 °C. Hal ini menunjukkan bahwa sudah sangat melampaui suhu titik lembek aspal campuran.



Gambar. 4.6. Perubahan tekstur dan bentuk benda uji setelah melewati titik lembek aspal campuran.

3. Daktilitas.



Gambar 4.7. Hubungan daktilitas dengan aspal modifikasi.

Pengujian daktilitas ini juga dapat menggambarkan karakteristik aspal campuran. Nilai daktilitas campuran akan semakin kecil jika kadar BNA dalam campuran semakin bertambah. Daktilitas campuran ini akan mempengaruhi stabilitas benda uji. Adanya gesekan antara karet penguji dengan permukaan benda uji akan memberikan tekanan pada benda uji. Nilai daktilitas akan mempengaruhi daya ikat antar agregat dalam benda uji, seiring dengan

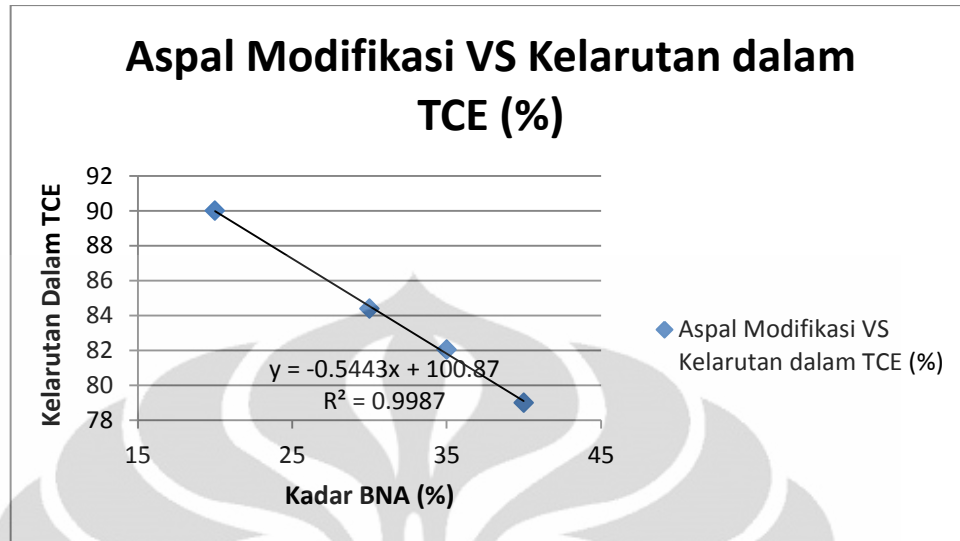
meningkatnya suhu maka aspal dalam campuran akan semakin lembek dan tentunya daktilitas campuran akan berpengaruh pada perubahan benda uji. Semakin tinggi nilai daktilitas maka ikatan antar agregat semakin baik. Dalam hal ini pengaruh daktilitas oleh suhu benda uji tidak dapat dianalisa karena pada pengujian karakteristik aspal, pengujian daktilitas tidak menggunakan variasi suhu. Suhu pengujian daktilitas pada semua campuran aspal menggunakan suhu 25 °C.



Gambar 4.8. Kerusakan benda uji setelah pengujian.

Gambar 4.8 di atas menunjukkan perubahan bentuk benda uji setelah pengujian. Ada keretakan pada benda uji setelah pengujian, suhu pengujian meningkat dari 35 °C sampai 55 °C. Selain faktor titik leleh campuran, nilai daktilitas campuran juga berpengaruh pada kekuatan aspal dalam mengikat agregat dalam benda uji. Bila dibandingkan nilai daktilitas aspal minyak Pen 60/70 dengan aspal campuran yaitu lebih besar dari 100 cm untuk aspal minyak dan lebih kecil dari 70 cm untuk aspal campuran/modifikasi, ada penurunan yang sangat besar jika aspal minyak dicampur dengan BNA. Dapat disimpulkan bahwa penambahan BNA dalam campuran aspal akan menurunkan daktilitas aspal campuran.

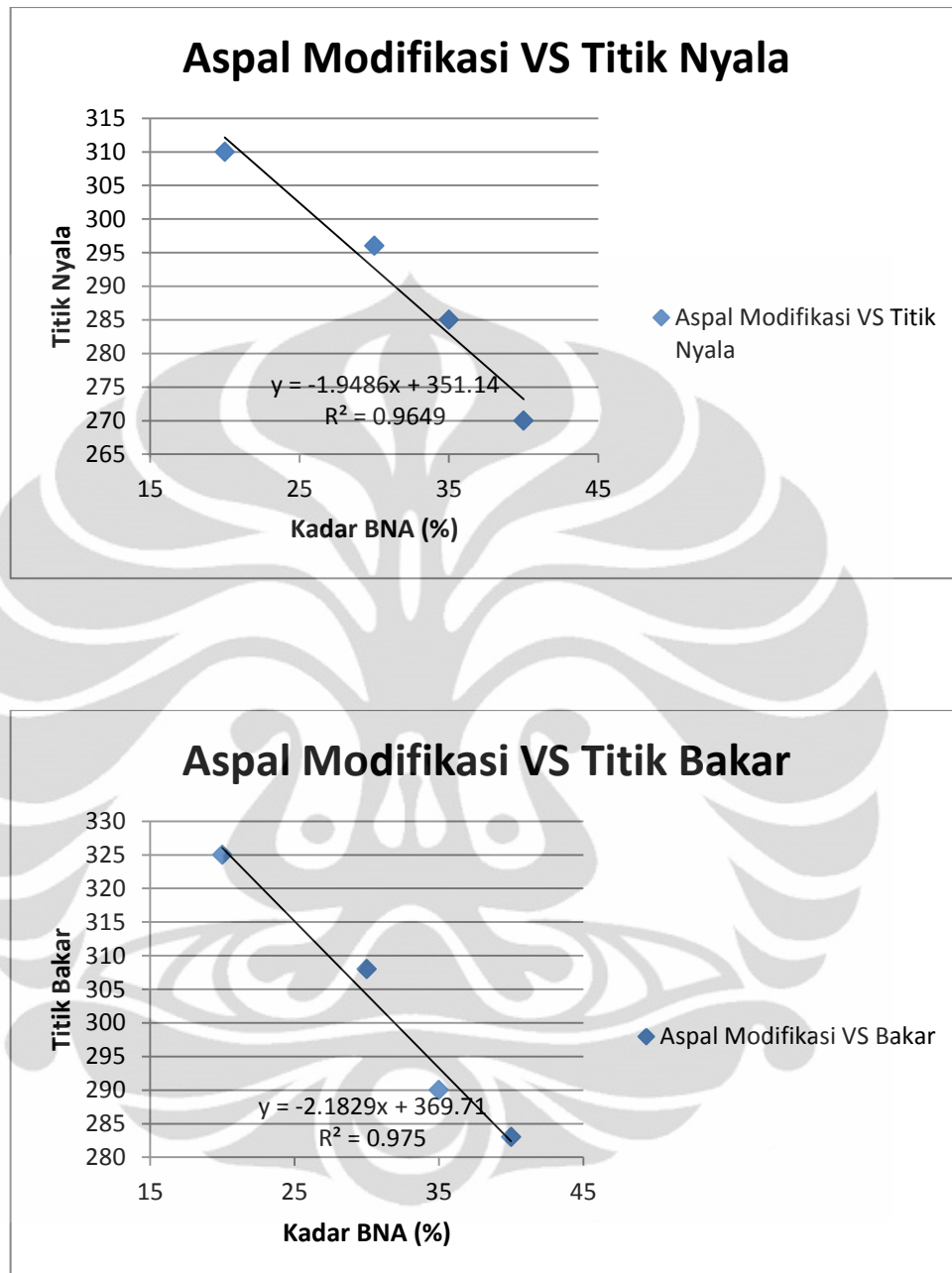
4. Kelarutan dalam TCE



Gambar 4.9. Hubungan kelarutan dalam TCE dengan aspal modifikasi.

