

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH NIKEL  
POMALAA SEBAGAI AGREGAT KASAR (F1)  
TERHADAP KARAKTERISRIK MARSHALL PADA  
CAMPURAN HRS B**



Disusun Oleh

**LUIS ANGGRAINI**

95 310 051

9500510133114120050

**JIMMY ADWANG**

95 310 285

9500510133114120282

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2000

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH NIKEL  
POMALAA SEBAGAI AGREGAT KASAR (F1)  
TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA  
CAMPURAN HRS B**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
Derajat Sarjana Teknik Sipil**

Disusun Oleh :

Nama : **LUIS ANGGRAINI**  
No.Mhs. : **95 310 051**  
Nirm. : **9500510133114120050**

Nama : **JIMMY ADWANG**  
No.Mhs. : **95 310 285**  
Nirm. : **9500510133114120282**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2000**

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH NIKEL  
POMALAA SEBAGAI AGREGAT KASAR (F1)  
TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA  
CAMPURAN HRS B**


Disusun Oleh :

Nama : Luis Anggraini  
No.Mhs. : 95 310 051  
Nirm. : 9500510133114120050

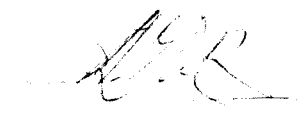
Nama : Jimmy Adwang  
No.Mhs. : 95 310 285  
Nirm. : 9500510131141200282

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Ir. Subarkah,MT**  
**Dosen Pembimbing I**

  
**Tanggal : 22-12-2020**

**Ir. Balya Umar, MSc**  
**Dosen Pembimbing II**

  
**Tanggal : 22-12-2020**

## MOTTO

*“Dan diantara tanda – tanda kekuasaan-Nya ialah terciptanya segala langit dan bumi, dan perbedaan bahasa dan warna kulit mu, sungguh dalam hal ini terdapat tanda- tanda bagi orang yang berilmu”*”.

*( QS. Al Mujadalah : 11)*

*“Allah akan meninggikan derajat orang – orang yang beriman dan orang – orang yang berilmu pengetahuan diantara kamu”*”.

*(QS. Ar Ruum : 22)*

*Persembahanku Kepada*

*Ayah Ibundaku tercinta  
Terima kasih atas doa dan dukungannya*

*Yuni Yanto, Destan, Fenti  
Adikku Tercinta*

**And Many Thanks to:  
Jimmy `My Partner TA`  
Ulpah, Ayu, Tining, Mba Maya,  
Fonang, Eka Ndut, Fuad, Ratna, Adit  
Mas Joko and My friend `there`**

**Juga teman-teman yang  
telah membantu  
selesainya TA ini terutama  
teman-teman kelas C'95**

## PRAKATA

Assalamu'alaikum,Wr.Wb.

Segala Puji dan Syukur kehadiran Allah SWT, atas segala Rahmat, Taufik dan Hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir dengan judul PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH NIKEL POMALAA SEBAGAI AGREGAT KASAR (F1) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN HRS B dapat penulis selesaikan dengan baik, yang diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil.

Dasar pemikiran dan pengambilan keputusan penulis dalam menentukan pilihan materi penelitian ini adalah : pemanfaatan sumber daya alam lokal ,yaitu Limbah nikel (*slag* nikel) yang mempunyai nilai ekonomis lebih tinggi jika dibandingkan dengan batu pecah khususnya untuk pembangunan jalan didaerah Pomalaa, Sulawesi Tenggara dan sekitarnya.

Dengan selesainya penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus dan ihklas kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Ph.D.selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ,Universitas Islam Indonesia,Yogyakarta.
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin, BMA,MS. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ,Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3. Bapak Ir. Subarkah, MT. selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Penguji.
4. Bapak Ir. Balya Umar, MSc. selaku Dosen Pembimbing II dan Dosen Penguji.
5. Ayah Ibu tercinta, yang terkasih, dan teman-teman, yang turut membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan pendidikan ini.
6. Semua pihak yang telah membantu, baik secara moril maupun materil dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Demikian Tugas Akhir ini dibuat, dan disadari masih banyak kekurangan-kekurangan penulisan dalam penyajian materinya maupun pada pengolahan kalimat-kalimatnya. Untuk itu diharapkan kritik yang membangun dari pembaca untuk sempurnanya Tugas Akhir ini.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir “PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH NIKEL POMALAA SEBAGAI AGREGAT KASAR (F1) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN HRS B ” dapat bermanfaat bagi masyarakat, para praktisi, serta para mahasiswa.

Wassalamu’alaikum,Wr.Wb.

Yogyakarta, November 2000

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
Judul .....	I
Lembar Pengesahan .....	ii
Motto .....	iii
Persembahan .....	iv
Prakata .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Tabel .....	x
Daftar Gambar .....	xi
Daftar Lampiran .....	xii
Intisari .....	xiii
<b>BAB I      PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II     TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Aspal .....	5
2.2 Agregat .....	7
2.3 Agregat Limbah Nikel ( <i>Slag</i> ) .....	8
2.4 Hasil Penelitian Batu Kapur .....	8
2.5 Hasil Penelitian Hancuran Limbah Beton .....	10
2.6 Hasil Penelitian Limbah Baja ( <i>Slag</i> ) .....	11



	2.7 <i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i> .....	12
	2.8 Uji Perendaman <i>Marshall (Immersion Test)</i> .....	13
<b>BAB III</b>	<b>LANDASAN TEORI</b>	
	3.1 Perkerasan Jalan .....	14
	3.2 Karakteristik Perkerasan.....	15
	3.2.1 Stabilitas .....	15
	3.2.2 Durabilitas (Keawetan/Daya Tahan).....	16
	3.2.3 Kelenturan .....	17
	3.2.4 Kekesatan ( <i>Skid Resistance</i> ) .....	17
	3.2.5 Ketahanan Kelelahan ( <i>Fatigue Resistance</i> ) .....	18
	3.2.6 Kemudahan Untuk di Kerjakan ( <i>Workability</i> ) .....	18
	3.3 <i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i> .....	19
	3.3.1 Pengertian Umum .....	19
	3.3.2 Fungsi .....	19
	3.3.3 Sifat- Sifat .....	20
	3.3.4 Penggunaan .....	20
	3.4 Bahan Penyusun .....	20
	3.4.1 Agregat .....	20
	3.4.2 Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> ) .....	24
	3.4.3 Aspal .....	24
	3.5 Pemeriksaan Campuran Aspal dengan Metode <i>Marshall</i> .....	27
<b>BAB IV</b>	<b>HIPOTESA</b> .....	31
<b>BAB V</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	
	5.1 Cara Memperoleh Data .....	32
	5.2 Perencanaan Campuran .....	34
	5.2.1 Perencanaan Gradasi Agregat Campuran .....	34
	5.2.2 Kadar Aspal.....	35
	5.3 Alat yang Digunakan .....	35
	5.3.1 Pengujian Campuran .....	35

5.3.2 Pembuatan Benda Uji.....	37
5.3.3 Cara Pengujian .....	38
5.3.4 Anggapan Dasar .....	39
5.4 Analisis .....	40
<b>BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
6.1 Hasil Penelitian Laboratorium.....	48
6.1.1 Hasil Pemeriksaan Bahan.....	48
6.1.2 Hasil Pengujian Benda Uji .....	49
6.2 Pembahasan .....	53
6.2.1 Stabilitas .....	53
6.2.2 <i>Flow</i> .....	56
6.2.3 VITM ( <i>Void In The Mix</i> ) .....	58
6.2.4 VFWA ( <i>Void Filled With Asphalt</i> ) .....	60
6.2.5 Nilai <i>Density</i> .....	62
6.2.6 <i>Marshall Quotient</i> .....	63
6.2.7 Kadar Aspal Optimum .....	65
6.2.8 Pengujian Rendaman atau <i>Immersion Test</i> .....	67
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
7.1 Kesimpulan .....	69
7.2 Saran .....	71

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 3.1	Gradasi Agregat <i>Hot Rolled Sheet</i> ..... 22
Tabel 3.2	Persyaratan Aspal Keras ..... 25
Tabel 5.1	Gradasi Agregat <i>Hot Rolled Sheet</i> ..... 35
Tabel 5.2	Koreksi Tebal Benda Uji..... 42
Tabel 6.1	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Pecah) ..... 48
Tabel 6.2	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Limbah Nikel) ..... 48
Tabel 6.3	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus ..... 49
Tabel 6.4	Hasil Pemeriksaan Aspal Keras AC 60/70..... 49
Tabel 6.5	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Untuk Campuran <i>Hot Rolled Sheet</i> dari Batu Pecah..... 50
Tabel 6.6	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Untuk Campuran <i>Hot Rolled Sheet</i> dari Limbah Nikel..... 51
Tabel 6.7	Hasil Pemeriksaan Beton Aspal yang Memenuhi Persyaratan Bina Marga 1987 ..... 52
Tabel 6.8	Kadar Aspal <i>Design</i> ..... 52
Tabel 6.9	Hasil Pengujian <i>Immersion</i> ..... 53
Tabel 6.10	Hasil Pengujian <i>Standar Marshall</i> ..... 53
Tabel 6.11	Nilai Stabilitas Hasil dari Pengujian <i>Marshall</i> ..... 54
Tabel 6.12	Nilai <i>Flow</i> Hasil dari Pengujian <i>Marshall</i> ..... 56
Tabel 6.13	Nilai VITM Hasil dari Pengujian <i>Marshall</i> ..... 59
Tabel 6.14	Nilai VFWA Hasil dari Pengujian <i>Marshall</i> ..... 61
Tabel 6.15	Nilai <i>Density</i> Hasil dari Pengujian <i>Marshall</i> ..... 62
Tabel 6.16	Nilai QM Hasil dari Pengujian <i>Marshall</i> ..... 64

## DAFTAR GAMBAR

		<b>Halaman</b>
Gambar 3.1	Grafik Nilai <i>Stabilitas</i> .....	27
Gambar 3.2	Grafik Nilai <i>Flow</i> .....	28
Gambar 3.3	Grafik Nilai VITM.....	28
Gambar 3.4	Grafik Nilai VFWA.....	29
Gambar 3.5	Grafik <i>Marshall Quotient</i> .....	29
Gambar 5.1	Diagram Alur Uji <i>Standar Marshall</i> .....	45
Gambar 5.2	Diagram Alur <i>Immersion Test</i> .....	47
Gambar 6.1	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Stabilitas</i> .....	54
Gambar 6.2	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Flow</i> .....	57
Gambar 6.3	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VITM.....	59
Gambar 6.4	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFWA.....	61
Gambar 6.5	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Density</i> .....	63
Gambar 6.6	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Marshall Qoutient</i> (MQ).....	64
Gambar 6.7	Kadar Aspal Optimum Untuk Campuran HRS dengan Agregat Kasar Batu Pecah.....	66
Gambar 6.8	Kadar Aspal Optimum Untuk Campuran HRS dengan Agregat Kasar Limbah Nikel.....	66

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
- Lampiran 2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus
- Lampiran 3. Pemeriksaan Keausan Agregat (*Abrasi*) Dengan Mesin *Los Angeles*
- Lampiran 4. Pemeriksaan Kelekatan Batuan Terhadap Aspal Keras
- Lampiran 5. Pemeriksaan *Sand Equivalent*
- Lampiran 6. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal
- Lampiran 7. Pemeriksaan Penetrasi (*Penetration*) Aspal Keras
- Lampiran 8. Pemeriksaan Titik Lembek
- Lampiran 9. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar
- Lampiran 10. Pemeriksaan Daktilitas (*Ductility*)
- Lampiran 11. Pemeriksaan Kelarutan dalam  $\text{CCl}_4$
- Lampiran 12. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (kadar Aspal 6 %)
- Lampiran 13. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (kadar Aspal 6,5 %)
- Lampiran 14. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (kadar Aspal 7 %)
- Lampiran 15. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (kadar Aspal 7,5 %)
- Lampiran 16. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (kadar Aspal 8 %)
- Lampiran 17. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus (kadar Aspal 8,5 %)
- Lampiran 18. Perhitungan Tes *Marshall*
- Lampiran 19. Perhitungan Tes *Marshall*
- Lampiran 20. Perhitungan Tes *Marshall*
- Lampiran 21. Kadar Aspal Design Batu Clereng
- Lampiran 22. Kadar Aspal Design Limbah Nikel

## **INTISARI**

Pertumbuhan lalu lintas yang terus meningkat menimbulkan tuntutan prasarana transportasi yang meningkat pula. Ketersediaan bahan material untuk konstruksi lapis perkerasan harus dapat mencukupi kebutuhan dan memenuhi persyaratan demi kelangsungan pembangunan prasarana transportasi.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengevaluasi penggunaan limbah nikel sebagai pengganti agregat kasar pada Hot Rolled Sheet terhadap karakteristik campuran, yang ditinjau dari nilai-nilai stabilitas, kelelahan (flow), kepadatan/kerapatan (density), VITM, VFWA dan Marshall Quotient. Hasilnya dibandingkan dengan campuran HRS yang memakai agregat kasar dari batu pecah.

Bahan yang digunakan adalah berupa agregat kasar, agregat halus, dan filler (abu batu) hasil stone crusher dari Clereng Kulon Progo. Agregat kasar pengganti digunakan limbah nikel yang berasal dari Sulawesi Tenggara. Aspal AC 60-70 dari PT Perwita Karya Yogyakarta. Variasi kadar aspal yang digunakan adalah 6%, 6,5 %, 7%, 7,5%, 8%, dan 8,5%. Benda uji yang telah dibuat, kemudian di tes dengan alat Marshall untuk mengetahui nilai stabilitas dan flownya selanjutnya dilakukan analisis stabilitas, kelelahan dan kerapatan rongga. Kadar aspal optimum yang dicapai adalah 7,65% untuk campuran dengan agregat kasar dari limbah nikel dan 7,95 % untuk campuran dengan agregat kasar batu pecah. Di samping itu benda uji yang optimum juga diteliti secara Immersion Test.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai-nilai kelelahan (flow), kepadatan (density), VITM dan Marshall Quotient untuk campuran yang menggunakan agregat kasar limbah nikel relatif nilainya hampir sama dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat kasar batu pecah. Sebaliknya nilai stabilitas untuk campuran yang menggunakan limbah nikel, lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat kasar batu pecah, sehingga dengan demikian campuran yang menggunakan agregat kasar dari limbah nikel menunjukkan bahwa perkerasan tersebut mampu menahan beban lalu lintas yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat kasar dari batu pecah.

Limbah nikel dapat menjadi alternatif pengganti agregat kasar yang digunakan pada campuran HRS, karena dapat memenuhi spesifikasi karakteristik yang disyaratkan oleh Bina Marga.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Meningkatnya perkembangan pembangunan di beberapa bidang dewasa ini secara langsung menuntut perkembangan dibidang jasa transportasi. Tuntutan yang begitu mendesak menyebabkan adanya penelitian-penelitian guna menemukan ide-ide baru dalam bidang transportasi sudah dirasakan kebutuhannya.

Dewasa ini dalam kenyataannya pembangunan jalan raya dihadapkan pada banyaknya kendala. Selain kendala terhadap kebutuhan yang terus meningkat juga masalah dana yang sangat terbatas, dengan adanya hal tersebut diatas perlu adanya pemikiran untuk mendapatkan suatu hasil yang optimal.

Wilayah propinsi Sulawesi Tenggara sebagian besar jenis batuannya terdiri batu karang dan permasalahan yang timbul dalam pembangunan jalan pelaksanaan di lapangan sulitnya mendapatkan material yang memenuhi persyaratan baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Untuk mengatasi kesulitan bahan tersebut maka, salah satu yang ingin diteliti adalah Limbah Nikel Pomalaa yang berupa *slag*, akan dimanfaatkan sebagai agregat kasar (F1) terhadap karakteristik campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS) untuk lalulintas sedang.

Limbah nikel merupakan sejenis batuan hasil pembuangan dari pembakaran *ferronikel* berwarna kelabu perak dan memiliki sifat-sifat ideal yaitu kekuatan dan kekerasannya meyerupai besi, sedang daya tahannya terhadap karat dan korosi lebih dekat dengan tembaga. Kombinasi dari sifat-sifat yang baik inilah yang mendorong untuk diadakan penelitian.

Dalam perencanaan jalan raya ada yang dikenal dengan lapis perkerasan yaitu lapis permukaan (*surface course*) yang terbuat dari campuran aspal dan agregat. Banyak ragam lapis perkerasan jalan yang digunakan, salah satu diantaranya adalah perkerasan Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) yang merupakan komponen lapis keras yang terbuat dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras AC 60-70 dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Bahan Lapis Tipis Aspal Beton atau yang disebut *Hot Rolled Sheet* (HRS) merupakan campuran antara agregat dan aspal. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yang banyaknya antara 90 % - 95 % berdasarkan prosentase berat campuran, sehingga dapat memberikan daya dukung, keawetan dan kualitas yang tinggi bagi Lataston.

Agregat terdiri dari agregat kasar, agregat halus serta filler. Agregat yang lebih kecil berfungsi mengisi ruang antara agregat yang lebih besar, yang akan membentuk susunan gradasi yang rapat dengan rongga pori yang sangat kecil. Aspal menyelimuti permukaan butir-butir agregat sebagai lapisan tipis dan sebagian lagi mengisi rongga pori antara agregat.



Penelitian laboratorium akan dilakukan untuk mengetahui apakah limbah nikel tersebut layak digunakan sebagai salah satu komponen perkerasan jalan yang berupa agregat kasar pada campuran HRS B dengan mengacu pada spesifikasi Bina Marga.

### 1.2. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kualitas campuran yang menggunakan agregat kasar berupa limbah nikel, akan dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat kasar yang berupa batu pecah (hasil *stone crusher*) dari Clereng Kulon Progo, Yogyakarta.
2. Membandingkan nilai-nilai dari Stabilitas, *Flow*, *Density*, VFWA, VITM, dan *Marshall Quotient* (MQ) dari HRS yang menggunakan agregat kasar yang berupa batu pecah (hasil *stone crusher*) dari Clereng dan HRS yang menggunakan agregat kasar yang berupa limbah nikel dari Sulawesi Tenggara, terhadap spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga.

### 1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mencari alternatif lain penggunaan agregat limbah nikel (*slag*) sebagai bahan campuran batu pada pembuatan campuran HRS untuk lalu lintas sedang. Hasil dari penelitian ini akan sangat bermanfaat untuk campuran pembuatan *Hot Rolled Sheet* (HRS).

#### 1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini hanya dibatasi pada hasil pengujian *Marshall* terhadap benda uji di laboratorium sehingga didapat sifat-sifat *Marshall* berdasarkan teori yang ada mengenai kualitas campuran yang dibuat.

Dalam penelitian ini batasan masalah meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di laboratorium Jalan Raya FTSP UII Yogyakarta.
2. Gradasi yang digunakan adalah gradasi timpang yang disesuaikan dengan ketentuan Bina Marga.
3. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah ( hasil *stone crusher* ) dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta dan limbah nikel dari Pomalaa.
4. Aspal yang digunakan adalah jenis aspal keras AC 60-70 produksi Pertamina dengan variasi kadar aspal yang digunakan dalam penelitian adalah 6 %, 6.5 %, 7 %, 7.5 %, 8 %, dan 8.5 %
6. Penelitian ini berdasarkan pada *Test Marshall*.
7. Filler yang digunakan adalah abu batu.
8. Penelitian terbatas hanya pada sifat fisik tanpa membahas unsur kimia yang dikandung dalam bahan-bahan penelitian.
9. Perilaku yang dipelajari *Stabilitas, Flow, Density, VITM, VFWA, dan Marshall Quotient* dari kedua jenis benda uji.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Aspal

Aspal adalah bahan padat atau semi padat pada temperatur ruang, yang berwarna coklat gelap sampai kehitaman, yang tersusun dari “*Asphaltese* dan *Maltese*”, yang terjadi di alam dan dari penyulingan minyak mentah dari dalam bumi. *Ashpalt cement* (AC) atau aspal keras adalah aspal yang dibuat dengan kekentalan khusus (*Kerb and Walker, 1971*) . Untuk konstruksi perkerasan jalan, aspal berfungsi sebagai :

1. Bahan pengikat

Aspal memberikan ikatan yang kuat terhadap agregat dan terhadap aspal itu sendiri.

2. Bahan pengisi

Aspal berfungsi mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori pada agregat tersebut (*Highway Material, Krebs and Walker, 1971*)

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan bersifat sebagai berikut :

1. Daya tahan (*Durability*)

Daya tahan adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat

campuran aspal, tapi tergantung pada sifat agregat, campuran dengan aspal dan faktor pelaksanaan.

## 2. Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat, sehingga dihasilkan ikatan campuran yang baik antara agregat dan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

## 3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah bahan yang termoplastis, maka jika dipanaskan pada temperatur tertentu dapat menjadi lunak/cair. Aspal cair ini dapat membungkus partikel agregat pada pembuatan beton aspal atau dapat masuk ke pori-pori agregat pada penyemprotan/penyiraman lapis perkerasan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mulai mengeras dan mengikat aspal pada tempatnya.

## 4. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran, dipanaskan dan dicampur dengan agregat. Agregat dapat dilapisi aspal dengan penyemprotan/penyiraman aspal panas ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Terjadi proses oksidasi selama proses pelaksanaan, menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi). Peristiwa perapuhan terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai. Selama masa pelayanan, aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi yang besarnya dipengaruhi pula oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin

tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi. (*Silvia Sukirman, 1995*).