Pengujian aspal campuran dengan TCE bertujuan untuk melihat seberapa besar kadar bitumen yang ada didalam campuran. Melihat dari referensi perbedaan antara asbuton konvensional dengan BNA dikatakan bahwa kadar bitumen BNA lebih besar dibandingkan dengan kadar bitumen asbuton konvensional. Kadar bitumen BNA 55%-60%, kadar bitumen BNA lebih besar dibandingkan kadar mineralnya. Grafik diatas menunjukkan kadar bitumen dalam campuran semakin besar bila kadar BNA dalam campuran semakin banyak. Sesuai dengan spesifikasi Bina Marga kadar bitumen dalam aspal modifikasi minimal 90(%-W). Hasil pengujian menunjukkan hanya modifikasi aspal dengan kadar BNA 20% dan 25 % saja yang memenuhi syarat tersebut.

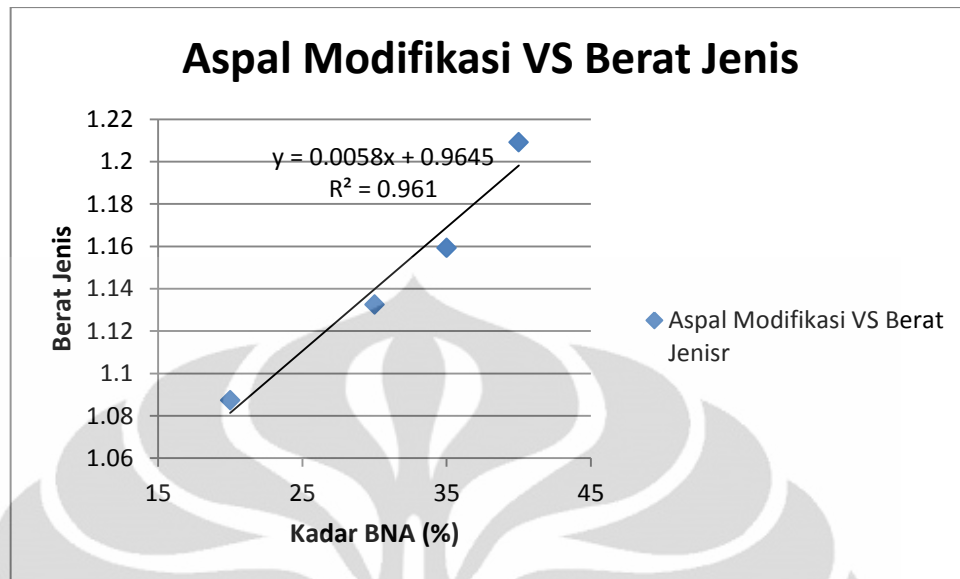
5. Titik Nyala dan Titik Bakar



Gambar 4.10. Hubungan titik nyala dan titik bakar dengan aspal modifikasi.

Penambahan BNA dalam campuran juga berpengaruh pada titik nyala dan titik bakar aspal campuran. Semakin besar kadar BNA dalam campuran maka titik nyala dan titik bakar aspal campuran akan semakin kecil. Titik nyala BNA sebesar 250 °C dan titik nyala aspal minyak sebesar 330 °C dan titik bakarnya 350 °C. Perbedaan titik nyala aspal minyak dengan BNA dengan selisih 80 °C akan sangat berpengaruh pada aspal campuran.

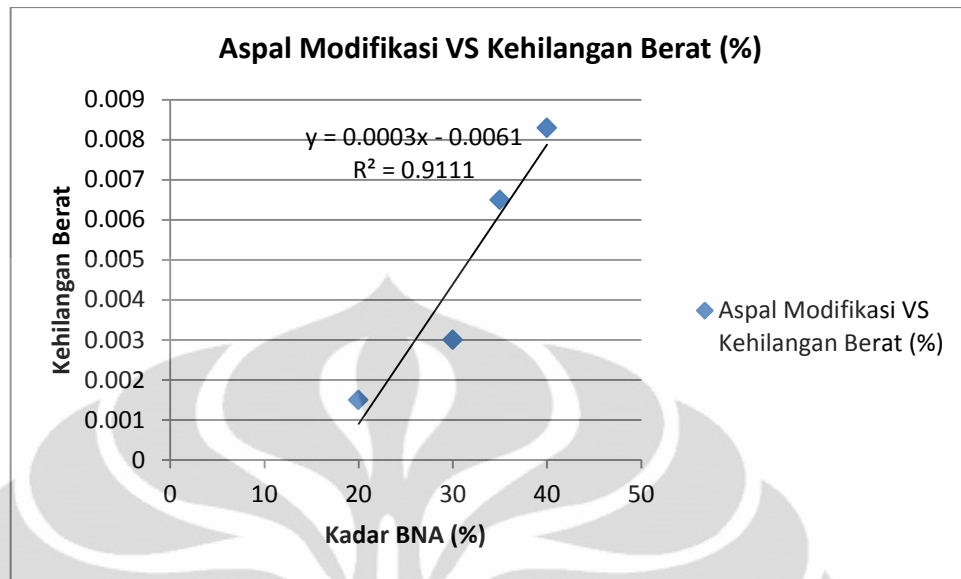
6. Berat Jenis



Gambar 4.11. Hubungan berat jenis dengan aspal modifikasi.

Pengujian berat jenis masing-masing campuran aspal menggunakan piknometer. Untuk mendapat berat jenisnya dilakukan dengan membandingkan berat bitumen atau ter dengan air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Dari grafik diatas berat jenis semakin besar bila kadar BNA dalam campuran semakin besar. Berat jenis aspal minyak sebesar 1,02 sedangkan BNA sebesar 1,41. Dengan adanya pencampuran BNA dengan aspal minyak menjadi sebuah campuran aspal akan merubah nilai berat jenisnya. Hal ini dipengaruhi oleh kadar bitumen BNA yang besar yakni 55%-60% akan menambah kadar bitumen dalam campuran yang akan menambah nilai berat jenis campuran.

7. Kehilangan Berat



Gambar 4.12. Grafik Hubungan Aspal Modifikasi dengan Kehilangan Berat

Dari referensi bahwa kehilangan berat pada BNA murni sebesar 0.072 %, artinya semakin besar kadar BNA dalam campuran maka semakin besar kehilangan beratnya. Terlihat pada grafik semakin besar kadar BNA dalam campuran maka semakin besar kehilangan berat pada campuran aspal tersebut. Nilai $R^2 = 0.911$ tidak berarti menunjukkan kebaikan data, karena berat benda uji sebelum pemanasan maupun sesudah pemanasan untuk setiap jenis modifikasi berbeda.