## **2.2. Agregat**

Agregat/ batuan didefinisikan secara umum adalah sebagai formasi kulit bumi yang keras dan pejal (solit), atau merupakan suatu bahan yang terdiri atas mineral padat, berupa masa besar maupun fragmen-fragmen (*Silvia Sukirman, 1993*), dan secara khusus agregat adalah batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil pengolahan (penyaringan, pemecahan), yang merupakan bahan utama konstruksi jalan (*Petunjuk Pelaksanaan Laston No. 13/PTB 1983*).

Agregat/ batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85 % agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material. (*Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan, 1995*)

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan, bentuk tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal serta kebersihan dan sifat kimia (*Highway Material, Kerb and Walker, 1971*).

### 2.3. Agregat Limbah Nikel (*Slag*)

Agregat limbah nikel (*slag*) adalah batuan agregat bahan sisa pembuangan dari hasil pembakaran dapur listrik pabrik *ferronikel* Pomalaa, terbentuk dari hasil reduksi pembakaran *ferronikel* yang bahan dasarnya terdiri dari batu kapur, biji nikel, *antracyte* dan batu bara.

Sebagai bahan sisa atau bekas, agregat yang dipergunakan untuk bahan lapis perkerasan dapat diklasifikasikan sebagai berikut (*Tjokrodimulyo, Teknologi Beton 1986*) :

- 1) Kelas I, yaitu bahan berpotensi tinggi dengan karakteristik bahan alamiah seperti terak baja dan terak nikel.
- 2) Kelas II, yaitu bahan dengan kualitas tidak termasuk dalam kategori I, diperlukan proses lebih lanjut bila akan dipergunakan seperti terak tembaga dan bahan sisa bahan tambang.
- 3) Kelas III, yaitu bahan yang hanya dipergunakan pada kondisi tertentu tidak masuk dalam kategori I dan II, seperti pecahan beton dan pecahan keramik.
- 4) Kelas IV, yaitu agregat yang tidak dapat dipergunakan sebagai bahan lapis perkerasan jalan .

Bahan dalam penelitian ini adalah bahan sisa untuk jenis perkerasan termasuk kategori bahan sisa kelas I.

### 2.4. Hasil Penelitian Batu Kapur ( 1997 )

*Haryanto Sentosa*, mengadakan penelitian tentang penggunaan batu kapur dari daerah Gunung Gamping, Kabupaten Sleman sebagai pengganti agregat kasar yang digunakan pada konstruksi beton aspal. Variasi kadar aspal yang digunakan yaitu 4,5 %, 5 %, 5,5 %, 6 %, 6,5 %, 7 %, dan variasi campuran batu kapur dibanding batu kali yaitu 100%:0%, 33,33%:66,67%, 50%:50%, 66,67%:33,33%, 0%:100%.

Setelah diadakan pengujian, nilai stabilitas dan *flow* dari semua sampel dapat memenuhi persyaratan Bina Marga 1983. Nilai VITM yang memenuhi persyaratan hanya pada kadar aspal 5,5 %, 6 %, 6,5 %, 7 %, dengan campuran batu pecah : batu kali = 100%:0% dan 66,67%:33,33%. Penggunaan kadar aspal dibawah nilai 5,5 % akan menyebabkan nilai VITM lebih dari yang disyaratkan yaitu 5 %. Untuk nilai *Marshall Quotient* semua kadar aspal dan semua variasi kadar campuran dapat memenuhi persyaratan kecuali pada perbandingan campuran batu kali : batu kapur = 50% : 50%. Dari campuran tersebut yang memenuhi persyaratan hanya pada kadar aspal 6 %.

Penelitian yang dilakukan oleh *Mujiono*, membahas tentang penggunaan batu kapur dari daerah Gunung Gamping Sleman, sebagai pengganti agregat kasar pada konstruksi HRS (*Hot Rolled Sheet*), nilai VITM yang dapat memenuhi persyaratan hanya pada kadar aspal yang tinggi yaitu 6,5 %, 7 %, 7,5 %, 8 %, sedangkan kadar aspal dibawah 6,5 % tidak memenuhi persyaratan. Campuran yang menggunakan kadar aspal dibawah 6,5 % akan menghasilkan nilai VITM lebih dari 6 %. Nilai VFWA yang memenuhi persyaratan hanya untuk kadar aspal 6,5 % pada semua variasi. Nilai yang lain seperti *flow*, stabilitas, dan *Marshall Quotient* semuanya memenuhi persyaratan yang ditentukan.

## 2.5 Hasil Penelitian Hancuran Limbah Beton (2000)

*Aling Sasmito* dan *Roheman* mengadakan penelitian tentang penggunaan hancuran limbah beton sebagai agregat kasar pada campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS). Variasi kadar aspal yang digunakan yaitu kadar aspal optimum untuk agregat kasar batu normal sebesar 5,85 %, sedang untuk campuran dengan agregat kasar dari limbah beton didapat kadar aspal 7,55 %. Dengan kadar aspal optimum batuan normal dijadikan kadar aspal standar, dicoba dinaikkan menjadi 5,5 %, 5,85 %, 6,2 %. Setelah diadakan pengujian, nilai stabilitas yang didapat cukup tinggi sehingga menyebabkan campuran terlalu kaku, dan jika digunakan akan mudah mengalami keretakan sewaktu menerima beban. Jadi nilai stabilitasnya tidak memenuhi persyaratan Bina Marga.

Nilai *flow* untuk campuran dengan menggunakan agregat kasar dari batu biasa yang memenuhi spesifikasi hanya pada kadar aspal 5,5 %, sedangkan untuk campuran dengan menggunakan agregat kasar dari limbah beton dengan *filler* kapur dan *fly ash cement* semuanya memenuhi spesifikasi, begitu juga setelah dilakukan *Marshall Imertion*. Nilai VITM yang besar pada campuran HRS B dengan agregat kasar dari limbah beton untuk kadar aspal 5,85 % dan 6,2 % menunjukkan rongga yang terjadi dalam campuran semakin besar sehingga campuran kurang terhadap kedap air dan udara, akibatnya aspal mudah teroksidasi. Dapat disimpulkan bahwa limbah beton dilihat dari sisi pandang VITM-nya tidak dapat digunakan karena tidak memenuhi persyaratan Bina Marga. Begitu juga dengan nilai VFWA dan nilai *Marshall Quotient*-nya juga tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan oleh Bina Marga.



## 2.5 Hasil Penelitian Limbah Baja (*Slag*)

Penelitian campuran perkerasan dengan metode campuran *Split Mastic Asphalt* yang pernah dilakukan diantaranya adalah penggunaan limbah baja (*slag*) sebagai agregat kasar oleh *Marsudi Agus Setyawan* dan *Maman Setiawan* (1997). Variasi kadar aspal yang digunakan adalah 5,3 %, 5,6 %, 5,9 %, 6,2 % dan 6,5 %. Setelah diadakan pengujian, disimpulkan bahwa nilai kelekatan terhadap aspal yang dimiliki limbah baja 100 %, penyerapan air 1 %, dan keausan 11,996 %, memiliki nilai yang lebih menguntungkan daripada menggunakan batu pecah biasa, jika digunakan pada daerah yang berair (lembek).

Kepadatan campuran (*density*) dengan agregat kasar menggunakan limbah baja menghasilkan nilai yang tinggi dibandingkan dengan batu pecah biasa. Persentase rongga yang dihasilkan pada campuran tersebut kecuali pada kadar aspal 5,3 %, dengan nilai masing-masing (4,92 %, 4,56 %, 3,59 %, dan 4,07 %) dapat memenuhi spesifikasi Bina Marga (3 s/d 5 %). Hal tersebut disebabkan oleh agregat kasar yang menggunakan limbah baja hasil *Stone Crusher* memiliki bentuk yang tidak beraturan, sehingga luas permukaan yang harus terselimuti oleh aspal menjadi lebih besar.

Persentase rongga terisi aspal menghasilkan nilai yang dapat memenuhi spesifikasi Bina Marga (>75 %) untuk masing-masing kadar aspal, kecuali pada benda uji yang mempunyai kadar aspal 5,3 %. Hal tersebut disebabkan oleh kadar aspal yang digunakan terlalu kecil dan dengan kadar aspal yang kecil, agregat telah terselimuti untuk saling mengikat, namun rongga yang terisi oleh aspal menjadi kurang. Stabilitas dari benda uji dengan kadar aspal 5,3 %, 5,6 %, 5,9

%, 6,2 % dan 6,5 % dengan nilai *flow* (2,54 mm, 2,7306 mm, 3,048 mm, 3,1327 mm dan 4,265 mm), kecuali nilai *flow* dengan kadar aspal 6,5 %. Secara umum menunjukkan bahwa penggunaan limbah baja sebagai agregat kasar memenuhi spesifikasi (SMA + S, Bina Marga). Nilai *Marshall Quotient* yang didapat pada penelitian ini mencapai nilai diatas spesifikasi Bina Marga (300 kg/mm)

### 2.7 Hot Rolled Sheet (HRS)

*Hot Rolled Sheet* atau lebih dikenal dengan Lapis Tipis Aspal Beton merupakan lapis penutup yang dibuat dari campuran agregat bergradasi timpang, *filler* dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan secara panas (*Hot Mix*). Sebagai bahan pengikat sering digunakan jenis aspal keras dengan penetrasi 60-70 (*LATASTON No.12/PT/B/1983*).

Lapis keras HRS mempunyai sifat lentur dan durabilitas yang tinggi, hal ini dikarenakan campuran HRS dengan gradasi timpang mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar, sehingga mampu menyerap jumlah aspal dalam jumlah banyak (7-8 %) tanpa terjadi *bleeding*. Disamping itu, HRS mudah dipadatkan sehingga lapisan yang dihasilkan mempunyai kedekatan terhadap air dan udara yang tinggi. Namun demikian sering terjadi kegagalan dini dalam penghamparan dan pemadatan dikarenakan HRS tidak sepenuhnya murni *gap graded*.

Stabilitas HRS sangat dipengaruhi oleh kekakuan dari mortar dengan cara saling mengunci (*Internal Friction*) antar agregat halus. Kemampuan HRS dalam

menahan beban lalu lintas juga ditentukan oleh kekuatan mortarnya. Mortar adalah bahan pembentuk utama HRS yang terbuat dari agregat halus (pasir).

Pemakaian agregat kasar dalam campuran jumlahnya ditentukan oleh ketebalan padat lapisan yang direncanakan (2,5- 3,0 cm), yaitu antara 0-30 % dari jumlah berat total campuran.

### **2.8. Uji Perendaman *Marshall (Immersion Test)***

Uji perendaman bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian *Standart Marshall*, hanya waktu perendaman yang berbeda. Uji perendaman (*Imersion Test*) dilakukan selama 24 jam dalam suhu konstan 60° C sebelum pembebanan diberikan. Uji rendaman ini mengacu pada AASHTO T.165-82 atau ASTM. D. 1075-76.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal adalah persentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam (S2) dibandingkan dengan nilai stabilitas campuran biasa (S1) adalah :

$$\text{Indeks of strength} = S2 / S1 \times 100 \% \geq 75 \%$$

Apabila indeks tahanan campuran lebih dari atau sama dengan 75 % campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan kekuatan yang cukup memuaskan dari kerusakan oleh pengaruh air, suhu, dan cuaca.



## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak di atas tanah dasar dan telah mengalami pemadatan, berfungsi sebagai pendukung beban lalu lintas. Selanjutnya beban tersebut disebarkan ke lapisan tanah dasar (*subgrade*) sehingga tanah dasar tidak menerima beban yang lebih besar daripada daya dukung tanah yang diijinkan.

Konstruksi perkerasan jalan dikelompokkan kedalam 3 jenis perkerasan yaitu:

1. Perkerasan Lentur (*Flexibel Pavement*)

Perkerasan jenis ini umumnya menggunakan aspal sebagai bahan ikatnya.

2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan jenis ini pada umumnya mempergunakan bahan ikat Semen *Portland* sebagai bahan ikatnya.

3. Perkerasan Gabungan/Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan ini merupakan gabungan dari perkerasan lentur dan kaku.

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah terhadap jenis perkerasan lentur (FP), khususnya lapis permukaan jalan. Lapis permukaan jalan mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Lapis perkerasan menahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.

2. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.
3. Sebagai lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Sebagai lapis kedap air untuk melindungi lapis perkerasan di bawahnya dari kerusakan yang diakibatkan oleh air.

### 3.2. Karakteristik Perkerasan

Karakteristik perkerasan merupakan sifat-sifat khusus perkerasan yang dapat menentukan tinggi dan rendahnya mutu suatu perkerasan. Karakteristik perkerasan yang baik akan dapat memberikan pelayanan terhadap lalu lintas yang direncanakan, terutama perilaku aspal apabila telah berada dalam campuran perkerasan. Karakteristik perkerasan dapat ditunjukkan dengan parameter berikut ini :

#### 3.2.1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas lapisan perkerasan jalan mempunyai pengertian ketahanan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) permanen, seperti gelombang, alur maupun *bleeding*.

Jumlah lalu lintas dan beban kendaraan menentukan tingkat stabilitas yang dibutuhkan. Beberapa variabel yang mempunyai hubungan dengan stabilitas antara lain :

1. Gaya gesek (*friction*). Ini tergantung pada permukaan, gradasi dan bentuk agregat, kerapatan campuran serta kualitas aspal.

2. Kohesi, merupakan daya lekat dari masing-masing partikel bahan perkerasan. Kohesi batuan akan terlihat dari sifat kekerasannya, dan kohesi campuran tergantung dari gradasi agregat, daya adhesi aspal dan sifat bantu bahan tambah.
3. Inersia, merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan perpindahan tempat (*resistance to displacement*), yang terjadi akibat beban lalu lintas, baik besarnya beban maupun jangka waktu pembebanan.

### 3.2.2. Durabilitas ( Keawetan / Daya Tahan )

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan, sehingga lapis permukaan mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air, perubahan suhu dan keausan akibat gesekan roda kendaraan.

Sifat aspal dapat berubah akibat dari oksidasi dan terlarutnya sebagian bahan penyusun aspal oleh air. Faktor yang mempengaruhi durabilitas suatu lapis perkerasan adalah :

#### 1) Tebal Selimut Aspal (*Bitumen Film Thickness*)

Selimut aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis permukaan yang berdurabilitas tinggi tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* juga sangat tinggi.

- 2) Rongga antar campuran yang relatif kecil mengakibatkan lapis perkerasan kedap air dan udara tidak dapat masuk dalam campuran. Udara menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh getas.

- 3) Rongga antar butir yang relatif besar memungkinkan selimut aspal dibuat tebal. Jika rongga antar butir agregat kecil dan kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya *bleeding* besar.

Penggunaan agregat yang memiliki sifat kekerasan tinggi dapat mengurangi gaya pengausan. Pengausan dapat menimbulkan kerusakan berupa terlepasnya agregat, sehingga menimbulkan formasi cekungan yang dapat menampung dan meresapkan air.

### **3.2.3. Kelenturan (Fleksibilitas)**

Fleksibilitas dari suatu campuran perkerasan menunjukkan kemampuan untuk menahan lendutan / tekukan, misalnya dalam menyesuaikan diri terhadap perubahan kecil dari lapisan dibawahnya terutama tanah dasar (*subgrade*), tanpa mengalami keretakan.

Untuk meningkatkan kelenturan, menggunakan agregat dengan gradasi terbuka sangat sesuai, tetapi dengan pemakaian tersebut akan didapatkan stabilitas yang tidak sebaik dengan gradasi rapat. Sifat aspal terutama daktilitasnya sangat menentukan kelenturan perkerasan. Aspal yang mempunyai daktilitas rendah, maka dalam campuran perkerasan akan menghasilkan suatu perkerasan yang fleksibilitasnya rendah.

### **3.2.4. Kekesatan (*Skid Resistance*)**

Kekesatan adalah kemampuan dari permukaan perkerasan untuk memperkecil kemungkinan terjadi roda kendaraan selip atau tergelincir terutama pada waktu



permukaan jalan basah. Permukaan jalan yang kasar mempunyai nilai kekesatan yang lebih baik dari pada permukaan jalan yang halus. Permukaan yang terlalu kasar menimbulkan gangguan kenyamanan akibat bunyi yang timbul pada gesekan antara ban dengan permukaan jalan, serta ban menjadi mudah aus.

*Skid Resistance* yang baik diperoleh dengan *surface texture* yang kasar. Permukaan perkerasan yang mengalami *bleeding*, *skid resistance*-nya menjadi rendah. Oleh karena itu kadar aspal yang cukup dan masih tersedianya rongga udara (3-5 %) untuk pemuaian aspal, akan membantu tercapainya nilai *skid resistance* yang optimum (*The Asphalt Institut , 1983*)

### **3.2.5. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*).**

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari Lapis Tipis Aspal Beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*Rutting*) dan retak. Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

1. VIM (*Void in Mix*) yaitu volume % rongga dalam campuran yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan menyebabkan kelelahan yang lebih cepat.
2. VMA (*Void in Mineral Agregat*) yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi mengakibatkan lapis perkerasan menjadi lebih fleksibel (*Perkerasan Lentur Jalan Raya, Silvia Sukirman, 1995*).

### **3.2.6. Kemudahan Untuk di Kerjakan (*Workability*)**

*Workability* adalah kemudahan suatu campuran perkerasan untuk dicampur, dihamparkan dan dipadatkan. Sifat kemudahan ini penting, artinya karena pada

pekerjaan pencampuran, penghamparan dan pemadatan dituntut waktu yang cepat dan tepat, mengingat sangat pentingnya suhu minimum pada saat pemadatan.

Apabila pemilihan bahan dan pencampurannya sesuai dengan rencana, biasanya pekerjaan penghamparan dan pemadatan akan berjalan lancar. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah :

1. Gradasi agregat, agregat bergradasi rapat/baik lebih mudah dilaksanakan dari pada agregat yang bergradasi lain.
2. Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat *thermoplastis*.
3. Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.

### **3.3. Hot Rolled Sheet (HRS)**

#### **3.3.1. Pengertian Umum**

*Hot Rolled Sheet* ( Lapis Tipis Aspal Beton) merupakan lapis penutup yang terdiri dari atas campuran antara agregat bergradasi timpang (*Gap Graded*), *Filler* dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas (tebal padat 2,5 atau 3 cm).

#### **3.3.2. Fungsi**

Lapis Tipis Aspal Beton (HRS) mempunyai fungsi sebagai lapis penutup untuk mencegah masuknya air dari permukaan ke dalam konstruksi perkerasan sehingga dapat mempertahankan kekuatan konstruksi sampai tingkat tertentu.

### 3.3.3. Sifat-sifat

Lapis Tipis Aspal Beton (HRS) mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- a. kedap air,
- b. kekenyalan yang tinggi,
- c. awet, dan
- d. dianggap tidak mempunyai nilai struktural.

### 3.3.4. Penggunaan

HRS umumnya dilaksanakan pada jalan yang telah beraspal dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Jalan yang stabil dan rata/dibuat rata,
- b. Jalan yang mulai retak-retak atau mengalami degradasi permukaan.

## 3.4. Bahan Penyusun

Bahan utama dari Lapis Tipis Aspal Beton (HRS) terdiri dari agregat dengan bahan ikat aspal dan *filler*. Untuk menghasilkan perkerasan HRS yang berkualitas tinggi, maka kadar bahan tersebut harus berkualitas dan dapat memenuhi persyaratan yang diijinkan, sehingga pemahaman tentang sifat karakteristik bahan penyusun harus dikuasai dengan baik

### 3.4.1. Agregat

Sifat-sifat dari agregat harus diketahui lebih dahulu sebelum agregat tersebut digunakan untuk bahan dasar konstruksi, karena sifat material ini yang

mempengaruhi kekuatan suatu konstruksi. Sifat-sifat agregat pada umumnya ditinjau dari :

### 1. Ukuran Butiran Agregat

*The Asphalt Institute* (MS-2,1987) mengelompokkan agregat menjadi 4 fraksi yaitu :

- a. Agregat kasar, yaitu batuan yang tertahan saringan no. 8 (2,36 mm).
- b. Agregat halus, yaitu batuan yang lolos saringan no.8.
- c. Mineral pengisi (filler) fraksi dari agregat halus yang lolos dari saringan no. 3 (0,6 mm).
- d. Mineral Debu, yaitu fraksi dari agregat halus yang lolos saringan No.200 (0,074 mm).

Sedangkan AASHTO (1982) mengelompokkan agregat menurut ukuran partikelnya menjadi tiga fraksi, yaitu :

- a. Agregat kasar, yaitu batuan yang ukurannya lebih kecil dari 2mm atau tertahan saringan No.10.
- b. Agregat halus, yaitu batuan yang ukurannya lebih kecil dari 2 mm dan lebih besar dari 0,074 mm atau lolos saringan No.10 dan tertahan saringan No. 200.
- c. Mineral Filler, yaitu agregat halus yang lolos saringan No. 200.

### 2. Gradasi Agregat

Gradasi adalah pembagian ukuran butiran dalam campuran agregat.

Menurut jenisnya gradasi agregat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :

- a) Gradasi menerus (*well graded*), yaitu campuran agregat kasar dan halus dalam proporsi yang berimbang, sehingga sering juga disebut gradasi rapat.
- b) Gradasi timpang (*gap graded*), yaitu gradasi yang dalam campurannya sengaja dihilangkan sebagian agar berukuran tertentu, dan dalam komposisi campuran yang tidak berimbang atau agar kasar dan agar halus.
- c) Gradasi Seragam (*uniform graded*), yaitu campuran agregat yang ukurannya hampir sama atau seragam.