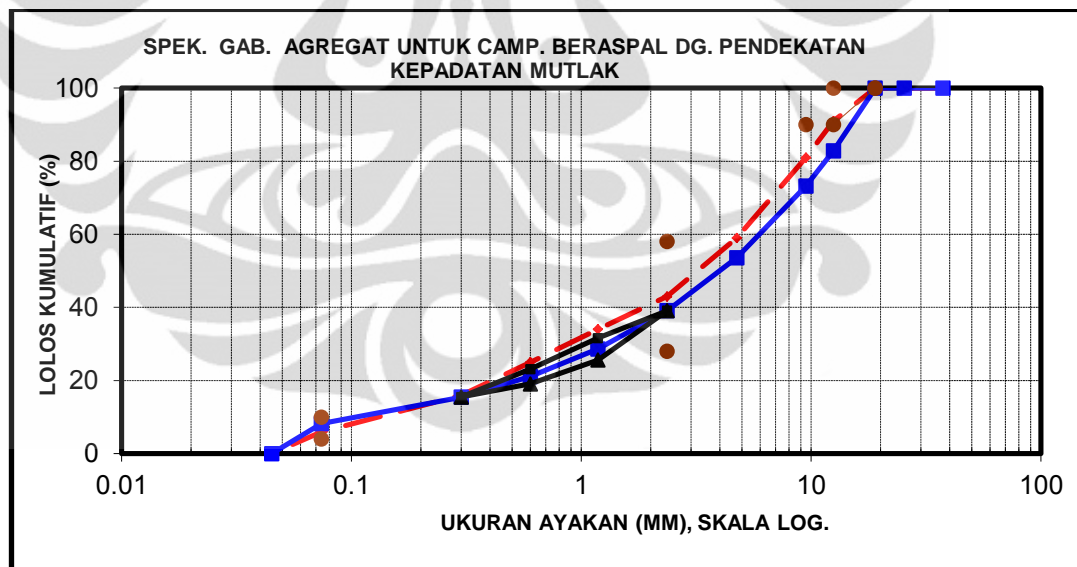
4.4 Gradasi Agregat

Hasil analisa ayakan tidak masuk dalam spesifikasi laston AC-WC, karena itu dilakukan *treatment* gradasi terhadap kurva fuller agar gradasi masuk dalam spesifikasinya. Gradasi campuran yang akan diteliti adalah gradasi campuran Laston AC-WC yang letaknya berada diatas kurva Fuller, agar diperoleh susunan butir yang lebih halus. Untuk meningkatkan ketahanan terhadap deformasi yang rendah maka digunakan penambahan BNA dengan penetrasi yang lebih rendah. Gradasi campuran mengacu pada spesifikasi Campuran Aspal Panas Departemen Pekerjaan Umum tahun 2008. Gradasi agregat berdasarkan spesifikasi Fuller yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga No. 023/T/BM/1999.

Tabel 4.8. Gradasi Agregat

No	Ukuran Ayakan		% Berat Tertahan		% Berat Lolos Gradasi Campuran	Lolos Kum, (%), Agg. Laston AC-WC berdasarkan Spek No. 023/T/BM/1999				
	ASTM	mm	Tertahan	Kumulatif		Spek. Gradasi Fuller	Daerah dihindari		Titik kontrol	
							Bawah	Atas	Min.	Maks.
1	3/4"	19	0	0	100	100			100	100
2	1/2"	12.5	9	9	91	82.8			90	100
3	3/8"	9.5	10	19	81	73.2				90
4	No.4	4.75	22	41	59	53.6				
5	No.8	2.36	16	57	43	39.1	39.1	39.1	28	58
6	No.16	1.18	9	67	33	28.6	25.6	31.6		
7	No.30	0.6	9	75	25	21.1	19.1	23.1		
8	No.50	0.3	9	84	16	15.5	15.5	15.5		
9	No.200	0.075	10	94	6	8.3			4	10
10	Pan	0	6	100	0	0				

Sumber: Skripsi Saptoyo Aji, 2011



Sumber: Skripsi Saptoyo Aji, 2011

Gambar 4.13. Grafik gradasi campuran

Dari tabel dan grafik diatas gradasi campuran ditunjukkan oleh grafik warna biru, dan grafik spesifikasi Fuller oleh warna merah. Untuk tipe Laston AC-WC harus berada diatas gradasi Fuller dan tidak boleh berada dalam daerah larangan, namun diijinkan memotong kurva fuller maksimal satu kali.

4.5 Menentukan Jumlah Kebutuhan Agregat dan Aspal untuk Benda Uji *Skid Resistance*.

Pembuatan benda uji *skid resistance* mengacu pada benda uji marshall dengan membandingkan volume benda uji marshall dengan volume benda uji *skid resistance*.

Dimensi Benda uji Marshall:

Diameter = 10.16 cm, Jari-jari (r) = 5.08 cm, Tinggi = 6.27 cm

Jadi volumenya = 508.07 cm^3

Tabel 4.9. Jumlah kebutuhan agregat per gradasi untuk 1 benda uji marshall

No	Ukuran Ayakan		% Berat Tertahan (A)	Berat Agregat 1 Benda Uji (gram) (B)	Berat Tiap Ukuran Ayakan (AxB) (gram)
	ASTM	mm			
1	3/4"	19	0	1100	0
2	1/2"	12.5	9		9900
3	3/8"	9.5	10		11000
4	No.4	4.75	22		24200
5	No.8	2.36	16		17600
6	No.16	1.18	10		11000
7	No.30	0.6	8		8800
8	No.50	0.3	9		9900
9	No.200	0.075	10		11000
10	Pan	0	6		6600

Tabel 4.10. Jumlah kebutuhan agregat per gradasi untuk 1 benda uji *skid resistance*.

No	Ukuran Ayakan		% Berat Tertahan (A)	Berat Agregat 1 Benda Uji (gram) (B)	Berat Tiap Ukuran Ayakan (AxB) (gram)
	ASTM	mm			
1	3/4"	19	0	9742.75	0
2	1/2"	12.5	9		87684.8
3	3/8"	9.5	10		97427.5
4	No.4	4.75	22		214341
5	No.8	2.36	16		155884
6	No.16	1.18	10		97427.5
7	No.30	0.6	8		77942
8	No.50	0.3	9		87684.8
9	No.200	0.075	10		97427.5
10	Pan	0	6		58456.5

Dimensi benda uji *skid resistance*

Panjang = 30 cm

Lebar = 30 cm

Tinggi = 5 cm

$$\begin{aligned} \text{Volume benda uji } \textit{skid resistance} &= p \times l \times t \\ &= 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \\ &= 4500 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan agregat untuk satu benda uji *skid resistance* diperoleh dari:

$$= (4500 / 508.07) \times 1100$$

$$= 9742,75 \text{ gram}$$

Pada skripsi Aji Saptoyo sebelumnya kebutuhan agregat diatas dikalikan dengan faktor koreksi senilai 1,03. Jadi kebutuhan agregat untuk satu benda uji *skid resistance* adalah 10035,03 gram. Namun pada penelitian ini tidak menggunakan faktor koreksi. Maka kebutuhan agregat untuk satu benda uji *skid resistance* adalah 9742,75 gram.

Kadar optimum aspal yang digunakan adalah 5,9 %. Maka kebutuhan aspal campuran untuk satu benda uji *skid resistance* adalah 610, 86 gram.

Tabel 4.11. Kebutuhan masing-masing aspal minyak pen 60/70 dan BNA untuk aspal modifikasi

Variasi BNA	Aspal pen60/70	Berat BNA (gr)	Berat Aspal (gr)
20%	80%	122.17	488.69
30%	70%	183.26	427.60
35%	65%	213.80	397.06
40%	60%	244.35	366.52

Tabel 4.12. Berat masing-masing agregat untuk satu benda uji *skid resistance*.

Jenis Agregat	Kadar Agregat	Berat Agregat (gr)
Ag. Kasar	19%	1851,12
Ag. Medium	47%	4579,09
Ag. Halus	34%	3312,54

Tabel 4.13. Berat aspal minyak, BNA, dan agregat untuk masing-masing benda uji *skid resistance*

Benda Uji	Variasi BNA	Aspal pen 60/70	Agregat Kasar (gr)	Agregat Medium (gr)	Agregat Halus (gr)	Berat BNA (gr)	Berat Aspal (gr)
1	20%	80%	1851,12	4579,09	3312,54	122,17	488,69
2	30%	70%	1851,12	4579,09	3312,54	183,26	427,60
3	35%	65%	1851,12	4579,09	3312,54	213,80	397,06
4	40%	60%	1851,12	4579,09	3312,54	244,35	366,52
Total			7404,49	18316,37	13250,14	763,58	1679,87

4.6 Hasil Pengujian *Skid Resistance*

Pengujian *Skid Resistance* dilakukan di laboratorium dengan ukuran benda uji 12cmx12cmx5cm. Ada empat jenis bahan campuran laston aspal PEN 6070 + BNA dengan kadar BNA yang berbeda yakni 20%, 30%, 35%, 40% terhadap kadar aspal optimum 5,9%. Ada dua jenis pengujian yang dilakukan untuk masing-masing campuran, pertama menguji benda uji untuk masing-masing kadar BNA yang berbeda dalam campuran dengan variasi suhu yang semakin meningkat dari 30⁰C , 35⁰C, 40⁰C, 45⁰C, 50⁰C, sampai 55⁰C, yang disimbolkan dengan angka 1, 2,3,4,5 pada tabel hasil pengujian, kedua setiap benda uji untuk masing-masing kadar BNA akan diuji pada masing-masing suhu berikut : 30⁰C , 35⁰C, 40⁰C, 45⁰C, 50⁰C, 55⁰C yang disimbolkan dengan angka 1',2',3',4',5' pada tabel 4.13. hasil pengujian. Pengujian dilakukan dengan melepaskan karet peluncur yang akan menggesek permukaan benda uji, nilai BPN akan ditunjukkan pada jarum penunjuk yang kemudian dicatat. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali pada setiap percobaan kemudian dicantumkan hasil rata-ratanya. Hasil pengujian *skid resistance* untuk kadar BNA yang berbeda dalam setiap campuran dapat ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.14. Hasil Pengujian *Skid Resistance*

PEMBACAAN KEKESATAN (BPN)																
TEMPERATUR PERMUKAAN (°C)	SAMPLER BNA 20%											$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi		X+SD	X-SD
	1	2	3	4	5	1'	2'	3'	4'	5'	Rata-rata (x)		$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/(n-1))}$			
30	72	73	73	72	71	72	73	73	72	71	72.2	5.600	0.789	72.99	71.41	
35	69	68	70	70	71	69	71	68	70	68	69.4	12.400	1.174	70.57	68.23	
40	67	65	65	66	66	71	67	65	66	66	66.4	28.400	1.776	68.18	64.62	
45	65	63	63	62	62	66	65	67	65	64	64.2	25.600	1.687	65.89	62.51	
50	62	61	60	60	62	63	62	61	63	61	61.5	10.500	1.080	62.58	60.42	
55	58	57	56	57	59	58	59	60	59	58	58.1	12.900	1.197	59.30	56.90	
TEMPERATUR PERMUKAAN (°C)	SAMPLER BNA 30%											$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi		X+SD	X-SD
	1	2	3	4	5	1'	2'	3'	4'	5'	Rata-rata (x)		$SD=\sqrt{(\sum(xi-X)^2/(n-1))}$			
30	79	78	77	78	78	79	78	77	78	78	78	4.000	0.667	78.67	77.33	
35	76	75	77	75	76	78	76	77	75	76	76.1	8.900	0.994	77.09	75.11	
40	74	73	74	73	74	74	73	74	73	74	73.6	2.400	0.516	74.12	73.08	
45	70	70	69	68	71	70	70	69	68	71	69.6	10.400	1.075	70.67	68.53	
50	65	66	64	65	63	65	66	64	65	63	64.6	10.400	1.075	65.67	63.53	
55	63	62	61	60	60	63	62	61	60	60	61.2	13.600	1.229	62.43	59.97	

PEMBACAAN KEKESATAN (BPN)																
TEMPERATUR PERMUKAAN (°C)	SAMPEL BNA 35%											$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi		X+SD	X-SD
	1	2	3	4	5	1'	2'	3'	4'	5'	Rata-rata (x)		SD= $\sqrt{(\sum(xi-X)^2/(n-1))}$			
30	82	80	82	81	80	82	80	82	81	80	81	8.000	0.943	81.94	80.06	
35	79	78	79	80	81	82	80	79	80	79	79.7	12.100	1.160	80.86	78.54	
40	78	77	76	78	76	77	75	79	78	77	77.1	12.900	1.197	78.30	75.90	
45	73	72	71	72	73	75	76	77	76	75	74	38.000	2.055	76.05	71.95	
50	69	70	68	67	66	71	70	69	72	70	69.2	29.600	1.814	71.01	67.39	
55	64	66	67	66	65	66	67	65	64	63	65.3	16.100	1.337	66.64	63.96	
TEMPERATUR PERMUKAAN (°C)	SAMPEL BNA 40%											$\sum(X-xi)^2$	Standar Deviasi		X+SD	X-SD
	1	2	3	4	5	1'	2'	3'	4'	5'	Rata-rata (x)		SD= $\sqrt{(\sum(xi-X)^2/(n-1))}$			
30	85	84	83	84	85	85	84	83	84	85	84.2	5.600	0.789	84.99	83.41	
35	83	84	84	82	83	85	84	83	82	81	83.1	12.900	1.197	84.30	81.90	
40	80	81	81	82	80	82	81	83	82	80	81.2	9.600	1.033	82.23	80.17	
45	76	77	75	76	78	80	77	80	79	78	77.6	26.400	1.713	79.31	75.89	
50	74	73	73	72	73	77	76	75	76	74	74.3	24.100	1.636	75.94	72.66	
55	68	67	66	66	68	71	70	71	70	70	68.7	34.100	1.947	70.65	66.75	

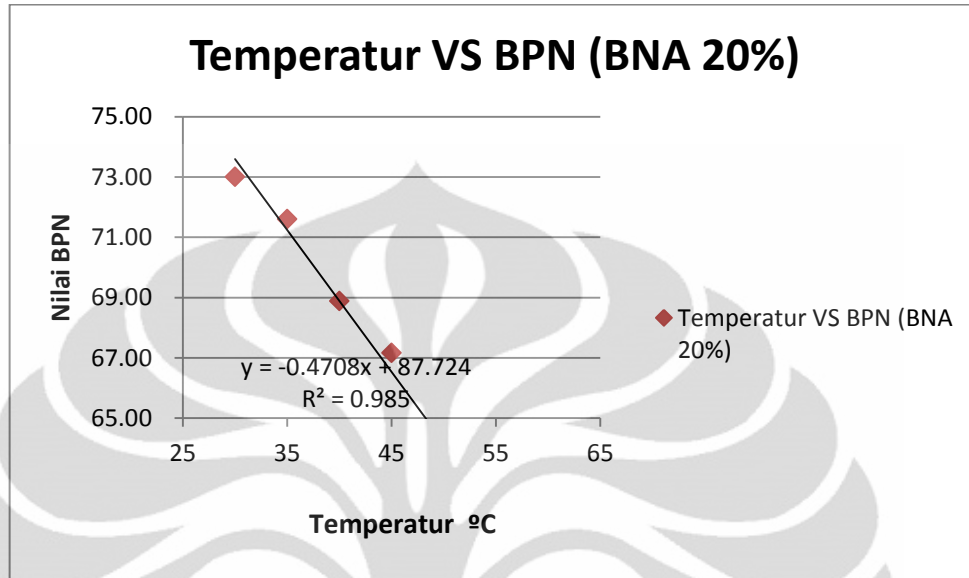
Tabel4.15. Nilai BPN akhir.