Untuk beton aspal *Hot Rolled Sheet* (HRS) gradasi yang digunakan mengacu pada *Central Quality Control and Monitoring Unit* (CQCMU) Bina Marga 1988, untuk gradasi timpang (*Gap Graded*). Spesifikasi yang digunakan berpedoman pada Bina Marga, seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Gradasi Agregat *Hot Rolled Sheet*.

Ukuran Jaringan	% Berat Lolos Saringan
¾ "	97 – 100
½ "	70 – 100
3/8 "	58 – 80
# 4	50 – 60
# 8	46 – 60
# 30	16 – 60
# 50	10 – 48
# 100	3 – 26
# 200	2 – 8

Sumber : Dirjen Bina Marga, CQCMU, Edisi Agustus 1988

### 3. Kebersihan (*Cleannes*)

Kebersihan permukaan batuan dari bahan yang dapat menghalangi melekatnya aspal sangat penting, agar harus bersih dari substansi asing, seperti sisa tumbuhan, lumpur, lempung dan lain-lain. Substansi asing dapat mengurangi daya lekat terhadap batuan.

### 4. Kekuatan dan Kekerasan (*Toughness*)

Agregat mempunyai peranan yang sangat besar mendukung stabilitas perkerasan, oleh karena itu agregat harus mempunyai kekuatan dan kekerasan yang cukup untuk menahan beban lalu lintas. Disamping itu agregat yang diperlukan harus cukup keras dan kuat untuk menerima gaya-gaya baik pada waktu pencampuran, penggilasan ataupun selama masa pelayanan untuk menguji kekerasan dan kekuatan agregat dipakai *Los Angeles Test* sehingga dapat diketahui nilai abrasi dari agregat tersebut.

### 5. Bentuk (*Shape*)

Bentuk agregat yang menyerupai kubus dan berbentuk tajam (*angular*) mempunyai kemampuan saling mengunci oleh batuan dengan baik (*interlocking*). Dengan demikian kemampuan untuk menahan gaya geser dan gaya hisap dari beban lalu lintas.

### 6. Tektur Permukaan (*Surface Texture*)

Tektur permukaan agregat memberikan peranan yang penting dalam hal pelekatan antara aspal dan agregat. Tektur permukaan batuan dapat dibagi menjadi 3 macam, yaitu :

- a) Batuan kasar (*Rough*), memberikan *Internal Friction*, *Skid Resistance* serta lekatan aspal yang baik pada campuran perkerasan. Biasanya batu pecah mempunyai tektur permukaan yang kasar.
- b) Batuan halus (*Smooth*), mudah dilapisi aspal tetapi kemampuan saling mengunci (*Internal Friction*), dan kekuatannya kurang baik dibandingkan dengan batuan kasar.
- c) Batuan mengikat (*Polished*), memberikan *Internal Friction* yang rendah dan sulit dilekati aspal.

#### 7. Porositas

Porositas berpengaruh terhadap kekuatan, kekerasan dan jumlah pemakaian aspal dalam campuran. Semakin besar porositas batuan semakin kecil kekuatan dan kekerasannya serta semakin banyak aspal yang akan diserap. Semakin tinggi porositas batuan, maka semakin tinggi pula kemampuan *absorpsi* batuan tersebut.

#### 3.4.2. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi dapat berupa abu kapur, semen *Portland* atau abu batu. Dalam penelitian ini digunakan filler abu batu yang lolos saringan nomor 200 dan tertahan di pan.

#### 3.4.3. Aspal

Aspal keras yang digunakan dapat berupa aspal keras penetrasi 60 atau penetrasi 80 yang harus memenuhi persyaratan seperti yang tertera pada table 3. 2. berikut ini.

Tabel 3.2. Persyaratan aspal keras.

Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Persyaratan				Satuan
		Penetrasi 60		Penetrasi 80		
		Min	Mak	Min	Mak	
1. Penetrasi (25° C, 5 detik)	PA.0301-76	60	79	80	99	0.1 mm
2. Titik lembek (ring & ball)	PA.0302-76	48	58	46	54	°C
3. Titik Nyala (cleve open cup)	PA.0303-76	200	-	225	-	°C
4. Kehilangan berat (163°C, 5 jam)	PA.0304-76	-	0.4	-	0.6	% berat
5. Kelarutan (CCL4 atau CS2)	PA.0305-76	99	-	99	-	% berat
6. Daktilitas (25°C, 5 cm/mnt)	PA.0306-76	100	-	100	-	cm
7. Penetrasi setelah kehilangan berat	PA.0301-76	75	-	75	-	% semula
8. Berat Jenis (25 °C)	PA.0307-76	1	-	1	-	gr/cc

(Sumber : DPU, Dirjen Bina Marga, Lataston (Fleksibel), 12/PT/B/1983)

Sifat-sifat aspal yang dominan pengaruhnya terhadap perilaku lapis keras jalan adalah sifat *thermoplastis* dan keawetan.

#### 1. Sifat *Thermoplastis*

Aspal merupakan bahan *thermoplastis* maka konsistensinya (*viskositas*) akan berubah dengan berubahnya temperatur. Dengan sifat *thermoplastis* dari aspal akan sangat menguntungkan dari sudut pelaksanaan konstruksi.

Pada *viskositas* rendah aspal akan dapat membasahi dan menyelimuti batuan yang dicampurkan kedalamnya sehingga permukaan batuan dapat terselimuti secara merata dengan ketebalan yang cukup. Untuk mendapatkan *viskositas* yang rendah



diperlukan temperatur yang tinggi dengan pemanasan, akan tetapi pemanasan yang terlalu tinggi akan berakibat merusak sifat-sifat aspal sehingga aspal cepat mengeras.

Sebaliknya pemanasan yang kurang akan berakibat aspal tidak dapat menyelimuti batuan secara merata, sehingga ikatan antar batuan kurang kuat dan akan mengurangi kekuatan lapis keras jalan dalam mendukung beban.

## 2. Sifat Keawetan

Sifat keawetan (*Durability*) aspal didasarkan pada daya tahan terhadap perubahan-perubahan sifat apabila mengalami proses pelaksanaan konstruksi, pengaruh cuaca dan akibat beban lalu lintas. Sifat keawetan aspal yang paling utama adalah daya tahannya terhadap proses pengerasan.

Faktor-faktor yang sangat berpengaruh atas terjadinya pengerasan adalah :

### a. *Oksidasi*

Oksidasi adalah terjadinya reaksi antara oksigen dengan aspal. Proses ini tergantung pada sifat aspal dan temperatur. Pada temperatur biasa efek oksidasi akan memberikan suatu lapisan yang keras pada permukaan aspal. Lapisan film ini tipis tetapi apabila terjadi retak-retak maka oksidasi terjadi lagi. Aspal yang mengeras menunjukkan durabilitas yang kurang baik.

### b. *Penguapan (Volatilization)*

Penguapan adalah menguapnya bagian-bagian yang mempunyai berat molekul ringan dari aspal karena pengaruh penambahan temperatur dan pengadukan pada suatu pelaksanaan konstruksi jalan. Dengan penambahan temperatur akan mempercepat proses penguapan bagian-bagian aspal, sehingga aspal akan cepat

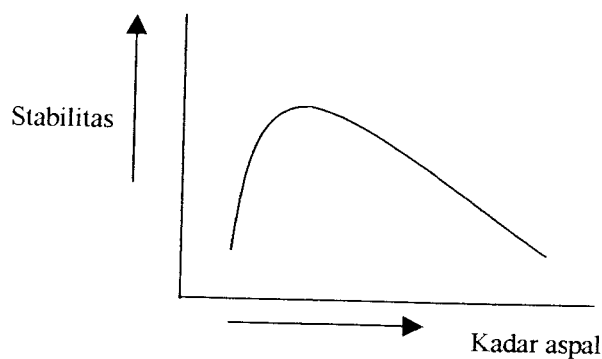
mengeras dengan temperatur pemanasan yang terlalu tinggi sifat keawetan aspal terhadap proses pengerasan akan lebih pendek waktunya (cepat mengeras).

### 3.5. Pemeriksaan Campuran Aspal dengan Metode *Marshall*

Pemeriksaan campuran aspal dengan metode *Marshall* bermaksud untuk menentukan nilai dibawah ini.

#### 1. Stabilitas

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis. Naiknya stabilitas bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal, sampai batas tertentu (optimum) dan turun setelah melampaui batas optimum, hal ini karena aspal sebagai bahan ikat antar agregat dapat menjadi pelicin setelah melebihi batas optimum.

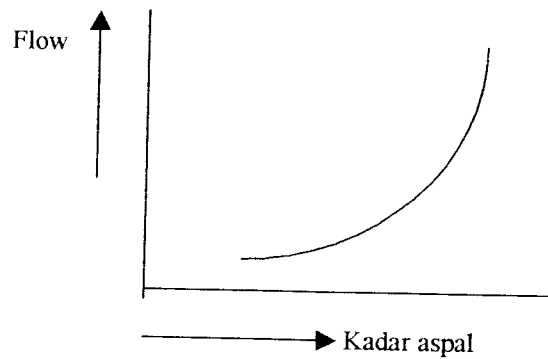


**Gambar 3.1 Grafik Nilai Stabilitas**

#### 2. Flow

*Flow* menyatakan besarnya penurunan (deformasi benda uji) campuran dengan angka kelelahan tinggi serta stabilitas rendah. Diatas batas maksimum akan cenderung bersifat plastis. Tapi bila campuran dengan angka kelelahan rendah dan

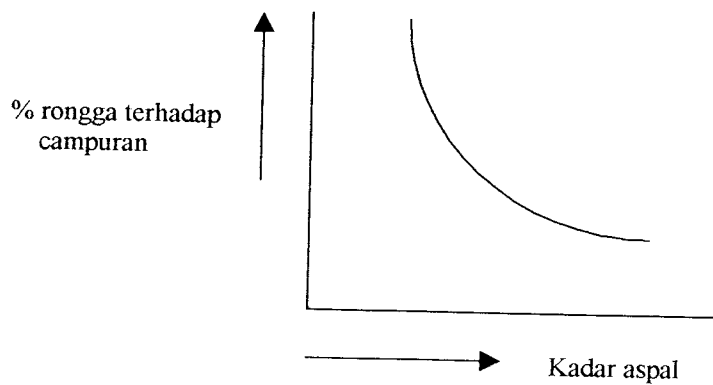
stabilitas tinggi dibawah batas optimum akan cenderung bersifat getas dan mudah retak bila ada pembebanan.



**Gambar 3.2. Grafik Nilai *Flow***

### 3. VITM (*Void in the Total Mix*)

VITM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VITM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. VITM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur retak (*Silvia Sukirman 1993*).

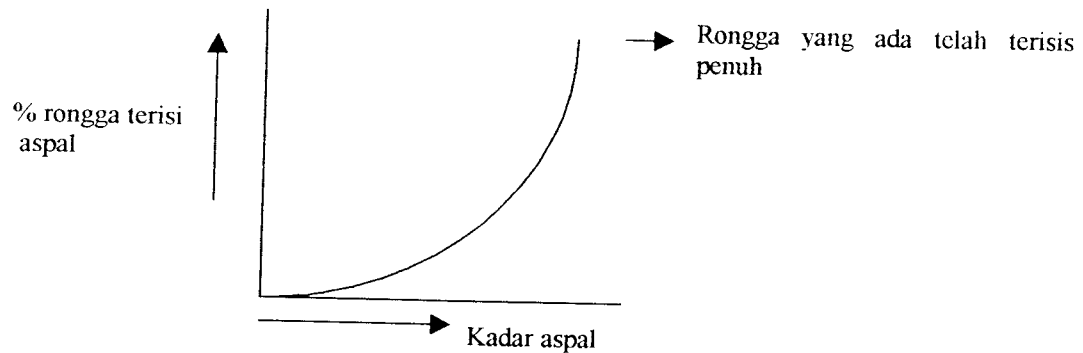


**Gambar 3.3. Grafik Nilai VITM**

### 4. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

VFWA adalah persentase rongga dalam campuran yang terisi aspal, yang nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, di mana

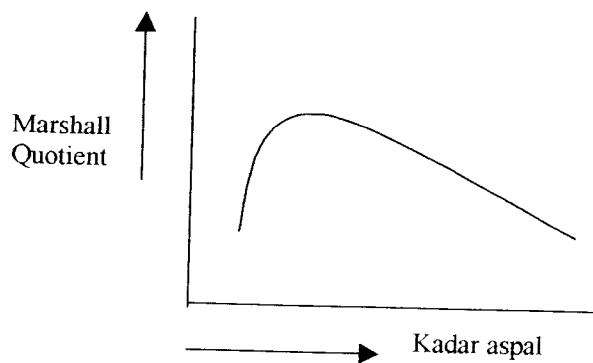
rongga telah penuh. Artinya apabila rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka prosentase kadar aspal yang mengisi rongga, adalah persentase kadar aspal maksimum.



**Gambar 3.4. Grafik nilai VFWA**

### 5. Marshall Quotient

*Marshall Quotient* adalah perbandingan antara stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada perencanaan perkerasan dengan metode Marshall digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Fleksibilitas akan naik diakibatkan oleh penambahan kadar aspal dan akan turun setelah sampai batas optimum, yang disebabkan berubahnya fungsi aspal sebagai pengikat menjadi pelicin. Spesifikasi didapat berdasarkan spesifikasi stabilitas dan *flow*.



**Gambar 3.5. Grafik nilai Marshall Quotient**

Tinjauan pemeriksaan campuran diatas adalah suatu metode pemeriksaan yang menggunakan agregat berupa batuan dan pasir biasa (yang umum digunakan). Sementara itu untuk limbah nikel dianggap mempunyai sifat yang sama dengan batu biasa, sehingga pemeriksaanya juga dilakukan dengan metode yang sama.



## **BAB IV**

### **HIPOTESIS**

Hipotesis adalah merupakan jawaban sementara dari tujuan suatu penelitian yang akan dilakukan. Untuk itu pada penelitian ini dikemukakan suatu hipotesis sebagai berikut.

Penggunaan limbah nikel sebagai bahan pengganti agregat kasar pada campuran HRS B, dapat memenuhi spesifikasi karakteristik yang disyaratkan untuk perkerasan.

Campuran yang menggunakan limbah nikel sebagai agregat kasar akan mempunyai kualitas yang sama dengan campuran yang menggunakan batu kali sebagai agregat biasa.

## **BAB V**

### **METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini dilakukan serangkaian pengujian yang meliputi :

1. Pengujian bahan yang terdiri dari :
  - a. Pengujian Agregat.
  - b. Pengujian Aspal.
2. Pengujian benda uji campuran beton aspal yang menggunakan limbah nikel sebagai agregat kasar dengan cara Uji *Marshall*.

#### **5.1. Cara Memperoleh Data**

Data diperoleh setelah dilakukan serangkaian pemeriksaan terhadap bahan yang digunakan untuk benda uji. Pemeriksaan tersebut meliputi :

##### **5.1.1. Pemeriksaan Agregat**

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah agregat dan aspal. Agregat berasal dari Clereng Kulon Progo yang telah di proses dengan alat pemecah batu (*Stone Crusher*) milik PT Perwita Karya Yogyakarta yang terletak di desa Piyungan Yogyakarta. Sedangkan limbah nikel sebagai agregat kasar diperoleh dari pembuangan limbah hasil pengolahan Nikel Pomalaa di daerah Pomalaa Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara . Aspal yang digunakan adalah aspal jenis AC 60-70 produk Pertamina yang diperoleh dari PT. Perwita Karya Yogyakarta.



Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian, sebelumnya diuji dilaboratorium untuk mendapatkan bahan yang memenuhi syarat-syarat bahan perkerasan jalan.

Agregat atau batuan merupakan komponen utama dari lapis permukaan jalan yang mengandung 90-95 % agregat berdasarkan prosentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan yang ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Adapun untuk mengetahui kualitas agregat dilakukan pemeriksaan sebagai berikut :

1. Pemeriksaan keausan agregat

Ketahanan agregat terhadap penghancuran diperiksa dengan menggunakan percobaan abrasi Los Angeles berdasarkan PB-0206-76. Nilai yang tinggi menunjukkan banyaknya benda uji yang hancur akibat putaran alat yang mengakibatkan tumbukan dan gesekan antara partikel dengan bola-bola uji. Nilai abrasi  $\geq 40$  % menunjukkan agregat tidak mempunyai kekerasan yang cukup untuk digunakan sebagai lapis Perkerasan.

2. Pemeriksaan berat jenis

Berat jenis adalah perbandingan antara berat volume dan berat volume air. Adapun pemeriksaan berat jenis mengikuti prosedur PA-0202-76 dengan persyaratan min 2,5 gr/cc. Besarnya berat jenis agregat penting dalam perencanaan campuran berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori.

### 3. Pemeriksaan kelekatan terhadap aspal

Daya lekat terhadap aspal dilakukan sesuai dengan prosedur PB-0205-76. Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dalam persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap seluruh luas permukaan dan besarnya min 95 %.

### 4. Pemeriksaan peresapan agregat terhadap air.

Peresapan agregat terhadap air dilakukan untuk mengetahui besarnya air yang terserap oleh agregat. Besarnya peresapan air yang diijinkan maksimal sebesar 3 %. Air yang telah diserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walaupun melalui proses pengeringan, sehingga memengaruhi daya lekat aspal dengan agregat.

### 5. Pemeriksaan *Sand Equivalent*.

*Sand Equivalent Test* dilakukan untuk mengetahui kadar debu bahan yang menyerupai lempung ada agregat halus / pasir. *Sand Equivalent Test* dilakukan untuk partikel agregat lolos saringan No.4 sesuai dengan prosedur AASHTO-T176-73. Nilai yang disyaratkan sebesar minimal 50 %.

## 5.2. Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran adalah meliputi kegiatan sebagai berikut :

### 5.2.1. Perencanaan gradasi agregat campuran

Gradasi agregat yang digunakan pada campuran HRS dengan agregat kasar limbah nikel adalah gradasi timpang (*Gap Graded*), dengan persentase agregat kasar (ukuran  $\geq 2$  mm)  $\geq 30-50$  %.

Persentase agregat berdasarkan analisa saringan yang mengacu pada spesifikasi gradasi agregat HRS B oleh Bina Marga, seperti dalam tabel 5.1 dibawah ini :

Tabel 5.1. Gradasi Agregat *Hot Rolled Sheet B*

Ukuran Saringan	% Berat Lolos Saringan
3/4 "	97 – 100
1/2 "	70 – 100
3/8"	58 – 80
# 4	50 – 60
# 8	46 – 60
# 30	16 – 60
# 50	10 – 48
# 100	3 – 26
# 200	2 – 8

(Sumber : Dirjen Bina Marga, CQCMU, Edisi Agustus, 1988)

### 5.2.2. Kadar Aspal

Kadar aspal dalam penelitian ini dipergunakan 6 variasi kadar aspal dengan kenaikan persentase 0,5 %, yaitu 6 %, 6,5 %, 7 %, 7,5 %, 8 % dan 8,5 % dari campuran agregat.

## 5.3. Pengujian Campuran

### 5.3.1. Pembuatan Benda Uji

Berat total campuran agregat dan aspal untuk satu jenis benda uji adalah 1200 gram, yang terdiri dari aspal, agregat kasar agregat halus dan *filler*. Jumlah benda uji untuk masing-masing kadar aspal adalah sebanyak 3 (tiga) buah. Jumlah pembanding (total) adalah  $(3 \times 6) \times 2 = 36$  benda uji. Kemudian pada Uji *Marshall Immersion* dipakai lama perendaman 24 jam dengan kadar aspal optimum sebanyak 6 sampel benda uji yaitu 3 benda uji untuk agregat biasa dan 3 benda uji untuk agregat limbah nikel. Sedangkan untuk Uji *Standar Marshall* dengan kadar aspal optimum juga

dipakai 6 sampel benda uji yaitu 3 benda uji untuk agregat biasa dan 3 benda uji untuk agregat limbah nikel.

Jadi total jumlah yang diperlukan sebanyak  $36 + 12 = 48$  sampel benda uji.