TEMPERATUR PERMUKAAN (°C)	Koreksi	SAMPEL BNA 20%		SAMPEL BNA 30%		SAMPEL BNA 35%		SAMPEL BNA 40%	
		BPN	BPN Baru	BPN	BPN Baru	BPN	BPN Baru	BPN	BPN Baru
30	+1	72.00	73.00	78.00	79.00	81.00	82.00	84.00	85.00
35	+2	69.60	71.60	76.33	78.33	79.43	81.43	83.13	85.13
40	+3	65.89	68.89	74.00	77.00	77.13	80.13	81.50	84.50
45	+3	64.17	67.17	69.67	72.67	74.00	77.00	77.29	80.29
50	+3	61.50	64.50	64.67	67.67	69.33	72.33	73.67	76.67
55	+3	58.13	61.13	61.50	64.50	65.60	68.60	69.00	72.00

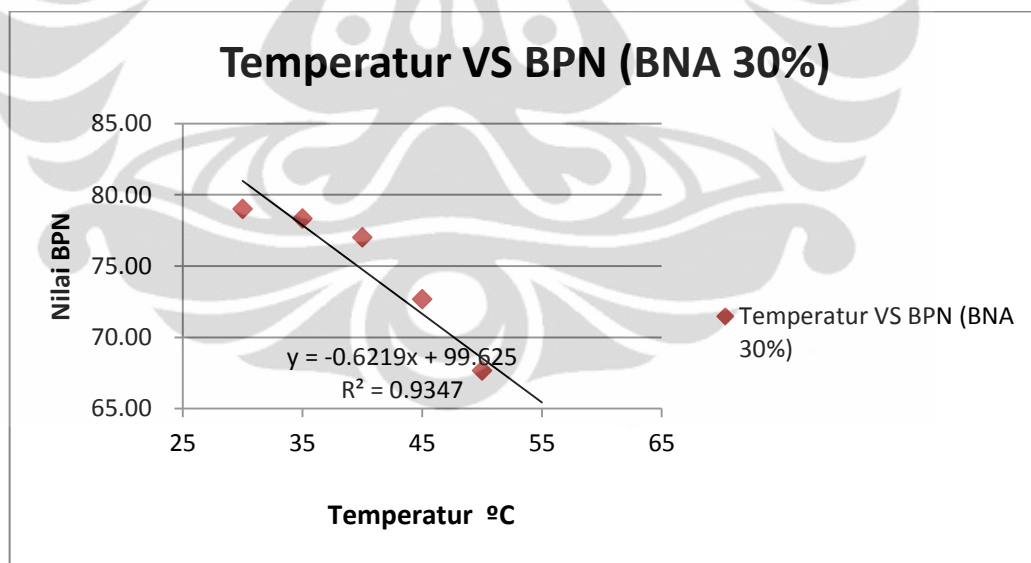
Dari tabel semua hasil pengujian LASTON Pen 60/70 + BNA dapat dilihat nilai BPN akhir dengan pengolahan data diapaparkan seperti berikut:

1. Pembacaan dilakukan sebanyak lima kali.
2. Merata-ratakan hasil pembacaan diatas.
3. Menghitung nilai Standart Deviasi (SD) / simpangan baku dari nilai-nilai tersebut.
4. Menghitung batas atas ($X+SD$) dan batas bawah ($X-SD$).
5. Nilai-nilai sebanyak lima kali tersebut dicacah menurut batas atas dan batas bawah, membuang nilai yang tidak masuk didalam batasan tersebut kemudian merata-ratakan kembali untuk mendapatkan nilai pembacaan yang sesuai.
6. Dari pencacahan didapat nilai pembacaan *Skid Resistance* akhir (BPN akhir).

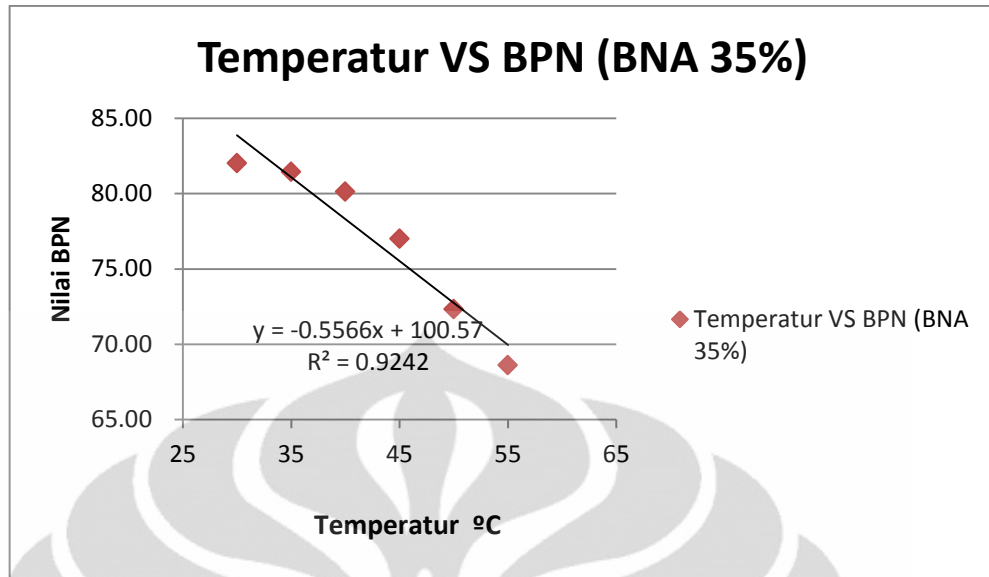
Hasil pengujian *Skid Resistance* untuk dua jenis pengujian diatas dapat dicantumkan dalam hubungan grafik antara temperatur dan nilai *Skid Resistance/ British Pendulum Number (BPN)*.



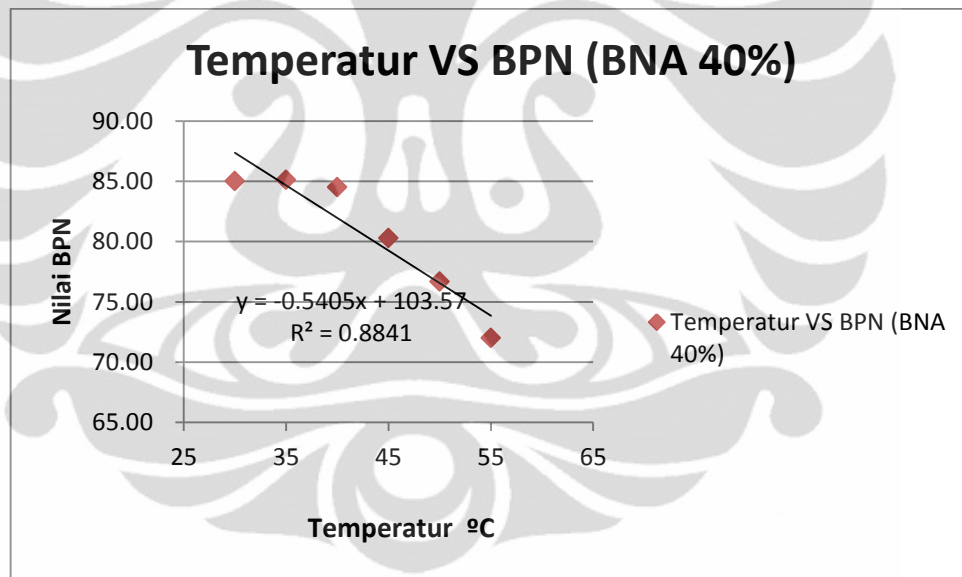
Gambar 4.14. Grafik Hubungan Temperatur dengan Nilai BPN pada kadar BNA 20% .



Gambar 4.15. Grafik Hubungan Temperatur dengan Nilai BPN pada kadar BNA 30% .



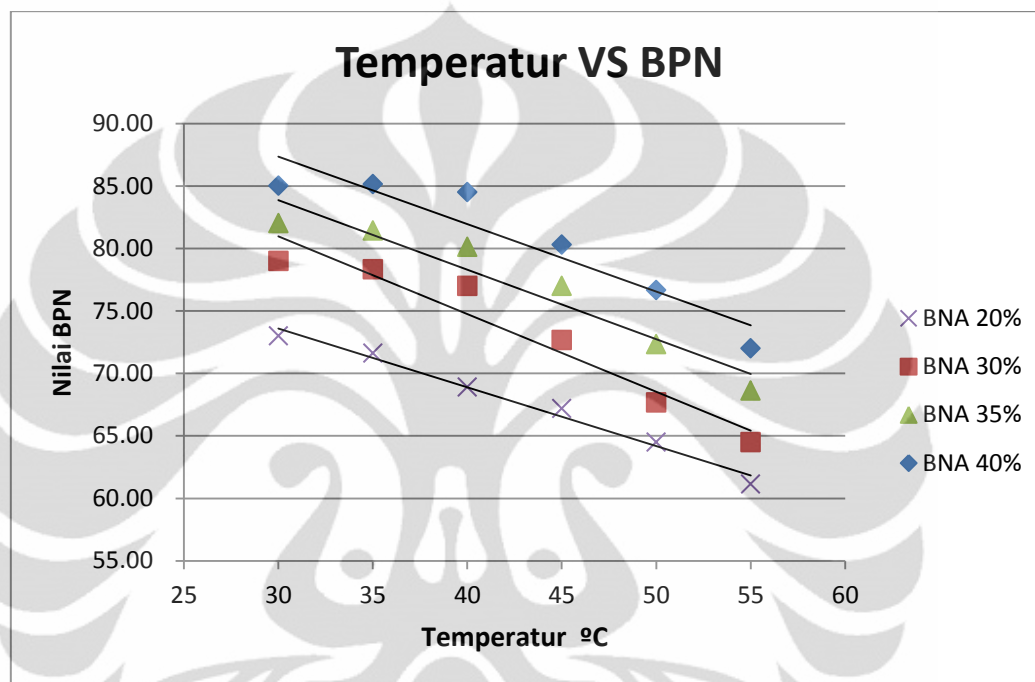
Gambar 4.16. Grafik Hubungan temperatur dengan Nilai BPN pada kadar BNA 35% .



Gambar 4.17. Grafik Hubungan Temperatur dengan Nilai BPN pada kadar BNA 40% .

Dari masing-masing grafik diatas terlihat bahwa nilai BPN cenderung menurun seiring meningkatnya suhu permukaan. Baik pada campuran dengan kadar BNA 20% sampai kadar BNA 40%, nilai BPN akan semakin kecil seiring meningkatnya suhu. Namun nilai BPN juga berpengaruh pada kadar BNA dalam campuran, dari grafik diatas nilai BPN paling tinggi berada pada campuran dengan kadar BNA 40%. Nilai BPN akan semakin meningkat bila kadar BNA dalam campuran semakin besar. Seperti dijelaskan pada hasil pengujian aspal

modifikasi, nilai penetrasi akan semakin menurun bila kadar BNA dalam campuran semakin besar. Dari hasil uji karakteristik BNA dipaparkan bahwa semakin besar BNA digunakan dalam campuran maka penetrasi semakin kecil. BNA dapat menurunkan nilai penetrasi dalam campuran aspal modifikasi, semakin kecil nilai penetrasi maka nilai *Skid Resistance* akan semakin besar seperti ditunjukkan pada grafik diatas.



Gambar 4.18. Grafik Hubungan Temperatur dengan Nilai BPN.

Pada saat semua hasil pengujian dengan cara yang pertama diplot dalam sebuah grafik maka hasilnya dapat dilihat seperti grafik diatas. Nilai BPN semakin menurun untuk semua jenis benda uji seiring dengan meningkatnya suhu pengujian. Namun dari grafik diatas grafik benda uji dengan kadar BNA 40 % berada diatas jenis benda uji lainnya, dan grafik yang berada paling bawah adalah benda uji dengan kadar BNA 20% dalam campuran. Dapat disimpulkan bahwa benda uji dengan kadar BNA 40% memiliki nilai BPN paling besar untuk setiap variasi suhu dalam pengujian. Seperti dijelaskan sebelumnya kadar BNA dalam campuran akan mempengaruhi nilai penetrasi campuran aspal, semakin besar kadar BNA dalam campuran maka nilai penetrasi akan semakin tinggi. Nilai BPN akan semakin tinggi jika penetrasi semakin kecil.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kadar BNA dalam campuran akan mempengaruhi karakteristik aspal campuran seperti penetrasi, daktilitas, titik nyala, titik bakar, dan titik lembek. Semakin besar kadar BNA dalam campuran akan membuat penetrasi semakin rendah, daktilitas semakin kecil, namun titik lembek campuran akan semakin naik. Jika kadar BNA dalam campuran semakin besar maka kelarutannya juga semakin besar, karena BNA mengandung bitumen 55-60 %. Titik nyala dan titik bakar cenderung menurun jika kadar BNA dalam campuran semakin besar.
2. Nilai rata-rata *skid number* dari setiap benda uji *skid resistance* adalah:
 - a) Kadar BNA 20% = 67,71 BPN
 - b) Kadar BNA 30% = 73,19 BPN
 - c) Kadar BNA 30% = 76,91 BPN
 - d) Kadar BNA 40% = 80,60 BPN
3. Berdasarkan nilai tahanan gesek minimum yang disarankan (kondisi basah) maka semua benda uji yang direncanakan dengan kadar BNA yang berbeda-beda dapat disarankan untuk jalan kategori A, dimana angka kekesatannya >65, yang dapat digunakan untuk tipe lokasi yang sulit seperti bundaran, belokan berjari-jari <150 m pada jalan bebas hambatan, kemiringan 1:20 atau lebih curam dengan panjang >100m, lengan pendekat simpang bersinyal pada jalan bebas hambatan.
4. Penetrasi campuran mempengaruhi nilai *skid resistance*. Semakin rendah penetrasi maka *skid resistance* akan semakin besar, demikian sebaliknya semakin tinggi penetrasi campuran maka nilai *skid resistancenya* akan semakin kecil.
5. Nilai *skid resistance* semakin menurun seiring kenaikan suhu, baik untuk kadar BNA 20%, 30%, 35%, 40% di dalam campuran.
6. Untuk mendapatkan nilai kekesatan permukaan yang lebih baik sebaiknya dilakukan pengujian terhadap parameter lainnya.

BAB 6

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Saptoyo. 2011. *Evaluasi Nilai Kekesatan Permukaan (Skid Resistance) Aspal Beton dengan Perbedaan Indeks Penetrasi Akibat Perubahan Temperatur Permukaan. Skripsi. Universitas Indonesia.*
- AASHTO. 1998. *Standard Methods of Sampling and Testing, Part II.* Washington D.C.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *Cara Uji Kekesatan Permukaan Perkerasan Menggunakan Alat British Pendulum Tester.* SNI 03-4427
- Cement Concrete & Agregates Australia. 2002. *Skid Resistance of Residential Concrete Paving Surface.* Vol. 1, Page. 1. Australia : CCAA
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2009. *Metode, Speifikasi, dan Tata Perkerasan Jalan.* Badan Penelitian dan Pengembangan.
- Mallick, Rajib B., Tahar El-Korchi. 2009. *Pavement Principles and Practice.* France: CRC Press Taylor and Francis Group.
- Oglesby, H. Clarckson, Laurene I. Hewes. 1966. *Highway Engineering, 2nd Edition.* USA : John Wiley & Sons, Inc.
- Sigh, Gurcharn. 1978. *Highway Engineering.* Delhi: P.B.H.Press.
- Sudarsono, D.U. 1987. *Rencana Campuran (Mix Design) Bagian A (Teori Gradasi) untuk Beton Aspal, Aspal Mastik, Base dan Sub Base Course Beton P.C.* Departemen Pekerjaan Umum Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Sudjana, 1992, *Metode Statistika.* Bandung: Penerbit TARSITO
- Sukirman, S., 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya,* Badan Penerbit Nova, Bandung.
- TRRL .1969. *Instructions for Using the Portable Skid Resistance Tester.* Road Note 27, Transport and Road Research Laboratory HMSO.
- Wallace, Hugh A., J. Rogers Martin. 1967. *Asphalt Pavement Engineering.* USA: Mc.Graw-Hill Book Company.
- Willey, C.C., 1935, *Principles of Highway Engineering,* 2nd Edition, McGraw-Hill, New York

LAMPIRAN



LABORATORIUM BAHAN

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI PENETRASI ASPAL

Nama : Dikerjakan :
 Judul : Diperiksa :
 Jenis contoh : Tanggal :