Contoh pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

Perhitungan :

- Berat total campuran agregat : Aspal + Agregat + Filler = 1200 gr
- Berat Aspal = 6 % x 1200 gr = 72 gr
- Berat Agregat = 1200 - 72 gr = 1128 gr

Sedangkan aspal yang dibutuhkan untuk tiap-tiap benda uji adalah sebagai berikut :

- Kadar aspal 6 % dibutuhkan aspal 6 % x 1200 gr = 72 gr
- Kadar aspal 6,5 % dibutuhkan aspal 6,5 % x 1200 gr = 78 gr
- Kadar aspal 7 % dibutuhkan aspal 7 % x 1200 gr = 84 gr
- Kadar aspal 7,5 % dibutuhkan aspal 7,5 % x 1200 gr = 90 gr
- Kadar aspal 8 % dibutuhkan aspal 8 % x 1200 gr = 96 gr
- Kadar aspal 8,5 % dibutuhkan aspal 8,5 % x 1200 gr = 102 gr

Tahapan pembuatan benda uji antara lain sebagai berikut :

1. Agregat dibersihkan dari kotoran yang menempel dan dikeringkan sampai diperoleh berat tetap pada suhu  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Agregat-agregat tersebut kemudian disaring secara kering kedalam fraksi-fraksi yang dikehendaki.
2. Penimbangan untuk setiap fraksi dilakukan agar mendapat gradasi agregat ideal pada suatu takaran campuran.
3. Agregat yang telah ditimbang selanjutnya dimasukkan ke dalam panci, kemudian dipanaskan dalam oven. Setelah suhunya dianggap cukup agregat

- dipanaskan diatas kompor/pemanas sampai pada suhu diatas 165 °C, sedangkan aspal dipanaskan hingga mencapai suhu 155 ° C.
4. Setelah agregat dan aspal mencapai suhu yang dikehendaki dilakukan pencampuran kedua bahan tersebut dengan persentase kadar aspal yang telah direncanakan.
  5. Mengaduk campuran tersebut hingga rata sampai semua agregat terselimuti aspal. Kemudian benda uji dimasukkan kedalam silinder cetakan yang sebelumnya silinder tersebut telah diolesi *vaselin*, kemudian bagian atas maupun bawah dari silinder cetakan benda uji diberi kertas saring dan diberi tanda.
  6. Setelah campuran benda uji dimasukkan kedalam silinder cetakan campuran ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, lima belas kali ditepi silinder dan sepuluh kali dibagian tengahnya.
  7. Pemadatan dilakukan dengan *compactor* manual masing-masing sebanyak 50 kali untuk bagian atas dan bawah.
  8. Benda uji didinginkan, selanjutnya dikeluarkan dari silinder cetakan dengan *ekstruder* dan diberi kode pada setiap permukaan benda uji.

### 5.3.2. Peralatan Pengujian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Transportasi Jurusan Teknik Sipil

III. Alat-alat yang digunakan selama penelitian adalah :

1. Sembilan cetakan benda uji, lengkap dengan plat atas dan leher sambung.
2. Mesin penumbuk manual maupun elektrik.

3. Alat untuk mengeluarkan benda uji (*ejector*).
4. Alat *Marshall* lengkap, yaitu :
  - a. Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung,
  - b. Cincin penguji (*proving ring*), dan
  - c. Arloji pengukur alir (*flow*).
  - d. Oven.
5. Bak perendam (*water bath*) dilengkapi dengan pengatur suhu, mulai suhu 20°C--60°C
6. Timbangan.
7. Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*).
8. Perlengkapan lain-lain, yaitu :
  - a. Panci / kual, dan
  - b. Sendok pengaduk dan spatula,
  - c. Kompor atau pemanas (*hot plate*),
  - d. Kantong plastik, gas elpiji, dan
  - e. Sarung tangan asbes dan karet.

### 5.3.3. Cara Pengujian

Cara pengujian benda uji dilakukan sebagai berikut.

1. Benda uji direndam dalam bak perendam (*water bath*) selama  $\pm 30$  menit dengan suhu perendaman 60°C.

2. Kepala penekan alat *Marshall* dibersihkan dan permukaannya dilumasi dengan *vaselin* agar benda uji mudah dilepaskan. Benda uji diletakkan pada alat *Marshall* segera setelah benda uji dikeluarkan dari *water bath*.
3. Pembebanan dimulai dengan posisi jarum diatur sehingga menunjukkan angka nol, sementara selubung arloji dipegang kuat terhadap bagian atas kepala penekan.
4. Kecepatan pembebanan dimulai dengan 50 mm/menit hingga pembebanan maksimum tercapai, yaitu pada saat arloji pembebanan berhenti dan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum ukur. Pembebanan maksimum yang terjadi pada *flow meter* dibaca pada saat itu.

#### 5.3.4. Anggapan Dasar

Penelitian ini bertujuan untuk menggunakan limbah nikel sebagai agregat kasar terhadap spesifikasi yang disyaratkan untuk campuran *Hot Rolled Sheet*. Berdasarkan dari hasil penelitian tersebut bahwa limbah nikel jika digunakan sebagai agregat kasar untuk campuran HRS dapat dimanfaatkan.

Pengujian campuran ini menggunakan uji *Marshall*. Uji *Marshall* bertujuan untuk mengetahui karakteristik perkerasan. Berdasarkan pemeriksaan diperoleh hasil:

1. Stabilitas
2. *Flow*
3. VITM (*Void in The Mix*)

4. VFWA (*Void Filled With Asphalt*), dan
5. *Marshall Quotient*.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini dianggap dalam keadaan standar. Selain itu variasi di dalam pekerjaan pembuatan benda uji dianggap relatif kecil atau dapat diabaikan. Bahan-bahan untuk penelitian ini, seperti agregat dan aspal dianggap memiliki kualitas yang homogen, seperti pada hasil pengujian bahan.

#### 5.4. Analisis

Setelah pengujian *Marshall* dilakukan, dilanjutkan dengan analisis data yang diperoleh. Analisis yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai-nilai *Marshall* guna mengetahui karakteristik campuran sehingga didapat kadar aspal optimum.

Data yang diperoleh dari percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut :

1. Berat benda uji sebelum direndam (gram).
2. Berat benda uji didalam air (gram).
3. Berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram).
4. Tebal benda uji (mm).
5. Pembacaan arloji stabilitas (lbs).
6. Pembacaan arloji kelelahan atau *flow* (mm).

Untuk mendapatkan nilai VITM (*Void In The Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), Stabilitas (*Stability*), dan *Marshall Quotient* (MQ), diperlukan data-data antara lain :

1. Berat Jenis aspal = (*Berat / Volume*)
2. Berat Jenis agregat, dan



### 3. Berat Jenis teoritis campuran.

Berat jenis agregat merupakan gabungan dari berat jenis agregat kasar, agregat halus dan filler. Untuk memperoleh nilai berat jenis tersebut digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{BJ agregat} = \frac{100}{(A/F1) + (B/F2) + (C/F3)}$$

Keterangan :

A = Persentase agregat kasar,	F1 = Berat jenis agregat kasar
B = Persentase agregat halus,	F2 = Berat jenis agregat halus
C = Persentase <i>filler</i> ,	F3 = Berat jenis <i>filler</i>

Data hasil perhitungan diatas dipergunakan untuk mencari nilai-nilai dari :

#### 1. Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian *Marshall*. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji (Tabel 5.2). Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$S = p \times q$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

Tabel 5.2. koreksi tebal benda uji

TEBAL (mm)	ANGKA KOREKSI	TEBAL (mm)	ANGKA KOREKSI
60	1,095	70	0,845
61	1,065	71	0,835
62	1,035	72	0,825
63	1,015	73	0,810
64	0,960	74	0,791
65	0,935	75	0,772
66	0,900	76	0,762
67	0,885	77	0,752
68	0,865	78	0,742
69	0,855	79	0,733
70	0,845	80	0,724

Sumber : Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, FTSP, UII

## 2. Kelelahan (*Flow*)

*Flow* menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan (sampai beban batas). Nilai ini langsung dapat dibaca dari pembacaan arloji kelelahan (*flow*) saat pengujian *Marshall*. Nilai *flow* pada arloji dalam satuan *inch*, maka harus dikonversikan dalam satuan milimeter.

## 3. Kepadatan (*Density*)

Nilai kepadatan / *density* dihitung dengan rumus :

$$BD = q = c / f$$

$$f = d - e$$

Keterangan :  $BD = q =$  Nilai kepadatan (gr/cc)

$d =$  Berat benda uji jenuh air (gr)

$e =$  Berat benda uji dalam air (gr)

$f =$  Volume benda uji (cc)

$c =$  Berat Kering/Sebelum Direndam (gr)

#### 4. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal. Nilai VFWA dihitung dengan rumus :

$$\text{VFWA} = 100 \cdot (i/l)$$

$$b = \{a / (100 + a)\} \cdot 100$$

$$i = (b \cdot g) / \text{BJ aspal}$$

$$j = \{(100-b) \cdot g\} / \text{BJ agregat}$$

$$l = 100 - j$$

Keterangan :

a = persentase aspal terhadap batuan (%), i dan j = rumus substitusi

b = persentase aspal terhadap campuran (%), l = persentase rongga terhadap agregat

g = berat isi benda uji.

#### 5. VITM (*Void In The Mix*)

*Void in the mix* adalah persentase rongga dalam campuran. Nilainya dihitung dengan rumus :

$$\text{VITM} = 100 \cdot (100 - g/h)$$

$$h = \frac{100}{[(\% \text{ agregat} / \text{BJ agregat}) + (\% \text{ aspal} / \text{BJ aspal})]}$$

Keterangan : h = Berat jenis maksimum teoritis campuran

#### 6. Marshall Quotient (MQ)

Nilai dari *Marshall Quotient* diperoleh dengan rumus :

$$\text{MQ} = S / R$$

Keterangan : S = Nilai stabilitas

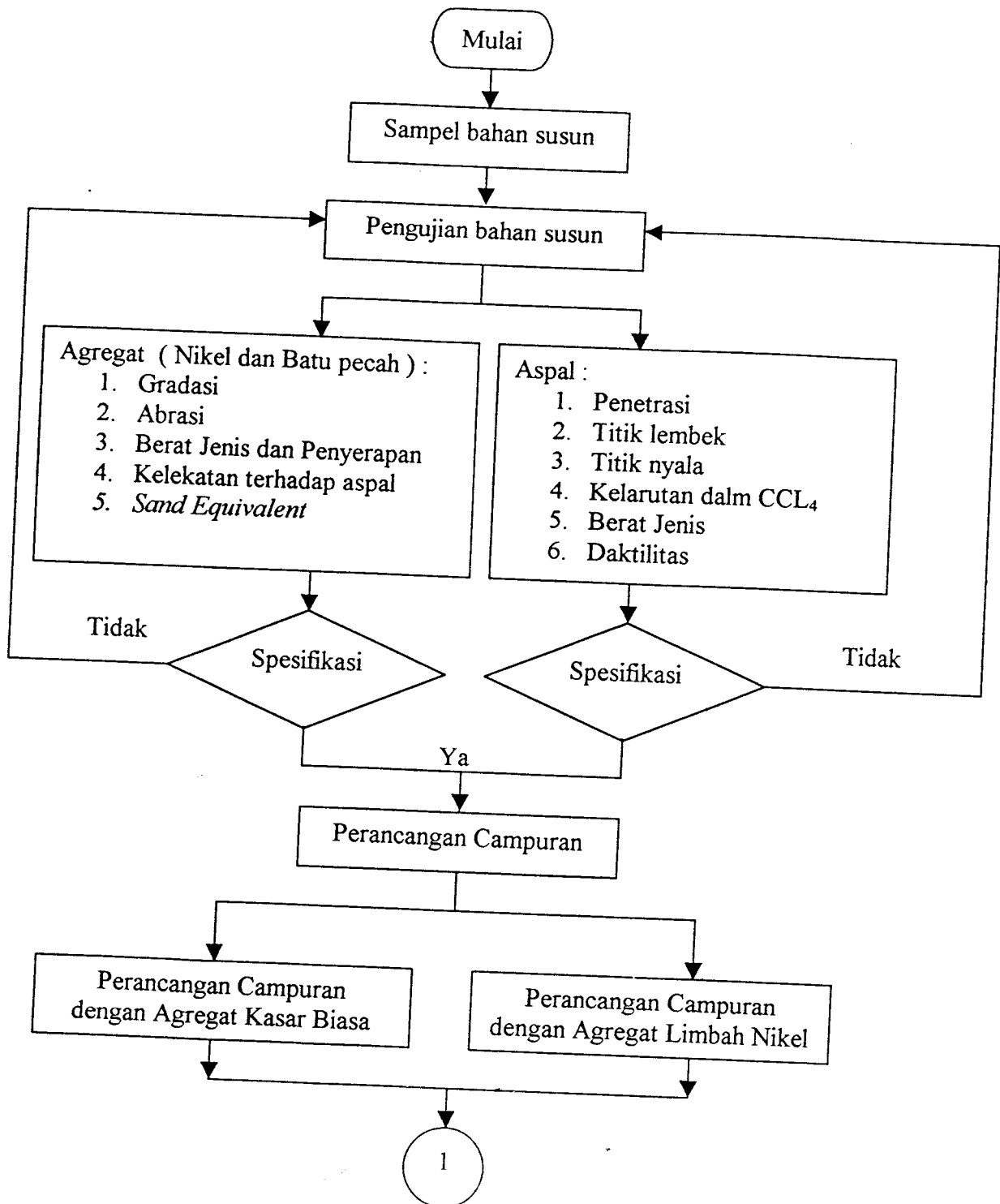
R = Nilai kelelahan (*flow*)

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

Setelah dilakukan analisis dari pengujian *Marshall*, dan didapat nilai-nilai karakteristik *Marshall*, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut. Berdasarkan grafik dan perbandingan terhadap spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga, ditentukan kadar aspal optimum campuran.

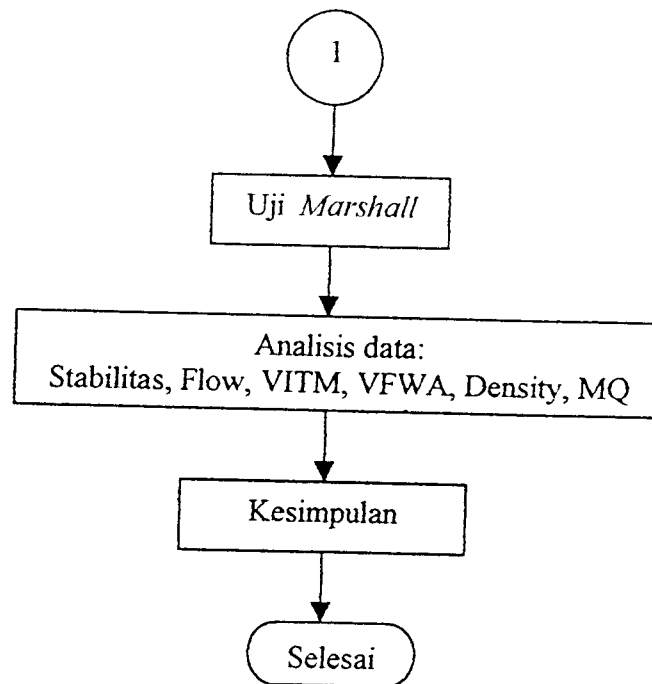
Sebagai pembandingan hasil penelitian dibuat juga benda uji dengan spesifikasi gradasi yang sama, tetapi menggunakan kerikil biasa sebagai agregat kasar untuk campurannya, dan dilakukan pengujian-pengujian seperti pelaksanaan diatas.

Untuk lebih jelasnya rangkaian penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir penelitian pada gambar 5.1.

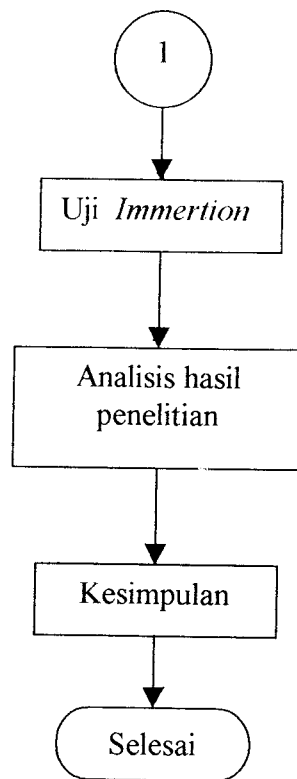


**Gambar 5.1. Diagram Alur Uji Standar Marshall**





**Gambar 5.1. Diagram Alur Uji Marshall Standar (Lanjutan)**



**Gambar 5.2. Bagan alir Immertion Test**

## BAB VI

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 6.1. Hasil Penelitian Laboratorium

##### 6.1.1. Hasil Pemeriksaan Bahan.

Penelitian terhadap bahan-bahan campuran *Hot Rolled Sheet* di laboratorium diperoleh dari hasil pemeriksaan terhadap agregat dan aspal sebagai berikut :

Tabel 6.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Pecah)

No	Pengujian	Hasil	Syarat	Ket
1.	Keausan dengan Mesin <i>Los Angeles</i> (%)	21.16	Maks. 40	memenuhi
2.	Kelekatan Terhadap Aspal (%)	100	Min. 95	memenuhi
3.	Penyerapan Terhadap Air (%)	1.27	Maks. 3	memenuhi
4.	Berat Jenis Semu	2.74	Min. 2,5	memenuhi

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorim Jalan Raya UII

Tabel 6.2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Limbah Nikel)

No	Pengujian	Hasil	Syarat	Ket
1.	Keausan dengan Mesin <i>Los Angeles</i> (%)	19.7	Maks. 40	memenuhi
2.	Kelekatan Terhadap Aspal (%)	98	Min. 95	memenuhi
3.	Penyerapan Terhadap Air (%)	2.196	Maks. 3	memenuhi
4.	Berat Jenis Semu	2.82	Min. 2,5	memenuhi

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorim Jalan Raya UII



Tabel 6.3. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Pengujian	Hasil	Syarat	Ket
1.	<i>Sand Equivalent (%)</i>	71.15	Min.50	memenuhi
2.	Penyerapan Terhadap Air (%)	2.249	< 3	memenuhi
3.	Berat Jenis Semu	2.778	> 2,5	memenuhi

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorim Jalan Raya UII

Tabel 6.4. Hasil Pemeriksaan Aspal Keras AC 60/70

No	Pengujian	Hasil	Syarat	Ket
1.	Penetrasi (25°C, 5 detik) (0.1 mm)	61	60 – 70	memenuhi
2.	Titik lembek ( <i>Ring and Ball</i> ) °C	53	48 – 58	memenuhi
3.	Titik nyala ( <i>Cleve Open Cupl</i> ) °C	332	≥ 200	memenuhi
4.	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit) (cm)	127.5	≥ 100	memenuhi
5.	Berat jenis	1.014	≥ 1,0	memenuhi
6.	Kelarutan dalam CCL <sub>4</sub>	99.5	≥ 99	memenuhi

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorim Jalan Raya UII

Selanjutnya pengujian dilanjutkan dengan pemeriksaan *Marshall Properties* terhadap campuran berdasarkan desain (*Job Mix*) pada material-material tersebut.

### 6.1.2 Hasil Pengujian Benda Uji

Data hasil pengujian *Marshall* untuk campuran yang menggunakan agregat kasar dari batu pecah (hasil *Stone Cruser*) dapat dilihat pada tabel 6.5. dan tabel 6.6.

Tabel 6.5. Hasil Pengujian *Marshall* untuk Campuran *Hot Rolled Sheet* dengan Menggunakan Agregat Kasar dari Batu Pecah

Kadar Aspal (%)	Kode	Density (gr/cc)	VITM (%)	Flow (mm)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Marshall Quotient (Kg/mm)
6	1/C	2.1870	8.9205	3.302	59.1899	919.8062	278.560
	2/C	2.1764	9.6119	3.048	57.1893	1027.2817	337.035
	3/C	2.158	10.1283	2.794	55.7624	621.8705	209.1030
	Rata-rata	2.1717	9.5536	3.048	57.3805	856.3194	280.943
6.5	1/C	2.1770	8.6790	2.794	61.6549	698.4384	249.978
	2/C	2.1818	8.4777	3.302	61.7350	1036.2897	313.837
	3/C	2.1633	9.2537	3.302	59.9770	967.941	293.138
	Rata-rata	2.1740	8.8049	3.133	61.2815	900.890	287.549
7	1/C	2.2185	6.2679	3.048	70.9582	1156.9687	379.5829
	2/C	2.1693	8.3446	3.302	64.2167	820.5914	248.5134
	3/C	2.1908	7.4362	3.048	67.0383	759.2099	249.0256
	Rata-rata	2.1927	7.3559	3.1327	67.2968	912.1967	291.1855
7.5	1/C	2.1946	6.6088	3.048	71.0605	638.5805	209.5080
	2/C	2.1955	6.5705	2.794	71.1882	647.3897	231.7071
	3/C	2.2195	5.5492	3.556	74.7307	1500.5099	421.9657
	Rata-rata	2.2032	6.6428	3.1327	72.2956	928.8267	296.494
8	1/C	2.2325	4.3200	3.048	80.2996	1184.1675	388.5064
	2/C	2.2162	5.0186	4.064	77.6943	1253.1157	308.3454
	3/C	2.2164	5.0100	4.064	77.7256	837.7230	206.1326
	Rata-rata	2.2216	4.7872	3.7253	78.5426	1091.6687	293.0418
8.5	1/C	2.2785	1.6574	5.334	92.0068	889.076	166.6809
	2/C	2.2868	1.2991	4.318	93.6440	812.776	188.2297
	3/C	2.2760	1.7653	5.588	91.5231	875.2974	191.4473
	Rata-rata	2.2804	1.5739	5.089	92.3913	853.0498	179.9189

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorim Jalan Raya UII

Keterangan :  
C = Batu Clereng

Tabel 6.6. Hasil Pengujian *Marshall* untuk Campuran *Hot Rolled Sheet* dengan Menggunakan Agregat Kasar dari Limbah Nikel

Kadar Aspal (%)	Kode	Density (gr/cc)	VITM (%)	Flow (mm)	VFWA (%)	Stabilitas (kg)	Marshall Quotient (Kg/mm)
6	1/N	2.1434	10.3255	2.794	53.7188	2.1434	239.945
	2/N	2.1117	12.2429	2.794	50.5077	2.1117	281.383
	3/N	2.1887	9.0429	4.064	58.5809	2.1887	271.703
	Rata-rata	2.14776	10.7468	3.217	54.1784	2.1477	264.973
6.5	1/N	2.2041	7.7358	3.556	64.6210	2.2041	284.799
	2/N	2.1530	9.8748	3.556	58.2933	2.1530	290.896
	3/N	2.1944	8.1418	3.81	63.3406	2.1944	403.767
	Rata-rata	2.1835	8.5981	3.641	61.9481	2.1835	328.255
7	1/N	2.1774	8.1924	4.572	64.7252	1319.5274	288.6105
	2/N	2.1905	7.6400	3.556	66.4359	1233.8863	346.9871
	3/N	2.2022	7.1468	3.046	68.6028	1185.8128	389.0462
	Rata-rata	2.1900	7.6611	3.7253	66.3688	1246.4088	334.5794
7.5	1/N	2.2609	3.9835	3.81	80.7551	1113.3170	292.2092
	2/N	2.2664	3.7499	4.318	81.7128	1847.4103	427.8393
	3/N	2.2235	5.5718	3.048	74.6887	1359.0145	445.8709
	Rata-rata	2.2502	4.4379	3.7253	78.9428	1439.9139	386.5229
8	1/N	2.2406	4.1659	3.048	80.9233	1491.9955	489.4998
	2/N	2.200	3.3362	4.318	84.2336	1830.0147	423.8107
	3/N	2.2507	3.7340	4.572	82.6207	1525.0043	333.5530
	Rata-rata	2.2504	3.7454	3.9793	82.5925	1615.6772	406.0204
8.5	1/N	2.3161	0.2369	3.556	98.804	1294.8990	364.1448
	2/N	2.3333	0.172	4.064	99,22	1706.649	419.889
	3/N	2.319	0.129	3.302	99.430	1203.774	364.559
	Rata-rata	2.323	0.179	3.6407	99,15	1189.638	383.043

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorim Jalan Raya UII

Keterangan :

N = Limbah Nikel

Tabel 6.7. Persyaratan Beton Aspal

<b>Parameter Marshall</b>	<b>BM 1983</b>	<b>BM 1987</b>
Stabilitas (kg)	> 750	> 450
Flow (mm)	2 – 4	2 – 4.5
M Q (kg/mm)	-	200 – 350
VITM (%)	3 – 5	3 – 5
VFWA(%)	75 – 82	-
Density (gr/cc)	-	-

Sumber : Laston No. 13/PT/B/1983 dan SKBI 2.4.26.1987

Tabel 6.8. Kadar Aspal Design

Agregat Kasar	Kadar Aspal Design (%)
Batu Biasa	7,95
Limbah Nikel	7,65

Pada pengujian *Immersion*, menggunakan kadar aspal 7,95 % untuk agregat kasar dari batu pecah dan kadar aspal 7,65 % untuk agregat kasar dari limbah nikel yang nilai stabilitasnya akan dibandingkan dengan pengujian *Standar Marshall* dengan komposisi agregat dan kadar aspal yang sama.