Pentrasi @25 C, dlm mm	BNA Blend [80/20]	BNA Blend [70/30]	BNA Blend [65/35]	BNA Blend [60/40]	BNA	Aspal Minyak Pen 60/70
Titik 1	54	50	46	40	14	60
Titik 2	56	52	44	39	15	62
Titik 3	57	50	47	38	15	63
Titik 4	56	50	46	39	16	61
Titik 5	55	49	45	40	14	60
Total	278	251	228	196	74	306
Rata-rata	55.6	50.2	45.6	39.2	14.8	61.2

Pen setelah LOH @25 C, dlm mm	BNA Blend [80/20]	BNA Blend [70/30]	BNA Blend [65/35]	BNA Blend [60/40]	BNA	Aspal Minyak Pen 60/70
Titik 1	47	45	39	33	7	47
Titik 2	46	43	38	34	8	47
Titik 3	45	44	37	35	8	49
Titik 4	47	43	38	34	9	48
Titik 5	48	42	38	32	7	47
Total	233	217	190	168	39	238
Rata-rata	46.6	43.4	38	33.6	7.8	47.6

toleransi angka range penetrasi

Hasil Penetrasi	0-49	50-149	150-249	250
Toleransi	2	4	6	8


LABORATORIUM BAHAN

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI BERAT JENIS ASPAL

 Nama :
 Judul :
 Jenis contoh :

 Dikerjakan :
 Diperiksa :
 Tanggal :

Parameter	BNA Blend				Aspal Minyak
	[80/20]	[70/30]	[35/65]	[40/60]	
A	28.15	28.15	28.15	28.15	28.15
B	50.45	50.45	50.45	50.45	50.45
C	43.7	43.1	43.8	44.05	42.6
D	51.7	52.2	52.6	53.2	50.8
Hasil	1.087	1.133	1.159	1.209	1.025

 Ket: A= Berat Piknometer(gr)
 B= Berat piknometer berisi air (gr)
 C= Berat piknometer berisi aspal (gr)
 D= Berat piknometer berisi aspal dan air (gr)

Persyaratan Nilai Berat Jenis Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan				
			Pen. 40	Pen. 60	Pen.80	Pen.120	Pen. 200
1	Berat Jenis	SNI 06-2488-1991	Min. 1,0	Min. 1,0	Min. 1,0	-	-


LABORATORIUM BAHAN

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI DAKTILITAS ASPAL

Nama : Dikerjakan :
 Judul : Diperiksa :
 Jenis contoh : Tanggal :

Parameter	BNA Blend [80/20]	BNA Blend [70/30]	BNA Blend [65/35]	BNA Blend [60/40]	Aspal minyak
Daktilitas (mm)	65.5	63	60.5	54	>100

Nilai Daktilitas Berdasarkan Jenis Penetrasi Aspal

Jenis pengujian	Satuan	Metode	Persyaratan				
			Pen 40	Pen 60	Pen 80	Pen 120	Pen 200
Daktilitas, 25 °C	cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100	Min. 100	Min. 100	Min. 100	-

**LABORATORIUM BAHAN**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI TITIK LEMBEK ASPAL

Nama : Dikerjakan :
 Judul : Diperiksa :
 Jenis contoh : Tanggal :

Parameter	Waktu (Menit)	BNA Blend [80/20]	Waktu (menit)	BNA Blend [70/30]	Waktu (menit)	BNA Blend [65/35]	Waktu (menit)	BNA Blend [60/40]
Titik Lembek I	31	52	35	55	36	57	39	60
Titik Lembek II	32	53	34	54.5	35.30	56.5	38	59
Rata-rata		52.5		54.75		56.75		59.5

**LABORATORIUM BAHAN**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI TITIK NYALA ASPAL

Nama : Dikerjakan :
 Judul : Diperiksa :
 Jenis contoh : Tanggal :

Parameter	BNA Blend [80/20]	BNA Blend [70/30]	BNA Blend [65/35]	BNA Blend [60/40]
Titik Bakar	325	308	290	283
Titik Nyala	310	296	285	270


LABORATORIUM BAHAN

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI KELARUTAN DALAM TCE

Nama : _____ Dikerjakan : _____
 Judul : _____ Diperiksa : _____
 Jenis contoh : _____ Tanggal : _____

BNA Blend [80/20]	
A	113
B	115
C	4.4
D	4.6
Hasil	90

BNA Blend [70/30]	
A	113
B	115.25
C	4.35
D	4.7
Hasil	84.44

BNA Blend [63/35]	
A	113
B	114.95
C	4.35
D	4.7
Hasil	82.05

BNA Blend [60/40]	
A	113
B	115
C	4.38
D	4.8
Hasil	79

BNA	
A	113
B	114.93
C	4.4
D	5.5
Hasil	43.01

Aspal Minyak	
A	113
B	115
C	4.5
D	4.51
Hasil	99.50

Ket: A= Berat Piknometer(gr)
 B= Berat piknometer berisi aspal (gr)
 C= Berat kertas saring sebelum digunakan (gr)
 D= Berat kertas saring setelah digunakan (gr)

**LABORATORIUM BAHAN**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI KEHILANGAN BERAT

Nama : Dikerjakan :
 Judul : Diperiksa :
 Jenis contoh : Tanggal :

Parameter	BNA Blend [80/20]	BNA Blend [70/30]	BNA Blend [65/35]	BNA Blend [60/40]
Berat Sebelum Pemanasan, gr	83.6	106.95	104.5	92.85
Berat Setelah Pemanasan, gr	83.45	106.65	103.85	92.02
Kehilangan berat, %	0.0015	0.003	0.0065	0.0083

**LABORATORIUM BAHAN**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI BERAT JENIS AGREGAT

Nama : Dikerjakan :
 Judul : Diperiksa :
 Jenis contoh : Tanggal :

Agregat Kasar

Benda Uji	I	II	Rata-rata
Berat benda uji kering oven (Bk)	3000.00	3000.00	
Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	3027.00	3030.00	
Berat benda uji di dalam air (Ba)	1868.00	1884.00	
Berat Jenis Bulk			
	Bk		

	Bj-Ba	2.59	2.62
	-----		2.60
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh			
	Bj		

	Bj-Ba	2.61	2.64
	-----		2.63
Berat Jenis Semu (Apparent)			
	Bk		

	Bk-Ba	2.65	2.69
	-----		2.67
Penyerapan (Absorption)			
	Bj-Bk		

	Bk	0.90	1.00
	-----		0.95

Agregat Medium

Benda Uji	I	II	Rata-rata
Berat benda uji kering oven (Bk)	5000.00	5000.00	
Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	5113.00	5124.00	
Berat benda uji di dalam air (Ba)	3121.00	3145.00	
Berat Jenis Bulk	$\frac{Bk}{Bj-Ba}$	2.51 2.53	2.52
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	$\frac{Bj}{Bj-Ba}$	2.57 2.59	2.58
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{Bk}{Bk-Ba}$	2.66 2.70	2.68
Penyerapan (Absorption)	$\frac{Bj-Bk}{Bk}$	2.26 2.48	2.37

Agregat Halus

Benda Uji	I	II	Rata-rata
Berat benda uji oven dry (Bk) gram	498.00	497.00	
Berat dari piknometer berisi air (B) gram	670.00	657.00	
Berat dari piknometer dengan benda uji dan air sesuai kapasitas kalibrasi (Bt) gram	978.00	959.00	
Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh 500 gram			
Berat Jenis Bulk	$\frac{Bk}{B+500-Bt}$	2.59 2.51	2.55
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	$\frac{500}{B+500-Bt}$	2.60 2.53	2.56
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{Bk}{B+Bk-Bt}$	2.62 2.55	2.58
Penyerapan (Absorption)	$\frac{(500-Bk) \times 100\%}{Bk}$	0.40 0.60	0.50

**LABORATORIUM BAHAN**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI KADAR LUMPUR

Nama : Dikerjakan :
 Judul : Diperiksa :
 Jenis contoh : Tanggal :

Split spek max.1%

Nomor Contoh		I	I
Berat benda uji sebelum dicuci, kering oven (gram)	W_1	3000	3000
Berat benda uji setelah dicuci tertahan no.200, kering oven (gram)	W_2	2970	2978
Kadar Bahan lolos no.200 (%)	$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \%$	1.00	0.73
Rata-rata		0.87	

Screen spek max.1%

Nomor Contoh		I	II
Berat benda uji sebelum dicuci, kering oven (gram)	W_1	3000	3000
Berat benda uji setelah dicuci tertahan no.200, kering oven (gram)	W_2	2976	2968
Kadar Bahan lolos no.200 (%)	$\left \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \right \%$	0.80	1.07
Rata-rata		0.93	

Abu Batu spek max.8%

Nomor Contoh		I	II
Berat benda uji sebelum dicuci, kering oven (gram)	W_1	2000	2000
Berat benda uji setelah dicuci tertahan no.200, kering oven (gram)	W_2	1855	1875
Kadar Bahan lolos no.200 (%)	$\left \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \right \%$	7.25	6.25
Rata-rata		6.75	

**LABORATORIUM BAHAN**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI ABRASI DENGAN MESIN LOS ANGELES

Nama : Dikerjakan :
 Judul : Diperiksa :
 Jenis contoh : Tanggal :

SPLIT spek maks. 40%

Gradasi		Benda Uji	
Lolos # (mm)	Tertahan # (mm)	I	II
19.20	12.70	2500.4	2500.5
12.70	9.50	2500.5	2500.1
Jumlah berat awal		(a)	5000.9
Berat tertahan saringan no.12 (1.7 mm) setelah uji abrasi		(b)	4247.7
$\frac{(a-b) \times 100\%}{a}$ Nilai Abrasi		15.06	14.87
Rata-rata		14.97	

Screen Spek maks. 40%

Gradasi		Benda Uji	
Lolos # (mm)	Tertahan # (mm)	I	II
9.50	6.40	2500	2500
6.40	4.75	2500	2500
Jumlah berat awal		(a)	5000
Berat tertahan saringan no.12 setelah uji abrasi		(b)	3889
$\frac{(a-b) \times 100\%}{a}$ Nilai Abrasi		22.22	21.84
Rata-rata		22.0	

**LABORATORIUM BAHAN**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI IMPACT

Nama : Dikerjakan :
 Judul : Diperiksa :
 Jenis contoh : Tanggal :

spek max.30%

Nomor Contoh		I	II
Berat takaran + agregat lolos # 12,5 mm dan tertahan # 9,5 mm (gram)	W1	3446.00	3448.00
Berat takaran (gram)	W2	2838.00	2838.00
Berat benda uji (gram)	A = W1- W2	608.00	610.00
Berat benda uji tertahan ayakan #2,36 mm, setelah ditumbuk dan kering oven (gram)	B	554.00	560.00
Agregat Impact Value	$\frac{A - B}{A} \times 100 \%$	8.88	8.20
Rata- rata		8.54	

**LABORATORIUM BAHAN**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI KELEKATAN ASPAL

Nama : Dikerjakan :
 Judul : Diperiksa :
 Jenis contoh : Tanggal :

		Split	Screen	Suhu Ruangan (25 C)
Contoh dipanaskan	Mulai jam	15.10	15.40	
	Selesai jam	15.30	16.00	
Didiamkan pada suhu ruangan	Mulai jam	15.40	16.05	
	Selesai jam	15.55	16. 20	
Direndam pada suhu	Mulai jam	16.00	16.20	
	Selesai jam	9.00	9.10	
Pemeriksaan kelekatan aspal pada batuan	Mulai jam	9.15	9.20	
	Selesai jam	9.18	9.21	

**LABORATORIUM BAHAN**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI KEKESATAN PERMUKAAN DENGAN SUHU MENERUS

Nama : Dikerjakan :
 Judul : Diperiksa :
 Jenis contoh : Tanggal :

PEMBACAAN KEKESATAN PERMUKAAN (BPN)						
TEMPERATUR	SAMPEL BNA 20%					
PERMUKAAN (°C)	1	2	3	4	5	Rata-rata
30	72	73	73	72	71	72.2
35	69	68	70	70	71	69.6
40	67	65	65	66	66	65.8
45	65	63	63	62	62	63
50	62	61	60	60	62	61
55	58	57	56	57	59	57.4

PEMBACAAN KEKESATAN PERMUKAAN (BPN)						
TEMPERATUR	SAMPEL BNA 30%					
PERMUKAAN (°C)	1	2	3	4	5	Rata-rata
30	79	78	77	78	78	78
35	76	75	77	75	76	75.8
40	74	73	74	73	74	73.6
45	70	70	69	68	71	69.6
50	65	66	64	65	63	64.6
55	63	62	61	60	60	61.2

PEMBACAAN KEKESATAN PERMUKAAN (BPN)						
TEMPERATUR	SAMPEL BNA 35%					
PERMUKAAN (°C)	1	2	3	4	5	Rata-rata
30	82	80	82	81	80	81
35	79	78	79	80	81	79.4
40	78	77	76	78	76	77
45	73	72	71	72	73	72.2
50	69	70	68	67	66	68
55	64	66	67	66	65	65.6

PEMBACAAN KEKESATAN PERMUKAAN (BPN)						
TEMPERATUR	SAMPEL BNA 40%					
PERMUKAAN (°C)	1	2	3	4	5	Rata-rata
30	85	84	83	84	85	84.2
35	83	84	84	82	83	83.2
40	80	81	81	82	80	80.8
45	76	77	75	76	78	76.4
50	74	73	73	72	73	73
55	68	67	66	65	66	66.4

**LABORATORIUM BAHAN**

Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

kampus Baru UI Depok, Telp. 787 48 78 - 727 0029 (Ext. 18) -727 0028 (Fax)

UJI KEKESATAN PERMUKAAN DENGAN SUHU MASING-MASING

Nama : Dikerjakan :
 Judul : Diperiksa :
 Jenis contoh : Tanggal :

PEMBACAAN KEKESATAN PERMUKAAN (BPN)						
TEMPERATUR	SAMPSEL BNA 20%					
PERMUKAAN (°C)	1'	2'	3'	4'	5'	Rata-rata
30	72	73	73	72	71	72.2
35	69	71	68	70	68	69.2
40	71	67	65	66	66	67
45	66	65	67	65	64	65.4
50	63	62	61	63	61	62
55	58	59	60	59	58	58.8

PEMBACAAN KEKESATAN PERMUKAAN (BPN)						
TEMPERATUR	SAMPSEL BNA 30%					
PERMUKAAN (°C)	1'	2'	3'	4'	5'	Rata-rata
30	79	78	77	78	78	78
35	78	76	77	75	76	76.4
40	74	73	74	73	74	73.6
45	70	70	69	68	71	69.6
50	65	66	64	65	63	64.6
55	63	62	61	60	60	61.2

PEMBACAAN KEKESATAN PERMUKAAN (BPN)						
TEMPERATUR	SAMPSEL BNA 35%					
PERMUKAAN (°C)	1'	2'	3'	4'	5'	Rata-rata
30	82	80	82	81	80	81
35	82	80	79	80	79	80
40	77	75	79	78	77	77.2
45	75	76	77	76	75	75.8
50	71	70	69	72	70	70.4
55	66	67	65	64	63	65

PEMBACAAN KEKESATAN PERMUKAAN (BPN)						
TEMPERATUR	SAMPSEL BNA 40%					
PERMUKAAN (°C)	1'	2'	3'	4'	5'	Rata-rata
30	85	84	83	84	85	84.2
35	85	84	83	82	81	83
40	82	81	83	82	80	81.6
45	80	77	80	79	78	78.8
50	77	76	75	76	74	75.6
55	71	70	72	70	70	70.6