Tabel 6.9. Hasil Pengujian *Immersion*

Batu Pecah : Limbah Nikel	Kadar aspal 7,95 %	Kadar aspal 7,65 %
<i>Density</i> ( gr/cc)	2,2597	2,2817
VITM (%)	3,226	2,5629
VFWA (%)	84,6033	85,8335
<i>FLOW</i> (mm)	4,302	4,826
Stabilitas (kg)	921,9511	1180,7076
MQ	213,5249	241,9639

Tabel 6.10. Hasil Pengujian *Standar Marshall*

Batu Pecah : Limbah Nikel	Kadar aspal 7,95 %	Kadar aspal 7,65 %
<i>Density</i> ( gr/cc)	2,2537	2,2503
VITM (%)	3,4833	3,6263
VFWA (%)	83,6377	80,54
<i>FLOW</i> (mm)	2,9633	2,9633
Stabilitas (kg)	896,0239	737,5093
MQ	304,6180	261,2359

## 6.2. Pembahasan

### 6.2.1. Stabilitas.

Stabilitas adalah kemampuan dari lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat menerima beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang, alur, maupun *bleeding*. Nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Nilai stabilitas pada beton aspal dipengaruhi oleh suhu pemadatan, gradasi agregat, kadar serta jenis aspalnya, bentuk agregat dan kohesi campuran.

Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas ditunjukkan oleh meningkatnya nilai stabilitas seiring dengan bertambahnya kadar aspal sampai nilai stabilitas mencapai optimum, selanjutnya penambahan kadar aspal yang tinggi akan menurunkan nilai

stabilitas. Hal ini disebabkan oleh aspal yang pada mulanya berfungsi sebagai pengikat antar agregat dengan semakin bertambahnya kadar aspal maka fungsinya justru berubah menjadi pelicin sehingga menurunkan *internal friction* antar agregat dalam campuran.

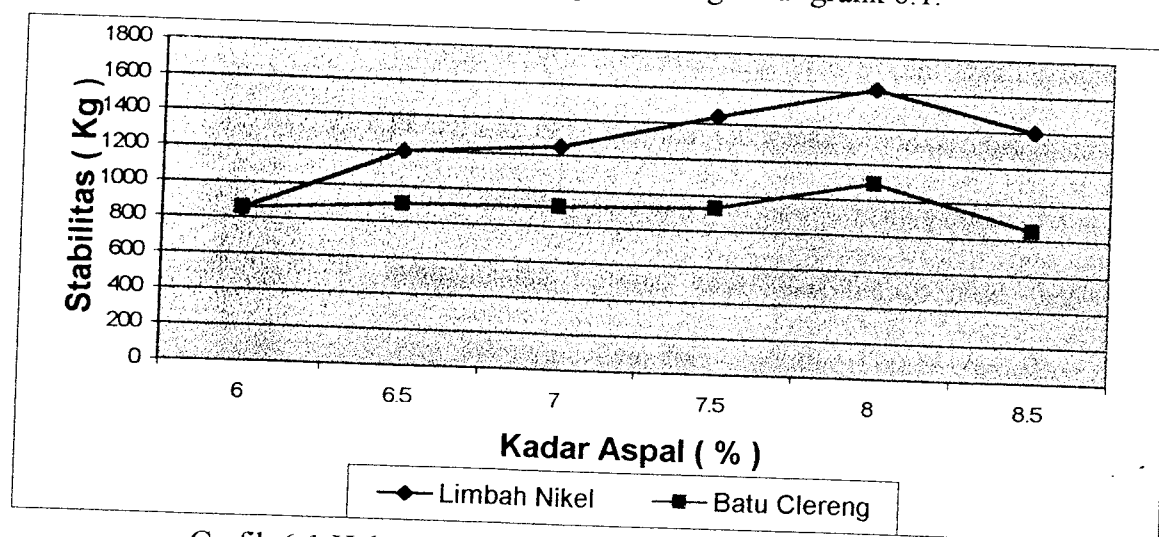
Dari uji hasil laboratorium terhadap nilai stabilitas dapat dilihat pada tabel 6.11. berikut ini.

Tabel 6.11. Nilai Stabilitas Hasil dari Pengujian *Marshall*

Jenis Agregat	Stabilitas pada Kadar Aspal ( Kg )					
	6 %	6,5 %	7 %	7,5 %	8 %	8,5 %
Batu Pecah	856,31	900,88	912,19	928,826	1091,66	853,049
Limbah Nikel	852,41	1195,18	1246,40	1439,91	1615,67	1401,77

Keterangan : arsir = memenuhi persyaratan Bina Marga 1983 dan Bina Marga 1987

Gambar hubungan kadar aspal dengan nilai stabilitas antara campuran batu pecah dari Clereng dengan limbah nikel, dapat dilihat gambar grafik 6.1.



Grafik 6.1 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas

Berdasarkan gambar 6.1. terlihat bahwa nilai stabilitas semakin naik. Dengan semakin bertambahnya kadar aspal nilai stabilitas naik sampai batas tertentu (optimum) dan kembali menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal tersebut dimungkinkan karena bila dilihat dari fungsinya sebagai bahan perekat, penggunaan aspal yang rendah tentunya tidak akan maksimum dalam menyelimuti permukaan agregat sehingga kekompakan ikatan antara agregat sendiri berkurang dan artinya stabilitas campuran tersebut rendah. Penggunaan kadar aspal yang tinggi dalam campuran akan memberikan lapisan film aspal yang tebal. Lapisan film aspal tebal ini akan membuat jarak ikatan antar agregat penyusun campuran menjadi lebih besar, tentunya ini akan mengurangi gaya gesek antar agregat, dan juga akan mengurangi kestabilan campuran tersebut karena campuran tersebut cenderung bersifat plastis. Penggunaan limbah nikel untuk campuran agregat kasar ke dalam campuran HRS menaikkan nilai stabilitas, ini karena bentuk dan tekstur permukaan agregat lebih kasar dibanding batu pecah. Apabila nilai stabilitas terlalu besar maka perkerasan akan semakin kaku tetapi mudah retak (getas).

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa stabilitas campuran yang menggunakan agregat kasar dari limbah nikel, lebih tinggi dibandingkan dengan yang menggunakan batu pecah. Tetapi semuanya masih masuk dalam batas karakteristik yang disyaratkan ( $> 750$  kg). Nilai optimum stabilitas dicapai pada kadar aspal 8 %, yaitu 1615,68 kg, untuk campuran dengan agregat kasar dari limbah nikel, dan 1091,67 kg untuk agregat kasar dari batu pecah.

### 6.2.2. Tinjauan Terhadap *Flow*

Kelelahan (*flow*) menunjukkan besarnya deformasi campuran panas benda uji beton aspal akibat beban yang bekerja padanya. Campuran yang memiliki nilai sangat rendah dan nilai stabilitas *Marshall* tinggi, menunjukkan perkerasan tersebut bersifat kaku. Sebaliknya, nilai *flow* akan menunjukkan campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban lalu lintas.

Dari uji hasil laboratorium terhadap nilai *flow* dapat dilihat pada tabel 6.12. berikut ini :

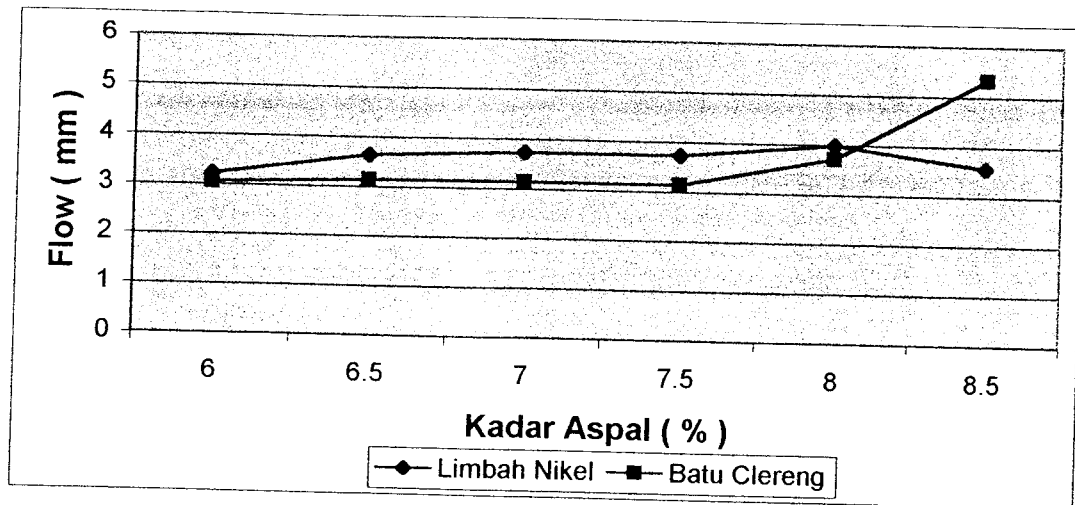
Tabel 6.12. Nilai *Flow* Hasil dari Pengujian *Marshall*

Jenis Agregat	<i>Flow</i> pada Kadar Aspal ( mm )					
	6 %	6,5 %	7 %	7,5 %	8 %	8,5 %
Batu Pecah	3,048	3,1326	3,1327	3,1327	3,7253	5,089
Limbah Nikel	3,217	3,641	3,7253	3,7253	3,9793	3,6407

keterangan : arsir = memenuhi persyaratan Bina Marga 1983 dan Bina Marga 1987

Gambar hubungan kadar aspal dengan nilai *flow* antara batu pecah dari Clereng dengan limbah nikel, dapat dilihat gambar grafik 6.2.





Grafik 6.2. Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *Flow*

Berdasarkan gambar 6.2. tersebut, terlihat bahwa dari hasil penelitian menunjukkan semua benda uji memenuhi spesifikasi Bina Marga kecuali pada agregat kasar batu pecah untuk kadar aspal 8,5 %. Permukaan agregat kasar dari batu pecah lebih halus daripada limbah nikel, maka kemungkinan terjadinya deformasi akan lebih besar karena kecilnya tahanan gesek yang terjadi antar butiran. Agar tidak terjadi deformasi agregat dalam campuran, digunakan aspal dengan presentase yang relatif kecil, yaitu dibawah 8 %, sehingga aspal disini benar-benar berfungsi sebagai bahan ikat. Persyaratan Bina Marga untuk nilai kelelahan adalah antara 2,0 – 4,0 mm sehingga dari hasil penelitian terlihat bahwa semua campuran nilai kelelahanya memenuhi persyaratan. Hal ini menunjukkan bahwa campuran limbah nikel tidak bersifat kaku ataupun tidak bersifat terlalu lembek atau plastis.

Batu pecah mempunyai nilai *flow* diatas 4 mm batas atas Spesifikasi Bina Marga, sehingga campuran cenderung lebih plastis dan mudah mengalami deformasi/perubahan bentuk.

### 6.2.3. VITM (*Void In The Mix*)

VITM adalah banyaknya rongga yang ada pada suatu campuran, yang dipengaruhi oleh gradasi agregat, suhu pemadatan, energi pemadatan dan kadar aspal serta jenis aspal. Nilai VITM berpengaruh terhadap kedapatan campuran yaitu kedapatan terhadap udara dan air. Nilai VITM tinggi menunjukkan bahwa campuran tersebut mempunyai rongga yang tinggi, hal ini dapat menyebabkan perkerasan tersebut menjadi *porous* dan itu akan mengurangi sifat keawetan dan kedapatan terhadap pengaruh udara dan air. Tetapi dalam campuran harus tersedia cukup rongga terisi udara yang fungsinya untuk menyediakan ruang gerak bagi unsur-unsur campuran sesuai dengan sifat elastisnya. Nilai yang disyaratkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga adalah antara 3 % sampai 5 %. Lapis keras yang mempunyai nilai VITM kurang dari 3 %, akan mudah terjadi *bleeding*. Dengan tingginya temperatur perkerasan, aspal akan mencair dan pada saat perkerasan menerima beban, aspal akan mengalir di antara rongga agregat. Sebaliknya nilai VITM yang lebih besar dari 5 %, menunjukkan bahwa banyak terjadi rongga dalam campuran.

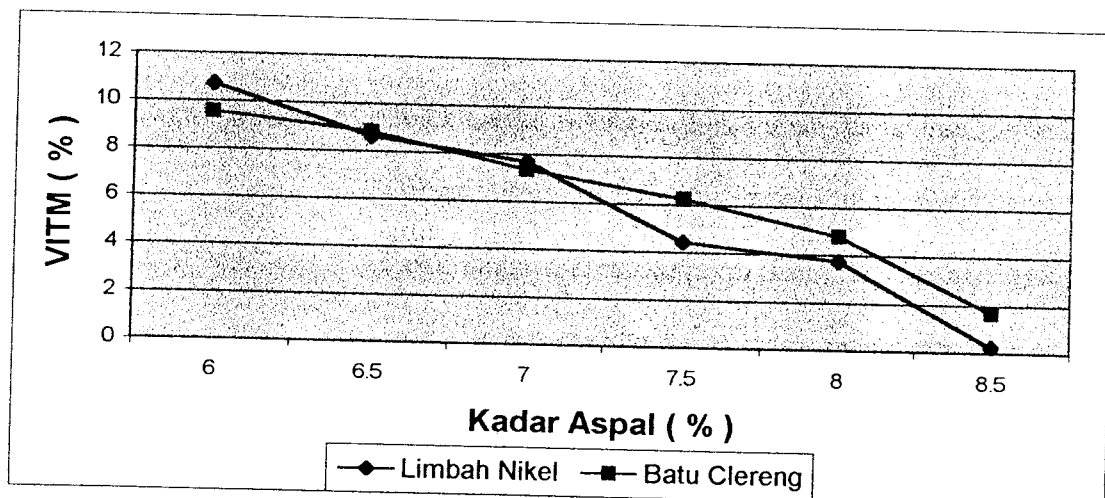
Nilai VITM hasil dari pengujian *Marshall* perbandingan batu pecah dari Clereng dengan limbah nikel dapat dilihat pada tabel 6.13. berikut ini.

Tabel 6.13. Nilai VITM Hasil dari Pengujian *Marshall*

Jenis Agregat	VITM pada Kadar Aspal (%)					
	6 %	6,5 %	7 %	7,5 %	8 %	8,5 %
Batu Pecah	9,554	8,805	7,3559	6,2428	4,7872	1,574
Limbah Nikel	10,747	8,598	7,6611	4,4379	3,7454	0,2368

keterangan : arsir = memenuhi persyaratan Bina Marga 1983 dan Bina Marga 1987

Gambar hubungan kadar aspal dengan nilai VITM antara batu pecah dengan limbah nikel dapat dilihat pada grafik 6.3 di bawah ini.



Grafik 6.3. Hubungan Kadar Aspal dan Nilai VITM

Dari hasil penelitian terlihat bahwa semakin besar kadar aspal, maka nilai VITM semakin kecil (seperti terlihat pada grafik 6.3.). Hal ini disebabkan oleh aspal yang mampu mengisi lebih banyak rongga-rongga yang ada. Pada waktu pemadatan, aspal dapat merapat dan butir bahan pengisi akan mengisi rongga yang ada, sehingga campuran menjadi lebih rapat dan memperkecil rongga yang terjadi. Dari grafik terlihat bahwa nilai VITM yang masuk spesifikasi untuk campuran yang menggunakan agregat kasar limbah nikel, pada kadar aspal dengan rentang nilai dari

7,5 % sampai dengan 8 %. Untuk campuran yang menggunakan agregat kasar dari batu pecah dari Clereng yang memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 8 %.

#### **6.2.4. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)**

Nilai VFWA menunjukkan besarnya rongga yang terisi oleh aspal yang dinyatakan dalam persen aspal terhadap rongga. Besarnya nilai VFWA berpengaruh pada kedekatan campuran terhadap udara dan air yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap keawetan suatu perkerasan.

Untuk nilai VFWA yang besar berarti semakin banyak rongga yang terisi oleh aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara menjadi lebih tinggi. Nilai VFWA yang terlalu tinggi akan dapat menyebabkan terjadinya *bleeding* atau naiknya aspal ke permukaan. Hal ini disebabkan karena rongga yang ada terlalu kecil sehingga jika perkerasan menerima beban, terutama pada temperatur yang tinggi dan viskositas aspal turun, maka sebagian aspal akan mencari tempat yang kosong dan jika rongga sudah penuh maka aspal akan naik ke permukaan.

Nilai VFWA yang terlalu kecil menyebabkan kedekatan campuran menjadi berkurang karena banyak rongga yang kosong. Hal tersebut diatas akan memudahkan masuknya udara dan air yang akan melarutkan bagian aspal yang teroksidasi tersebut, sehingga keawetan campuran berkurang. Spesifikasi Bina Marga terhadap nilai VFWA adalah (75-82) %.

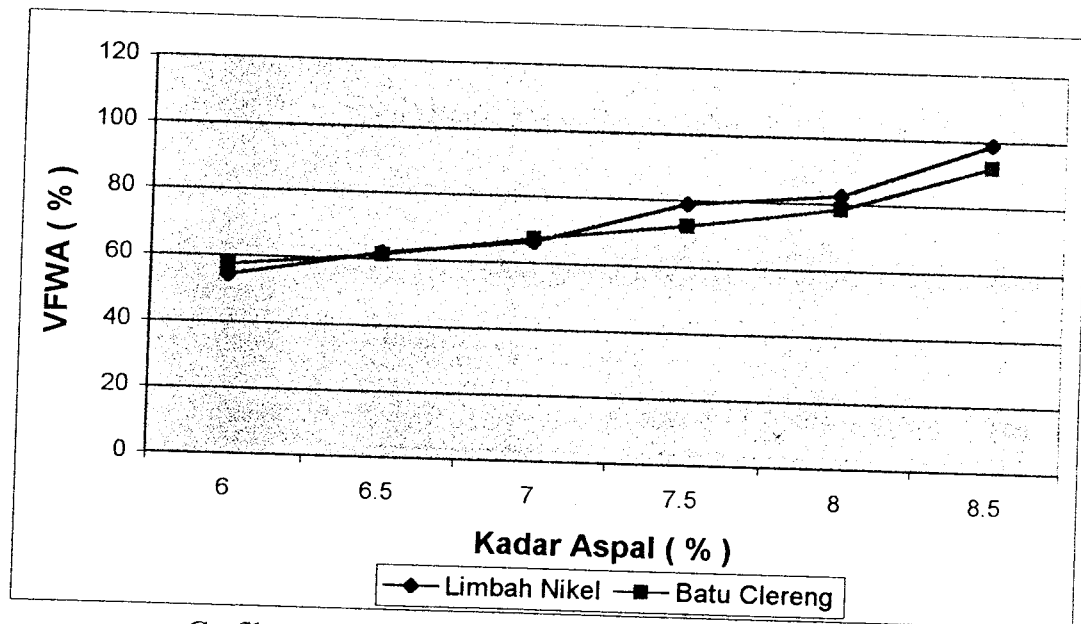
Nilai VFWA hasil dari pengujian *Marshall* dapat dilihat dari tabel 6.14. berikut ini.

Tabel 6.14. Nilai VFWA Hasil dari Pengujian *Marshall*

Jenis Agregat	VFWA pada Kadar Aspal (%)					
	6 %	6,5 %	7 %	7,5 %	8 %	8,5 %
Batu Pecah	57,3805	61,2815	67,2968	72,2956	78,5426	92,3913
Limbah Nikel	54,1784	61,9481	66,3688	78,9428	82,5925	99,149

keterangan : arsir = memenuhi persyaratan Bina Marga 1983 dan Bina Marga 1987

Grafik hubungan kadar aspal dengan nilai VFWA antara batu pecah dari Clereng dengan limbah nikel, dapat dilihat pada grafik 6.4. berikut ini:



Grafik 6.4. Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai VFWA

Dari hasil pengujian, terlihat bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai VFWA akan semakin besar, karena semakin banyak rongga yang terisi aspal. Nilai VFWA pada campuran yang menggunakan agregat kasar dari limbah nikel yang masuk spesifikasi adalah pada kadar aspal 7,5 % sebesar 78,94 %. Sedangkan nilai

VFWA untuk batu pecah dari Clereng yang memenuhi pada kadar aspal 8 % sebesar 78,54 %.

#### 6.2.5. Nilai *Density*

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya derajat kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran dengan nilai *density* tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan nilai *density*-nya rendah. Nilai *density* pada penelitian ini diperoleh dengan melakukan pemadatan/tumbukan pada suhu 140° C terhadap benda uji sebanyak 2 x 50 kali. Nilai *density* lapangan ditetapkan minimum sebesar 96% dari kepadatan laboratorium tersebut. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh kepadatan yang optimum.

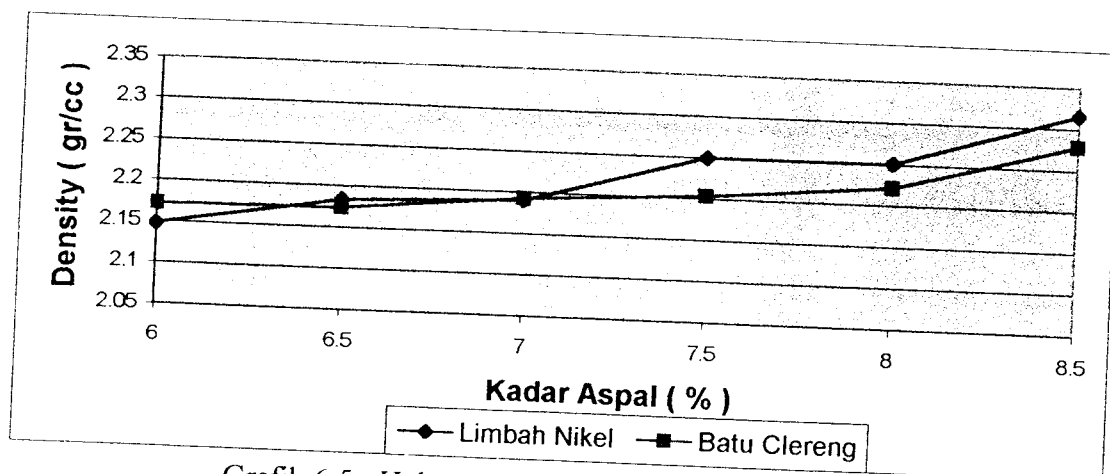
Dari uji hasil laboratorium terhadap nilai *density* dapat dilihat pada tabel 6.15. dibawah ini.

Tabel 6.15. Nilai *Density* Hasil dari Pengujian *Marshall*

Jenis Agregat	<i>Density</i> pada Kadar Aspal ( gr/cc)					
	6 %	6,5 %	7 %	7,5 %	8 %	8,5 %
Batu Pecah	2,1717	2,1740	2,1927	2,2032	2,2216	2,280
Limbah Nikel	2,1477	2,1835	2,1900	2,2502	2,2504	2,323

keterangan : arsir = memenuhi persyaratan Bina Marga 1983 dan Bina Marga 1987

Grafik hubungan kadar aspal dengan nilai *density* dari hasil penelitian dapat dilihat pada grafik 6.5. berikut ini.



Grafik 6.5. Hubungan Kadar Aspal dengan *Density*

Dari hasil penelitian terlihat pada kadar aspal 6 % sampai 8,5 % nilai *density* mengalami kenaikan dan nilai *density* maksimum terjadi pada kadar aspal 8,5 % yaitu sebesar 2,32 % untuk limbah nikel dan 2,28 % untuk batu pecah (seperti terlihat pada grafik 6.5.), karena kepadatan campuran semakin tinggi seiring dengan bertambahnya bahan pengisi (aspal) yang menyelimuti permukaan agregat.

#### 6.2.6. *Marshall Quotient* (MQ)

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi stabilitas dengan kelelahannya, dan digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau fleksibilitas campuran.

Nilai *Marshall Quotient* paling tinggi yang berarti stabilitas tinggi dengan *flow* rendah, struktur ini akan mempunyai kekakuan yang tinggi dan fleksibilitasnya rendah dan nilai *Marshall Quotient* paling rendah yang berarti juga stabilitas rendah dengan *flow* tinggi, struktur ini akan mempunyai sifat terlalu plastis dan mudah mengalami deformasi.

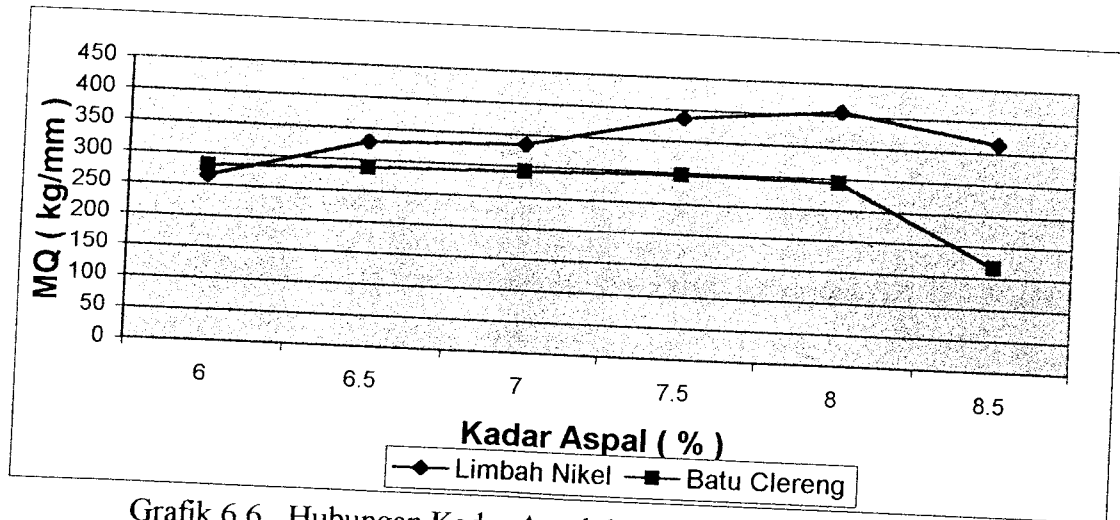
Dari uji hasil laboratorium terhadap nilai MQ dapat dilihat pada tabel 6.16 di bawah ini :

Tabel 6.16. Nilai *Marshall Quotient* Hasil dari Pengujian *Marshall*

Jenis Agregat	<i>Marshall Quotient</i> pada Kadar Aspal ( kg/mm)					
	6 %	6,5 %	7 %	7,5 %	8 %	8,5 %
Batu Pecah	280,943	287,549	291,186	296,494	293,042	179,919
Limbah Nikel	264,973	328,255	334,579	386,523	406,523	382,864

keterangan : arsir = memenuhi persyaratan Bina Marga 1983 dan Bina Marga 1987

Grafik hubungan kadar aspal dengan nilai *Marshall Quotient* (MQ) antara batu pecah dari Clereng dengan limbah nikel dapat dilihat pada grafik 6.6. dibawah ini.



Grafik 6.6. Hubungan Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient* (MQ)

Berdasarkan grafik 6.6 terlihat bahwa nilai *Marshall Quotient* menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Nilai *Marshall Quotient* berdasarkan spesifikasi Bina Marga adalah 200 – 350 kg/mm.



200 kg/mm ini dipengaruhi oleh nilai stabilitas yang dicapai, yaitu antara 852,42-1613,68 kg. Nilai tersebut memang lebih besar dari 750 kg, sebagaimana nilai stabilitas yang disyaratkan. Sedangkan nilai kelelahan (*flow*) yang disyaratkan berada antara 2-4 mm. Dengan kata lain campuran tersebut juga memiliki nilai kekakuan yang cukup tinggi.

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) campuran dari kadar aspal optimum cenderung naik sampai batas tertentu, dan kembali turun seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Nilai *Marshall Quotient* untuk campuran dengan limbah nikel terlihat lebih tinggi dibanding dengan campuran menggunakan batu pecah. Hal ini dikarenakan nilai stabilitas dari campuran dengan limbah nikel lebih tinggi dari campuran dengan batu pecah, sementara nilai *flow* relatif hampir sama.

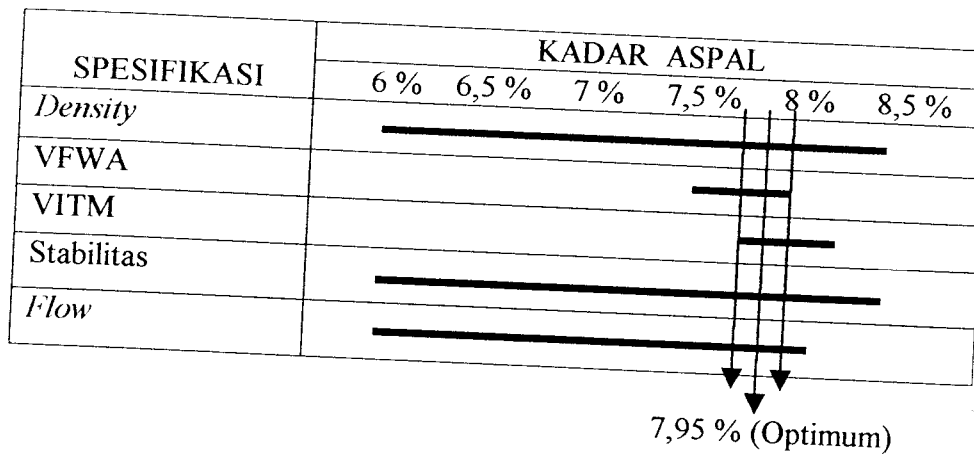
#### 6.2.7. Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat mencapai persyaratan berdasarkan *density*, VITM, *Flow*, VFWA dan stabilitas.

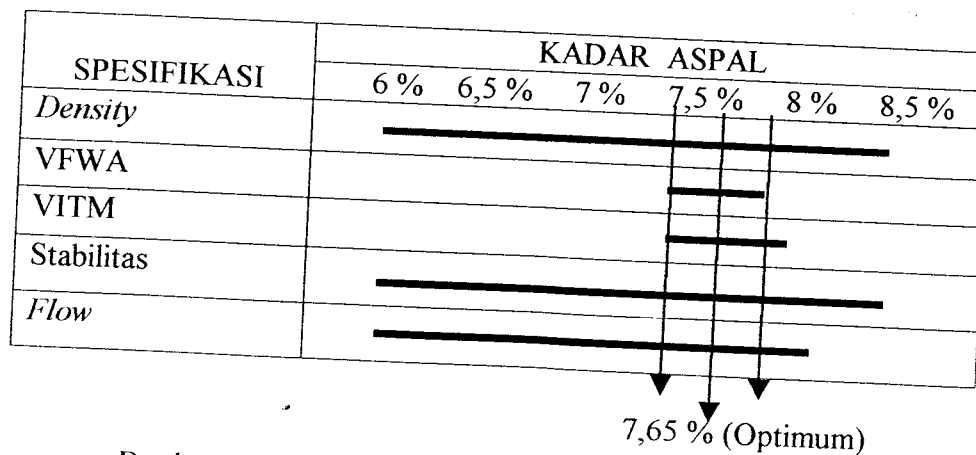
Penentuan kadar aspal optimum pada campuran menggunakan metode dari Bina Marga. Nilai kadar aspal optimum diperoleh dengan cara sebagai berikut ini. Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi berdasarkan nilai *density*, VITM (3%-5%), *flow* (2mm- 4mm), VFWA (>75%) dan Stabilitas (>750 kg) diplotkan pada tabel spesifikasi kadar aspal. Nilai-nilai tersebut diambil dari grafik pada gambar 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, dan 6.5. Berdasarkan garis yang telah diplotkan pada tabel spesifikasi kadar aspal, dicari batas terdalam dari kanan maupun dari kiri tabel

tersebut. Nilai tengah di antara kedua batas tersebut merupakan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum untuk campuran dengan agregat kasar dari batu pecah dari Clereng adalah 7,95 %, dan campuran dengan agregat kasar dari limbah nikel adalah 7,65 %.

Gambar 6.7. Kadar Aspal Optimum Untuk Campuran HRS dengan Agregat Kasar Batu Pecah



Gambar 6.8. Kadar Aspal Optimum untuk Campuran HRS dengan Agregat Kasar Limbah Nikel



Berdasarkan gambar 6.7 dan 6.8 di atas terlihat bahwa kadar aspal optimum untuk campuran yang menggunakan agregat kasar dari batu pecah dicapai pada kadar aspal 7,95 %, Lebih banyak dibandingkan dengan campuran yang menggunakan

Berdasarkan gambar 6.7 dan 6.8 di atas terlihat bahwa kadar aspal optimum untuk campuran yang menggunakan agregat kasar dari batu pecah dicapai pada kadar aspal 7,95 %, Lebih banyak dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat kasar dari limbah nikel, yang dicapai pada kadar aspal 7,65 %.

Kadar aspal yang telah dicapai pada penelitian ini adalah kadar aspal terhadap campuran total, sehingga kadar aspal optimum ini merupakan kadar aspal desain pada campuran panas.

#### **6.2.8. Pengujian Rendaman atau *Immersion Test***

Pada pengujian *Immersion* ini campuran yang digunakan adalah agregat kasar dari limbah nikel dengan kadar aspal 7,65 %. Hal ini dilakukan karena komposisi ini dapat memenuhi persyaratan Bina Marga 1983 dan Bina Marga 1987.

Tujuan pengujian *Immersion* ialah untuk membandingkan nilai stabilitas antara campuran yang dipanaskan selama 30 menit dengan nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam pada suhu 60°C yang mempunyai komposisi agregat dan kadar aspal yang sama.

Beton aspal yang direndam pada suhu 60° selama 24 jam akan merubah karakteristik dari beton aspal itu sendiri akibat pengaruh air, suhu dan lama perendaman. Menurut peraturan Bina Marga SKBI – 2.4.26. 1987 *index of retained strength* atau indeks tahanan kekuatan minimal ialah 75 %.

Dari hasil penelitian pengujian *Immersion* batu Clereng menghasilkan nilai stabilitas (S2) sebesar 921,95 kg dan pengujian *Standar Marshall* menghasilkan nilai stabilitas (S1) sebesar 896,02 kg.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal atau *index of retained trength* untuk campuran menggunakan batu Clereng :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{S2}{S1} \times 100 \% \\
 &= \frac{921,95}{896,02} \\
 &= 103 \% > 75 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil penelitian pengujian *Immersion* limbah nikel menghasilkan nilai stabilitas (S2) sebesar 1180,71 kg dan pengujian *Standart Marshall* menghasilkan nilai stabilitas (S1) sebesar 921,95 kg.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal atau *index of retained trength* untuk campuran menggunakan limbah nikel :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{S2}{S1} \times 100 \% \\
 &= \frac{1180,71}{921,95} \\
 &= 128,07 \% > 75 \%
 \end{aligned}$$

Indeks tahanan kekuatan lebih dari 75 %, maka dapat dikatakan campuran tersebut memiliki tahanan kekuatan yang cukup memuaskan dari kerusakan oleh pengaruh air, suhu, dan cuaca.

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil penelitian dan perhitungan dari karakteristik campuran HRS B dengan agregat kasar menggunakan limbah nikel maka didapat kesimpulan adalah sebagai berikut :

1. Penyerapan terhadap air dan berat jenis yang dimiliki oleh limbah nikel memiliki nilai lebih tinggi daripada agregat kasar dari batu Pecah, sedangkan nilai kelekatan terhadap aspal limbah nikel memiliki nilai yang lebih rendah daripada batu Pecah.
2. Campuran HRS yang menggunakan limbah nikel menghasilkan nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat kasar batu Pecah. benda uji yang menggunakan agregat kasar limbah nikel seluruhnya memenuhi spesifikasi Bina Marga ( $>750$  kg),
3. Nilai *Flow* campuran yang menggunakan limbah nikel mempunyai nilai yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat kasar batu Pecah, tetapi semuanya memenuhi spesifikasi Bina Marga yang disyaratkan ( 2 - 4 mm ).
4. Nilai VITM campuran yang menggunakan limbah nikel relatif lebih rendah

- dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat kasar batu pecah. Nilai VITM benda uji yang dapat memenuhi persyaratan hanya pada kadar aspal 7,5 % dan 8 % pada limbah nikel sedangkan kadar aspal yang lainnya tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga ( 3 % – 5 % )
5. Nilai VFVA campuran yang menggunakan limbah nikel lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat kasar batu pecah. Nilai VFVA tidak semuanya memenuhi spesifikasi Bina Marga (75 % - 82 %) untuk masing-masing kadar aspal, kecuali pada benda uji yang mempunyai kadar aspal 7,5 % pada limbah nikel dan 8 % pada batu pecah.
  6. Kepadatan campuran (*density*) dengan agregat kasar menggunakan limbah nikel lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan batu pecah.
  7. Nilai *Marshall Quotient* campuran yang menggunakan limbah nikel lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan batu pecah. Nilai *Marshall Quotient* yang didapat pada penelitian ini memenuhi spesifikasi Bina Marga (200 - 350 kg/mm) kecuali nilai *Marshall Quotient* benda uji dengan kadar aspal 8,5 % pada batu pecah dan 7,5 %, 8 %, dan 8,5 % pada limbah nikel.
  8. Limbah nikel dapat digunakan sebagai alternatif agregat kasar pada campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS) karena terbukti dapat memenuhi spesifikasi karakteristik dari Bina Marga, dengan demikian hipotesis untuk persyaratan karakteristik bisa diterima.
  9. Kualitas campuran dengan agregat kasar dari limbah nikel berada diatas campuran dengan agregat kasar dari batu pecah. Untuk itu hipotesa untuk kualitas campuran bisa diterima.

## 7.2. SARAN

1. Perlu dilakukan pengujian dengan menggunakan bahan yang sama pada campuran yang lainnya, misalnya jenis campuran AC, ATB, SMA dan lain sebagainya agar didapatkan suatu campuran yang lebih ekonomis.
2. Disamping itu perlu dilakukan penelitian terhadap penggunaan limbah nikel sebagai bahan agregat untuk campuran HRS di lapangan, sehingga tidak terbatas hanya pada penelitian Laboratorium saja.
3. Limbah nikel mempunyai kekerasan tinggi tetapi kekuatannya terhadap aspal kurang maka perlu diteliti penggunaan limbah nikel sebagai agregat pada lapis pondasi atau *base*.
4. Perlunya diadakan penelitian dan kajian penggunaan limbah nikel sebagai bahan susun *hotmix* lain dengan lalulintas berat, mengingat hasil nilai stabilitas cukup tinggi dibandingkan persyaratan minimal nilai stabilitas untuk lalulintas sedang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aneka Tambang, PT. Unit Pertambangan Nikel Pomalaa, Sulawesi Tenggara.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga 1983, PETUNJUK PELAKSANAAN LAPIS TIPIS ASPAL BETON (LATASTON) No. 12/PT/B/1983, Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, 1983, PETUNJUK PELAKSANAAN LAPIS BETON ASPAL (LASTON) No.13/PT/B/1983, Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Djoko Untung S, KONSTRUKSI JALAN RAYA, 1979, Penerbit PU.
- DPU, Direktorat Jenderal Bina Marga, CQCMU, Agustus 1988, Manual Supervisi Lapangan Untuk Staff Pengendalian.
- Kerbs, R.D. and Walker, 1971, HIGHWAY MATERIAL, Mc Graw, Hill Book Company, Virginia, Polytechnich Institute and State University, USA.
- Marsudi A. S, dan Setiawan Maman, TUGAS AKHIR PENELITIAN LABORATORIUM PENGGUNAAN LIMBAH BAJA (SLAG) SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT O/11
- Mujiyono, PENGGUNAAN BATU KAPUR DARI DAERAH GUNUNG GAMPING KABUPATEN SLEMAN SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA KONSTRUKSI HRS, Tugas Akhir, JTS, FT, UGM, Yogyakarta, 1997.



- Roheman dan Sasmito, Aling, PENGGUNAAN HANCURAN LIMBAH BETON SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN HRS B, Yogyakarta, 2000.
- Sentosa, H, PENGGUNAAN BATU KAPUR DARI DAERAH GUNUNG GAMPING KABUPATEN SLEMAN SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA KONSTRUKSI BETON ASPAL, Tugas Akhir, JTS, FT, UGM, Yogyakarta.
- Sukirman, Silvia, 1995, PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA, Penerbit Nova, Bandung.
- TM, Soeprapto, 1995, BAHAN DAAN STRUKTUR JALAN RAYA, BP KMTS, Yogyakarta.

# LAMPIRAN

Propose 1 al  
No



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	LEIS ANGGRAINI	95 310 051		TSE
2	JHANNY ADWANCI	95 310 285		TSE

JUDUL TUGAS AKHIR : .....  
PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH NIKEL  
.....  
POMBAKAWAN SUDAWAGREDAKASAKTIF TERHADAP KARAKTERISTIK  
MAKNAHALL PADA CAMPURAN DESER.....

Dosen Pembimbing I : IR SUBARKHULMI  
Dosen Pembimbing II : IR H BAIYATULMA

1

2

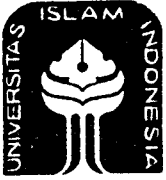


Yogyakarta, 19 Mei 2000  
Dekan.

Jurusan Teknik Sipil

*[Handwritten signature]*

IR HADIJUDDIN BILAL ARIF, MS



**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta**

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi

JUDUL TUGAS AKHIR : .....

.....

.....

Dosen Pembimbing I :

Dosen Pembimbing II :

1






2

Yogyakarta.  
D e k a n,

3 x 4

3 x 4

## LEMBAR KONSULTASI

Hari / Tanggal	Keterangan	Paraf
27/6 2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edit &amp; Sampul ualim.</li> <li>- Buat Schedule kegiatan satan sat.</li> <li>- Beri nomor halaman.</li> <li>- Konsultasi beritanya, selam..</li> <li>- Sertakan yg say, korlesi.</li> </ul>	
3/7 2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edit lagi</li> </ul>	
9/7 2000	<p style="text-align: center;">Penerapan Isday</p>	
8/10 2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Edit</li> <li>→ lengkapi buku yg belu sat.</li> <li>- Penutup, Kiri pulak &amp; kanan, Daftar pustaka</li> <li>- Halaman depan, Kiri pengantar, Daftar isi</li> </ul> <p>Siswa harus dilengkap</p>	
12/10 2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ditinjau bel &amp; surat</li> <li>- Edit</li> <li>- Konsultasi ke DPT</li> </ul> <p>mula sama 27/6</p>	



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN**  
**BERAT JENIS AGREGAT KASAR**

Contoh dari : Pomalaa, Sulawesi Tenggara dan Clereng, Kulon Progo

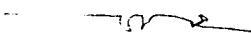
Jenis Contoh : Agregat kasar

Diperiksa tgl : 11 Mei 2000

KETERANGAN	BENDA UJI	
	Limbah Nikel	Batu Pecah
BERAT BENDA UJI DALAM KEADAAN BASAH JENUH (SSD) → (BJ)	2280 gr	1515 gr
BERAT BENDA UJI DIDALAM AIR —————→ (BA)	1440 gr	950 gr
BERAT SAMPEL KERING OVEN (BK)	2231 gr	1496 gr
BERAT JENIS BULK = $BK / (BJ-BA)$	2.66	2.647
BERAT SSD = $BJ / (BJ-BA)$	2.71	2.68
BJ SEMU = $BK / (BK-BA)$	2.82	2.74
PENYERAPAN = $((BJ-BK)/BK) \times 100 \%$	2.196	1.27

Yogyakarta, 11 Mei 2000

Ka. Ur. Lab. Jalan Raya UII



Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN**  
**BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo

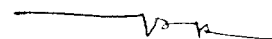
Jenis Contoh : Agregat Halus (Pasir Biasa)

Diperiksa tgl : 11 Mei 2000

KETERANGAN	BENDA UJI	
	Limbah Nikel	Batu Pecah
BERAT BENDA UJI DALAM KEADAAN BASAH JENUH (SSD)		500 gr
BERAT VICNOMETER + AIR (B)		657 gr
BERAT VICNOMETER + AIR + BENDA UJI (BT)		989 gr
BERAT SAMPEL KERING OVEN ( BK )		489 gr
BERAT JENIS BULK = $BK / (B+500-BT)$		2,615
BERAT SSD = $500 / (B+500-BT)$		2,674
BJ SEMU = $BK / (B+BK-BT)$		2,778
PENYERAPAN = $((500-BK)/BK) \times 100 \%$		2,249

Yogyakarta, 11 Mei 2000

Ka. Ur. Lab. Jalan Raya UII



Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)**  
**A A S H T O T 96 - 77**

Contoh dari : Pomalaa (Sulawesi Tenggara) dan Clereng Kulon Progo

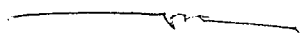
Jenis Contoh : Agregat Kasar (Limbah Nikel dan Batu Pecah)

Diperiksa tgl : 11 Mei 2000

JENIS AGREGAT		BENDA UJI	
SARINGAN			
LOLOS	TERTAHAN	Limbah Nikel	Batu Pecah
72.2 mm (3")	63.5 mm (2.5")		
63.5 mm (2.5")	50.8 mm (2")		
50.8 mm (2")	37.5 mm (1.5")		
37.5 mm (1.5")	25.4 mm (1")		
25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")		
19.0 mm (3/4")	12.5 mm (0.5")	2500 gr	2500 gr
12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")	2500 gr	2500 gr
09.5 mm (3/8")	06.3 mm (1/4")		
06.3 mm (1/4")	4.75 mm (No.4)		
4.75 mm (No.4)	2.36 mm (No.8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gr	5000 gr
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		4015 gr	3942 gr
$KEAUSAN = \frac{(A - B)}{A} \times 100\%$		19.7 %	21.16 %

Yogyakarta, 11 Mei 2000

Ka. Ur. Lab. Jalan Raya UII

  
 Ir. Iskandar S, MT





**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN**  
**KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPHAL**

Contoh dari : Pomalaa (Sulawesi Tenggara) dan Clereng, Kulon Progo

Jenis Contoh : Limbah Nikel dan Batu Pecah

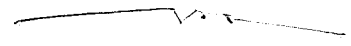
Diperiksa tgl : 12 Mei 2000

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU	
		Limbah Nikel	Batu Pecah
MULAI PEMANASAN	27 °C	13.18 WIB	13.30 WIB
SELESAI PEMANASAN	135 °C	13.28 WIB	13.40 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG			
MULAI	135 °C	13.30 WIB	13.41 WIB
SELESAI	27 °C	08.00 WIB	08.00 WIB
DIPERIKSA			
MULAI		08.05 WIB	08.05 WIB
SELESAI		08.10 WIB	08.10 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

BENDA UJI	PROSEN YANG DISELIMUTI OLEH ASPHAL
Limbah Nikel	99 %
Batu Biasa	100 %

Yogyakarta, 12 Mei 2000  
 Ka. Ur. Lab Jalan Raya UII

  
 Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**SAND EQUIVALENT DATA**

**AASHTO T 176 – 73**

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo

Jenis Contoh : Pasir Biasa

Diperiksa tgl : 13 Mei 2000

TRIAL NUMBER		1	2	3
Seaking ( 10.1 Min )	Start	12.30 WIB		
	Stop	12.40 WIB		
Sedimentation Test ( 20 Min – 15 Sec )	Start	12.43 WIB		
	Stop	13.03 WIB		
Clay Reading		5.2		
Sand Reading		3.7		
$SE = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100$		71.15 %		
Average Sand Equivalent				

Yogyakarta, 13 Mei 2000  
 Ka. Ur. Lab. Jalan Raya UII

\_\_\_\_\_  
 Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPHAL**

Contoh dari : Lab. Jalan Raya FTSP UII

Jenis Contoh : AC 60-70

Diperiksa tgl : 18 Juli 2000

No.	Urutan Pemeriksaan	Berat
1.	Berat vicnometer	27,5 gr
2.	Berat vicnometer	77,5 gr
3.	Berat air ( 2 - 1 )	50 gr
4.	Berat vicnometer + Asphal	29,55 gr
5.	Berat Asphal ( 4 - 1 )	2,05 gr
6.	Berat vicnometer + Asphal + Aquadest	78,28 gr
7.	Berat airnya saja ( 6 - 4 )	47,98gr
8.	Volume Asphal ( 3 - 7 )	2,02 gr
9.	Berat Jenis Asphal : berat/vol ( 5 / 8 )	1,014

Yogyakarta, 18 Juli 2000  
 Kepala Lab. Jalan Raya UII

*Handwritten signature*

Ir. Iskandar S, NT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN PENETRASI ASPHAL**

Contoh dari : Lab. Jalan Raya FTSP UII

Jenis Contoh : AC 60-70

Diperiksa tgl : 18 Februari 2000

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	27 °C	11.30 WIB
SELESAI PEMANASAN	322 °C	11.35 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	322 °C	11.35 WIB
SELESAI	27 °C	13.20 WIB
DIRENDAM AIR DENGAN SUHU (25°C)		
MULAI	27° C	13.20 WIB
SELESAI	26° C	14.15 WIB
DIPERIKSA		
MULAI	26 °C	10.00 WIB
SELESAI	26 °C	10.15 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

No	CAWAN (I)	CAWAN (II)	KETERANGAN
1.	59 mm	63 mm	
2.	62 mm	61 mm	
3.	60 mm	63 mm	
4.	60 mm	62 mm	
5.	60 mm	60 mm	

Yogyakarta, 18 Juli 2000  
 Ka. Ur. Lab. Jalan Raya UII

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPHAL**

Contoh dari : Lab. Jalan Raya FTSP UII

Jenis Contoh : AC 60-70

Diperiksa tgl : 18 Juli 2000

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	26 °C	11.45 WIB
SELESAI PEMANASAN	152 °C	12.00 WIB
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	152 °C	12.00 WIB
SELESAI	26 °C	13.00 WIB
DIPERIKSA		
MULAI	5 °C	14.00 WIB
SELESAI	54 °C	14.17 WIB

**HASIL PENGAMATAN**

NO	SUHU YANG DIAMATI	WAKTU ( DETIK )		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1.	5 °	0	0	54° C	52°C
2.	10 °	184	184		
3.	15 °	179	179		
4.	20 °	85	85		
5.	25 °	53	53		
6.	30 °	60	60		
7.	35 °	62	62		
8.	40 °	61	61		
9.	45 °	54	54		
10.	50 °	70	64		
11.	55 °	27	27		

Yogyakarta, 18 Juli 2000  
 Ka Ur. Lab. Jalan Raya UII

\_\_\_\_\_  
 Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN**  
**TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPHAL**

Contoh dari : Lab. Jalan Raya FTSP UII

Jenis Contoh : AC 60-70

Diperiksa tgl : 18 Juli 2000

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
MULAI PEMANASAN	27°C	11.45
SELESAI PEMANASAN	322°C	11.50
DIDIAMKAN PADA SUHU RUANG		
MULAI	322°C	11.50
SELESAI	322°C	12.10
DIPERIKSA		
MULAI	102°C	12.10
SELESAI	340°C	13.10

**HASIL PENGAMATAN**

CAWAN	TITIK NYALA	TITIK BAKAR
I	332°C	340°C

Yogyakarta, 18 Juli 2000

g/n & Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Iskandar S, PT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN**  
**DAKTILITAS ( DUCTILITY ) / RESIDUE**

Contoh dari : Lab. Jalan Raya FTSP UII

Jenis Contoh : AC 60-70

Diperiksa tgl : 18 Juli 2000

Persiapan benda uji	Contoh dipanaskan	15 menit	Pembacaan suhu oven $\pm 135^{\circ}\text{C}$
Mendinginkan benda uji	Didiamkan pada Suhu ruang	60 menit	12.45 s/d 13.45
Perendaman benda uji	Direndam dalam Water Bath pada Suhu $25^{\circ}\text{C}$	60 menit	Pembacaan suhu $\pm$ Water Bath $135^{\circ}\text{C}$
Periksaan	Daktilitas pd $25^{\circ}\text{C}$ 5 cm per menit	20 menit	Pembacaan suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

DAKTILITAS pada $25^{\circ}\text{C}$ 5 cm per menit	Pembacaan Pengukur Pada alat
Pengamatan I	127.5
Pengamatan II	127.5
Rata-rata ( I + II )	127.5 cm

Yogyakarta, 18 Juli 2000  
 Kepala Lab. Jalan Raya UII

*u/n*  
  
 Dr. Iskander S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**PEMERIKSAAN**  
**KELARUTAN DALAM CCL<sub>4</sub>**  
**(SOLUBILITY)**

Contoh dari : Lab. Jalan Raya FTSP UII

Jenis Contoh : AC 60-70

Diperiksa tgl : 17 Julii 2000

Pembukaan contoh	<u>DIPANASKAN</u>	Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai Jam Selesai Jam		
<u>PEMERIKSAAN</u>			
1. Penimbangan	Mulai	9.30 WIB	26 °C
2. Pelarutan	Mulai	9.50 WIB	
3. Penyaringan	Mulai Selesai	11.50 WIB 11.55 WIB	
4. Di Oven	Mulai	11.55 WIB	30 °C
5. Penimbangan	Selesai	12.15 WIB	

1. Berat botol Erlenmeyer kosong	= 74 gr
2. Berat Erlenmeyer + aspal	= 76 gr
3. Berat aspal ( 2 - 1 )	= 2 gr
4. Berat kertas saring bersih	= 0,6 gr
5. Berat kertas saring + endapan	= 0,61 gr
6. Berat endapannya saja ( 5 - 4 )	= 0,01 gr
7. Persentase endapan ( 6/3 ) x 100%	= 0,5 %
8. Bitumen yang larut ( 100% - 7 )	= 99,5 %

Yogyakarta . 17 Juli 2000  
 Kepala Lab. Jalan Raya UII

\_\_\_\_\_  
 Ir. Iskandar S, MT





**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

Contoh dari : Pomalaa (Sulawesi Tenggara) dan Clereng, Kulon Progo

Jenis Contoh : Limbah Nikel dan Batu Pecah

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 6 %

Dikerjakan tgl : 18 Juli 2000

No. Saringan		BERAT TERTAHAN ( gram )		JUMLAH PERSEN ( % )		SPESIFIKASI ( % )	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	tertahan	lolos	Min.	Max.
	¾	16,92	16,92	1,5	98,5	97	100
	½	152,28	169,2	15	85	70	100
	3/8	180,48	349,68	31	69	58	80
	≠ 4	157,92	507,6	45	55	50	60
	≠ 8	22,56	530,16	47	53	46	60
	≠ 30	169,2	699,36	62	38	16	60
	≠ 50	101,52	800,88	71	29	10	48
	≠ 100	163,56	964,44	85,5	14,5	3	26
	≠ 200	107,16	1071,6	95	5	2	8
	PAN	56,4	1128	100	-	-	-

Berat total = 1200 gr

Berat agregat =  $1200 - (6\% \times 1200)$

= 1128 gr

Yogyakarta, 18 Juli 2000

Ka. Ur. Lab. Jalan Raya UII

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

Contoh dari : Pomalaa (Sulawesi Tenggara) dan Clereng, Kulon Progo

Jenis Contoh : Limbah Nikel dan Batu Pecah

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 6,5 %

Dikerjakan tgl : 19 Juli 2000

No. Saringan		BERAT TERTAHAN ( gram )		JUMLAH PERSEN ( % )		SPESIFIKASI ( % )	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	tertahan	Lolos	Min.	Max.
	¾	16,83	16,83	1,5	98,5	97	100
	½	151,47	168,3	15	85	70	100
	3/8	179,52	347,82	31	69	58	80
	≠ 4	157,08	504,9	45	55	50	60
	≠ 8	22,44	527,34	47	53	46	60
	≠ 30	168,3	695,64	62	38	16	60
	≠ 50	100,98	796,62	71	29	10	48
	≠ 100	162,69	959,31	85,5	14,5	3	26
	≠ 200	106,59	1065,9	95	5	2	8
	PAN	56,1	1122	100	-	-	-

Berat total = 1200 gr

Berat agregat =  $1200 - (6,5 \% \times 1200)$

= 1122 gr

Yogyakarta, 19 Juli 2000

Ka. Ur. Lab. Jalan Raya UII

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

Contoh dari : Pomalaa (Sulawesi Tenggara) dan Clereng, Kulon Progo

Jenis Contoh : Limbah Nikel dan Batu Pecah

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 7 %

Dikerjakan tgl : 20 Juli 2000

No. Saringan		BERAT TERTAHAN ( gram )		JUMLAH PERSEN ( % )		SPESIFIKASI ( % )	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	tertahan	Lolos	Min.	Max.
	¾	16,74	16,74	1,5	98,5	97	100
	½	150,64	167,4	15	85	70	100
	3/8	178,56	345,96	31	69	58	80
	≠ 4	156,24	502,2	45	55	50	60
	≠ 8	22,32	524,52	47	53	46	60
	≠ 30	167,4	691,92	62	38	16	60
	≠ 50	100,44	792,36	71	29	10	48
	≠ 100	161,82	954,18	85,5	14,5	3	26
	≠ 200	106,02	1060,2	95	5	2	8
	PAN	55,8	1116	100	-	-	-

Berat total = 1200 gr

Berat agregat =  $120 - ( 7 \% \times 1200 )$

= 1116 gr

Yogyakarta, 20 Juli 2000

Ka. Ur. Lab. Jalan Raya UII

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

Contoh dari : Pomalaa (Sulawesi Tenggara) dan Clereng, Kulon Progo

Jenis Contoh : Limbah Nikel dan Batu Pecah

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 7,5 %

Dikerjakan tgl : 21 Juli 2000

No. Saringan		BERAT TERTAHAN ( gram )		JUMLAH PERSEN ( % )		SPESIFIKASI ( % )	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	tertahan	Lolos	Min.	Max.
	¾	16,65	16,65	1,5	98,5	97	100
	½	149,85	166,5	15	85	70	100
	3/8	177,6	344,1	31	69	58	80
	≠ 4	155,4	499,5	45	55	50	60
	≠ 8	22,2	521,7	47	53	46	60
	≠ 30	166,5	688,2	62	38	16	60
	≠ 50	99,9	788,1	71	29	10	48
	≠ 100	160,95	949,05	85,5	14,5	3	26
	≠ 200	105,45	1054,5	95	5	2	8
	PAN	55,5	1110	100	-	-	-

Berat total = 1200 gr

Berat agregat =  $1200 - (7,5 \% \times 1200)$

= 1110 gr

Yogyakarta, 21 Juli 2000

Ka. Ur. Lab. Jalan Raya UII

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

Contoh dari : Pomalaa (Sulawesi Tenggara) dan Clereng, Kulon Progo

Jenis Contoh : Limbah Nikel dan Batu Pecah

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 8 %

Dikerjakan tgl : 22 Juli 2000

No. Saringan		BERAT TERTAHAN ( gram )		JUMLAH PERSEN ( % )		SPESIFIKASI ( % )	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	tertahan	Lolos	Min.	Max.
	¾	16,56	16,56	1,5	98,5	97	100
	½	149,04	165,6	15	85	70	100
	3/8	176,64	342,24	31	69	58	80
	≠ 4	154,56	496,8	45	55	50	60
	≠ 8	22,08	518,88	47	53	46	60
	≠ 30	165,6	684,48	62	38	16	60
	≠ 50	99,36	783,84	71	29	10	48
	≠ 100	160,08	943,92	85,5	14,5	3	26
	≠ 200	104,88	1048,8	95	5	2	8
	PAN	55,2	1104	100	-	-	-

Berat total = 1200 gr

Berat agregat =  $1200 - ( 8 \% \times 1200 )$

= 1104 gr

Yogyakarta, 20 Juli 2000

Ka. Ur. Lab. Jalan Raya UII

Ir. Iskandar S, MT



**LABORATORIUM JALAN RAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII**  
 Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.95330 Yogyakarta 55584

**ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS**

Contoh dari : Pomalaa (Sulawesi Tenggara) dan Clereng, Kulon Progo

Jenis Contoh : Limbah Nikel dan Batu Pecah

Pekerjaan : Analisa Saringan untuk Kadar Aspal 8,5 %

Dikerjakan tgl : 23 Juli 2000

No. Saringan		BERAT TERTAHAN ( gram )		JUMLAH PERSEN ( % )		SPESIFIKASI ( % )	
mm	inch	Tertahan	Jumlah	tertahan	Lolos	Min.	Max.
	¾	16,47	16,47	1,5	98,5	97	100
	½	148,23	164,7	15	85	70	100
	3/8	175,68	340,38	31	69	58	80
	≠ 4	153,72	494,1	45	55	50	60
	≠ 8	21,96	516,06	47	53	46	60
	≠ 30	164,7	680,76	62	38	16	60
	≠ 50	98,82	779,58	71	29	10	48
	≠ 100	159,21	938,79	85,5	14,5	3	26
	≠ 200	104,31	1043,1	95	5	2	8
	PAN	54,9	1098	100	-	-	-

Berat total = 1200 gr

Berat agregat =  $1200 - ( 8,5 \% \times 1200 )$

= 1098 gr

Yogyakarta, 23 Juli 2000

Ka. Ur. Lab. Jalan Raya UII

Ir. Iskandar S, MT

Asal Material : Pomalaa (Sultra), Clereng (Kulon Progo) & Lab. Jalan Raya FTSP UII

Tanggal : 5 Agustus 2000  
 Dihitung Oleh : Jimmy Adwang & Luis Anggraini  
 Diperiksa oleh : Ir. Iskandar S, MT

Jenis Campuran : Hot Rolled Sheet 2 x 50 tumbukan  
 Di kerjakan Oleh : Jimmy Adwang & Luis Anggraini

### PERHITUNGAN TEST MARSHALL

Sample	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m (%)	n (%)	o	p	q	r	MQ
1/C	66,55	6,383	6	1181	1209	669	540	2,187	2,401	12,941	78,137	8,9224	21,862	59,190	8,921	287	983,7499	919,806	3,302	278,560
2/C	66,17	6,383	6	1172	1210	670	540	2,170	2,401	12,843	77,544	9,6137	22,456	57,189	9,612	333	1141,424	1027,282	3,048	337,035
3/C	67	6,383	6	1191	1202	650	552	2,158	2,401	12,769	77,101	10,1301	22,899	55,762	10,128	305	702,6785	621,871	2,974	209,1030
ERATA	66,24	6,383	6	1181,3	1207	663	544	2,172	2,401	12,850	77,594	9,5554	22,406	57,381	9,554	275	942,6175	856,313	3,048	280,943
1/N	67	6,383	6	1181	1210	659	551	2,143	2,406	12,682	76,390	10,9268	23,61	53,719	10,326	221	757,5217	670,407	2,794	239,945
2/N	66,87	6,383	6	1172	1203	648	555	2,112	2,406	12,495	75,261	12,2441	24,739	50,508	12,243	258	884,3466	786,184	2,794	281,383
3/N	67,15	6,383	6	1206	1240	689	551	2,189	2,406	12,950	78,005	9,0442	21,995	58,881	9,043	364	1247,683	1104,199	4,064	271,703
ERATA	67,01	6,383	6	1186,3	1217,67	665,33	552,34	2,148	2,406	12,708	76,544	10,7481	23,456	54,178	10,747	281	963,1837	852,418	3,217	264,973
1/C	65,9	6,952	6,5	1193	1203	655	548	2,177	2,384	13,955	77,366	8,6791	22,634	61,655	8,679	217	743,8109	698,438	2,794	249,978
2/C	67,4	6,952	6,5	1200	1234	684	550	2,182	2,384	13,985	77,345	8,6688	22,655	61,735	8,478	342	1172,273	1036,290	3,302	313,837
3/C	66,38	6,952	6,5	1197	1223	672	551	2,163	2,384	13,867	76,879	9,2254	23,121	59,977	9,254	311	1066,015	967,941	3,302	293,138
ERATA	66,56	6,952	6,5	1195	1220	670,35	549,67	2,134	2,384	13,935	77,259	8,8049	22,741	61,282	8,805	290	994,033	900,890	3,133	287,549
1/N	64,93	6,952	6,5	1177	1209	675	534	2,204	2,389	14,129	78,136	7,7353	22,864	64,621	7,736	316	10833,15	1012,748	3,556	284,799
2/N	66,68	6,952	6,5	1182	1212	663	549	2,153	2,389	13,801	76,324	9,8743	23,676	58,293	9,875	341	1168,846	1034,428	3,556	290,896
3/N	65,17	6,952	6,5	1185	1214	674	540	2,194	2,389	14,066	77,792	8,1413	22,208	63,341	8,142	480	1645,296	1538,352	3,810	403,767
ERATA	65,59	6,952	6,5	1181,3	1211,67	670,67	541	2,184	2,389	13,996	77,406	8,5976	22,594	61,95	8,598	379	1299,098	1195,176	3,641	328,255

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan  
 b = % aspal terhadap campuran  
 c = berat kering/sblm direndam (gr)  
 d = berat dim keadaan SSD (gr)

e = berat didalam air (gr)  
 f = Vol (isi) = d - e  
 g = berat isi sampel =  $\frac{c}{f}$

h = B.J maksimum (teoritis)

$$i = \left\{ 100 \cdot \left( \frac{\% \text{ agr}}{B.J \text{ Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{B.J \text{ Aspal}} \right) \right\}$$

$$j = \frac{b \times g}{B.J \text{ aspal}}$$

$$k = \frac{(100 - b) \cdot g}{B.J \text{ agregat}}$$

k = (100-i-j) jumlah kandungan rongga  
 l = (100-j) rongga terhadap agregat

$$m = \left( 100 \times \frac{l}{i} \right) \text{ rongga yang terisi aspal (VFWA)}$$

$$N = \text{rongga yang terisi campuran } 100 - \left( 100 \times \frac{g}{h} \right)$$

o = pembacaan arloji (stabilitas)  
 p = o x kalibrasi proving ring (kg)

q = p x koreksi tebal sample (STABILITAS)

r = FLOW (kelelahan plastis) (mm)  
 MQ = Marshall Quotient (kg/mm)  
 Suhu Pencampuran : ±160°C  
 Suhu Pematatan : ±140°C  
 Suhu Water Bath : 60°C  
 B.J. Aspal : 1,014  
 B.J. Agregat : 2,631 (Clereng) & 2,6375 (Nikel)  
 Tanda Tangan :

Ir. Iskandar S, MT

Asal Material : Pomalaa (Sutra), Clereng (Kulon Progo) & Lab. Jalan Raya FTSP UII

Tanggal : 5 Agustus 2000  
Dihitung Oleh : Jimmy Adwang & Luis Anggraini

Jenis Campuran : Hot Rolled Sheet 2 x 50 tumbukan  
Di kerjakan Oleh : Jimmy Adwang & Luis Anggraini

Diperiksa oleh : Ir. Iskandar S, MT

### PERHITUNGAN TEST MARSHALL

Sample	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MQ
1/C	64.92	7.53	7	1178	1205	674	531	2.218	2.367	15.311	78.417	6.268	21.583	70.958	6.268	361	1237.3997	1156.969	3.048	379.5829
2/C	66.02	7.53	7	1166	1195.5	658	538	2.169	2.367	14.975	76.679	8.345	23.32	64.217	8.345	266	911.7682	820.591	3.302	248.5134
3/C	68.02	7.53	7	1194	1218	673	545	2.191	2.367	15.124	77.44	7.436	22.506	67.038	7.436	256	877.4912	759.029	3.048	249.0256
PERATA	66.32	7.53	7	1179	1206.2	668.3	538	2.193	2.367	15.137	77.507	7.3559	22.493	67.297	7.356	304	1043.1634	912.197	3.133	291.1855
1/N	64.48	7.53	7	1178	1218	677	541	2.177	2.372	15.031	76.777	8.192	23.223	64.725	8.192	401	1374.5077	1319.527	4.572	288.6105
2/N	64.65	7.53	7	1196	1223	677	546	2.191	2.372	15.122	77.239	7.6397	22.762	66.436	7.64	385	1319.6645	1233.886	2.556	346.9871
3/N	65.13	7.53	7	1187	1215	676	539	2.202	2.372	15.203	77.651	7.1484	22.345	68.024	7.146	370	1268.249	1185.813	3.048	389.0462
PERATA	64.75	7.53	7	1187	1218.7	676.7	542	2.19	2.372	15.118	77.221	7.661	22.779	66.369	7.661	385	1320.7956	1246.409	3.725	334.5794
1/C	65.82	8.11	7.5	1184	1212.5	673	540	2.195	2.349	16.232	77.157	6.6106	22.843	71.061	6.609	207	709.5339	638.581	3.048	209.5080
2/C	64.77	8.11	7.5	1179	1205	668	537	2.196	2.349	16.239	77.189	6.5723	22.811	71.188	6.571	202	692.3954	647.389	2.794	231.7071
3/C	64.33	8.11	7.5	1183	1209	676	533	2.22	2.349	16.417	78.033	5.551	21.967	74.731	5.549	456	1563.0312	1500.509	3.556	421.9657
PERATA	64.97	8.11	7.5	1182	1208.8	672.3	537	2.203	2.349	16.296	77.46	6.245	22.541	72.296	6.243	288	988.3087	928.827	3.133	296.494
1/N	62.67	8.11	7.5	1170	1197.5	680	518	2.261	2.355	15.723	79.292	3.9852	20.708	80.755	3.984	320	1096.864	1113.317	3.81	292.2092
2/N	62.6	8.11	7.5	1174	1198	680	518	2.266	2.355	16.763	79.485	3.7516	20.515	81.713	3.75	531	1820.1087	1847.410	4.318	427.8393
3/N	63.78	8.11	7.5	1174	1201	673	528	2.224	2.355	16.446	77.981	5.5734	22.091	74.689	5.572	413	1415.6401	1359.015	3.048	445.8709
PERATA	63.02	8.11	7.5	1173	1198.8	677.7	521.2	2.25	2.355	16.644	78.917	4.4395	21.083	78.943	4.438	421	1444.1928	1439.914	3.725	386.5229

t = tebal benda uji

h = B.J maksimum (teoritis)

$$i = \left\{ 100 : \left( \frac{\% \text{ aggr}}{B.J \text{ Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{B.J \text{ Aspal}} \right) \right\}$$

$$j = \frac{b \times g}{B.J \text{ aspal}}$$

$$k = \frac{(100 - b) \times g}{B.J \text{ agregat}}$$

a = % aspal terhadap batuan  
b = % aspal terhadap campuran  
c = berat kerang/sblm direndam (gr)  
d = berat dlm keadaan SSD (gr)

e = berat didalam air (gr)  
f = Vol (isi) = d - e

$$g = \text{berat isi sampel} = \frac{c}{f}$$

k = (100-i)j jumlah kandungan rongga

l = (100-j) rongga terhadap agregat

$$m = \left( 100 \times \frac{i}{l} \right) \text{rongga yang terisi aspal (VFWA)}$$

N = rongga yang terisi campuran  $100 - \left( 100 \times \frac{g}{h} \right)$

o = pembacaan arloji (stabilitas)

p = o x kalibrasi proving ring (kg)

q = p x koreksi tebal sample (STABILITAS)

r = FLOW (kelelahan plastis) (mr)  
MQ = Marshall Quotient (kg/mm)  
Suhu Pencampuran : ±160°C  
Suhu Pemadatan : ±140°C  
Suhu Water Bath : 60°C  
B.J. Aspal : 1,014  
B.J. Agregat : 2,631 (Clereng) & 2,6375 (Nikel)

Tanda Tangan :

Ir. Iskandar S, MT



Asal Material : Pomalaa (Sultra), Clereng (Kulon Progo) & Lab. Jalan Raya FTSP UII Tanggal : 5 Agustus 2000  
 Di kerjakan Oleh : Jimmy Adwang & Luis Anggraini Dihitung Oleh : Jimmy Adwang & Luis Anggraini  
 Jenis Campuran : Hot Rolled Sheet 2 x 50 tumbukan Diperiksa oleh : Ir. Iskandar S, MT

### PERHITUNGAN TEST MARSHALL

sampel	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m (%)	n (%)	o	p	q	r	MQ
1/C	64.43	8.696	8	1181	1207	678	529	2.233	2.333	17.613	78.065	4.321	21.935	80.3	4.32	358	1227.1	1184.17	3.048	388.51
2/C	64.82	8.696	8	1179	1205	673	532	2.216	2.333	17.485	77.495	5.02	22.505	77.69	5.019	391	1253.1	1253.12	4.064	308.35
3/C	64.58	8.696	8	1178	1205.5	674	531.5	2.216	2.333	17.485	77.502	5.011	22.498	77	5.01	253	867.21	837.723	4.064	206.133
RERATA	64.68	8.696	8	1179	1205.8	675	530.8	2.222	2.333	17.527	77.684	4.788	22.316	78.54	4.787	334	1144.9	1091.67	3.725	293.04
1/N	63.77	8.696	8	1192	1219	687	532	2.241	2.338	17.677	78.156	4.167	21.845	80.92	4.166	452	1549.3	1492	3.048	489.5
2/N	63.2	8.696	8	1182	1209	686	523	2.26	2.338	17.890	78.832	3.337	21.168	84.23	3.336	526	1803	1830.02	4.318	423.81
3/N	63.63	8.696	8	1194	1192.5	662	530.5	2.251	2.338	17.757	78.508	3.735	21.492	82.62	3.734	462	1583.6	1525	4.572	333.55
RERATA	63.53	8.696	8	1189	1206.8	678.3	528.5	2.250	2.338	17.755	78.999	3.747	21.502	82.59	3.745	480	1645.3	1615.68	3.979	406.02
1/C	63.72	2.290	8.5	1178	1191	674	517	2.279	2.317	19.100	79.241	1.659	20.759	92.01	1.657	262	898.06	889.076	5.334	166.681
2/C	64.28	9.290	8.5	1180	1192	676	516	2.287	2.317	19.169	79.53	1.301	20.471	93.64	1.299	247	846.64	812.776	4.318	188.23
3/C	63.77	9.290	8.5	1179	1191	673	518	2.276	2.317	19.079	79.154	1.767	20.846	91.52	1.765	266	911.77	875.297	5.588	191.447
RERATA	63.92	9.290	8.5	1179	1191.3	674.3	517	2.280	2.317	19.116	79.308	1.576	20.692	92.39	1.574	258	885.49	853.05	5.081	179.919
1/N	62.32	9.290	8.5	1165	1181	678	503	2.316	2.322	19.415	80.350	0.235	19.65	98.8	0.237	365	1251.1	1294.9	3.556	364.145
2/N	62.3	9.290	8.5	1164	1181	679	502	2.333	2.322	19.431	80.416	0.153	19.584	99.22	0.172	481	648.72	1706.65	4.064	419.889
3/N	62.8	9.290	8.5	1169	1183	679	504	2.319	2.322	19.439	80.450	0.111	19.55	99.43	0.129	346	1186	1203.77	3.302	364.559
RERATA	62.48	9.290	8.5	1166	1181.7	678.7	502.7	2.317	2.322	19.428	80.405	0.499	19.59	99.15	0.179	397	1156.3	1189.64	3.641	383.043

t = tebal benda uji

a = % aspal terhadap batuan

b = % aspal terhadap campuran

c = berat kering/sblm direndam (gr)

d = berat dlm keadaan SSD (gr)

e = berat didalam air (gr)

f = Vol (isi) = d - e

g = berat isi sampel =  $\frac{c}{f}$

h = B.J maksimum (teoritis)

$$i = \left\{ 100 : \left( \frac{\% \text{ aggr}}{B.J \text{ Aggr}} + \frac{\% \text{ aspal}}{B.J \text{ Aspal}} \right) \right\}$$

$$j = \frac{b \times g}{B.J \text{ aspal}}$$

$$k = \frac{(100 - b) \times g}{B.J \text{ agregat}}$$

k = (100-i) jumlah kandungan rongga

l = (100-j) rongga terhadap agregat

$$m = \left( 100 \times \frac{l}{i} \right) \text{ rongga yang terisi aspal (VFVA)}$$

$$N = \text{rongga yang terisi campuran } 100 - \left( 100 \times \frac{g}{h} \right)$$

o = pembacaan arloji (stabilitas)

p = o x kalibrasi proving ring (kg)

q = p x koreksi tebal sample (STABILITAS)

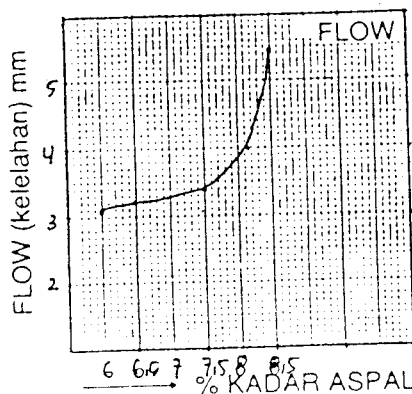
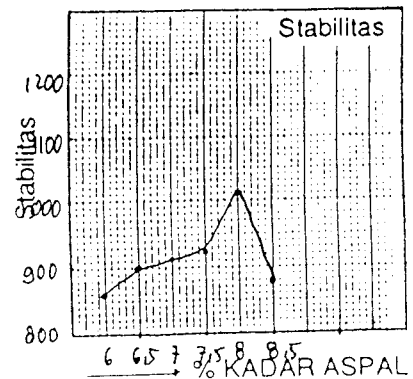
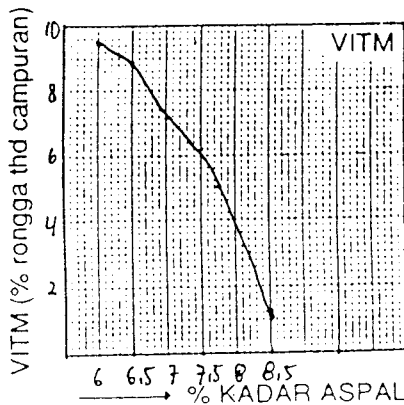
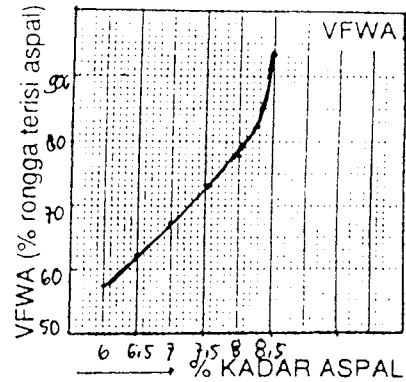
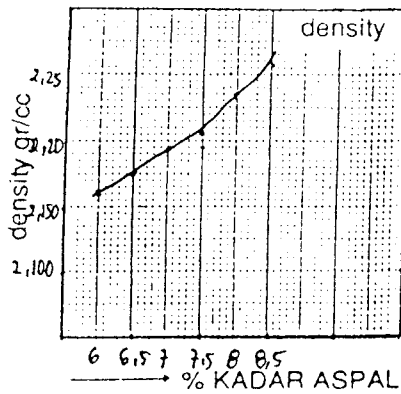
r = FLOW (kelelahan plastis) (mm)  
 MQ = Marshall Quotient (kg/mm)  
 Suhu Pencampuran : ±160°C  
 Suhu Pemadatan : ±140°C  
 Suhu Water Bath : 60°C  
 B.J. Aspal : 1,014  
 B.J. Agregat : 2,631 (Clereng) & 2,6375 (Nikel)

Tanda Tangan :

Ir. Iskandar S, MT

### GRAFIK III :KADAR ASPAL DESIGN

GAMBAR 6



Spec	% Kadar aspal
1. density	6 - 8,5
2. VFWA	7,5 - 8,5
3. VITM	7,5 - 8,5
4. Stability	6 - 8,5
5. Flow	6 - 8,5

Kadar Aspal Design = 7,95 % (a)

$$\frac{7,75 + 8,15}{2} = 7,95\%$$

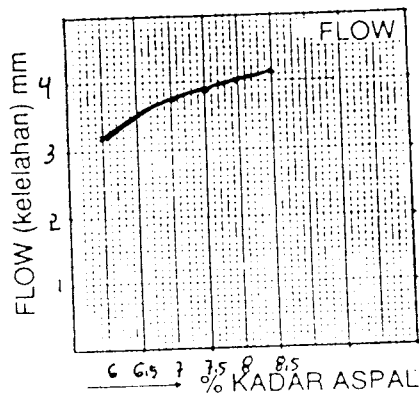
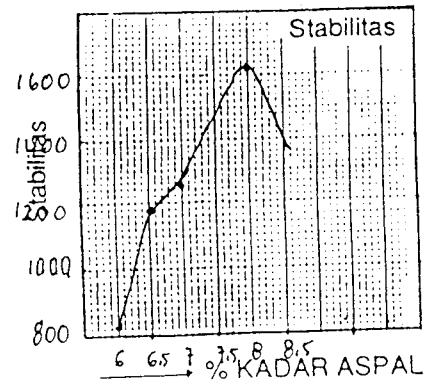
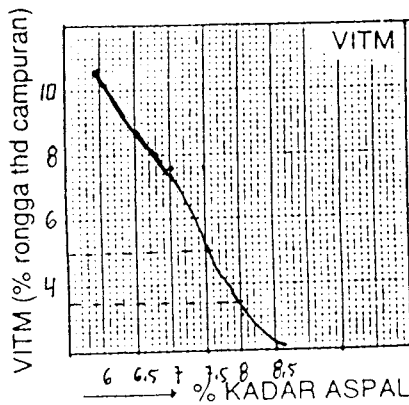
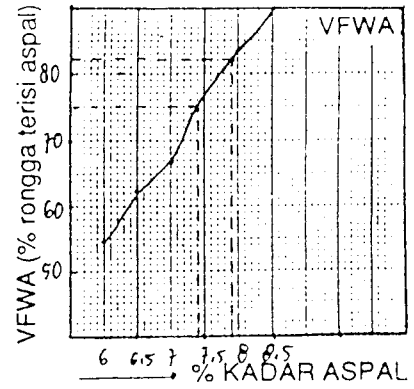
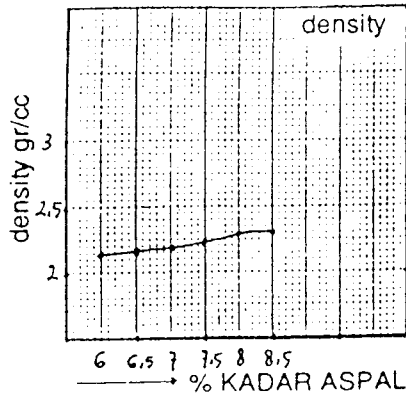
Kadar Aspal terhadap Campuran =  $\frac{(a)}{100+a} \times 100\% = \dots\%$

Diperiksa:

.....

### GRAFIK III : KADAR ASPAL DESIGN

NIKKEL



Spec	% Kadar aspal
1. density	7.4 - 7.9
2. VFWA	7.4 - 7.9
3. VITM	7.4 - 7.9
4. Stability	7.4 - 7.9
5. Flow	7.4 - 7.9

Kadar Aspla Design = 7,65... % (a)

$$\frac{7,4 + 7,9}{2} = 7,65 \%$$

$$\text{Kadar Aspal terhadap Campuran} = \frac{(a)}{100+a} \times 100 \% = \dots \%$$

Diperiksa:

.....