

**TUGAS AKHIR**

**PEMANFAATAN LIMBAH BETON SERAGAI  
PENGANTI AGREGAT KASAR 10/10 PADA LAFISAN ATB  
(ASPHALT TREATED BASE)  
DITINJAU DARI KARAKTERISTIK MARSHALL**

**Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana**



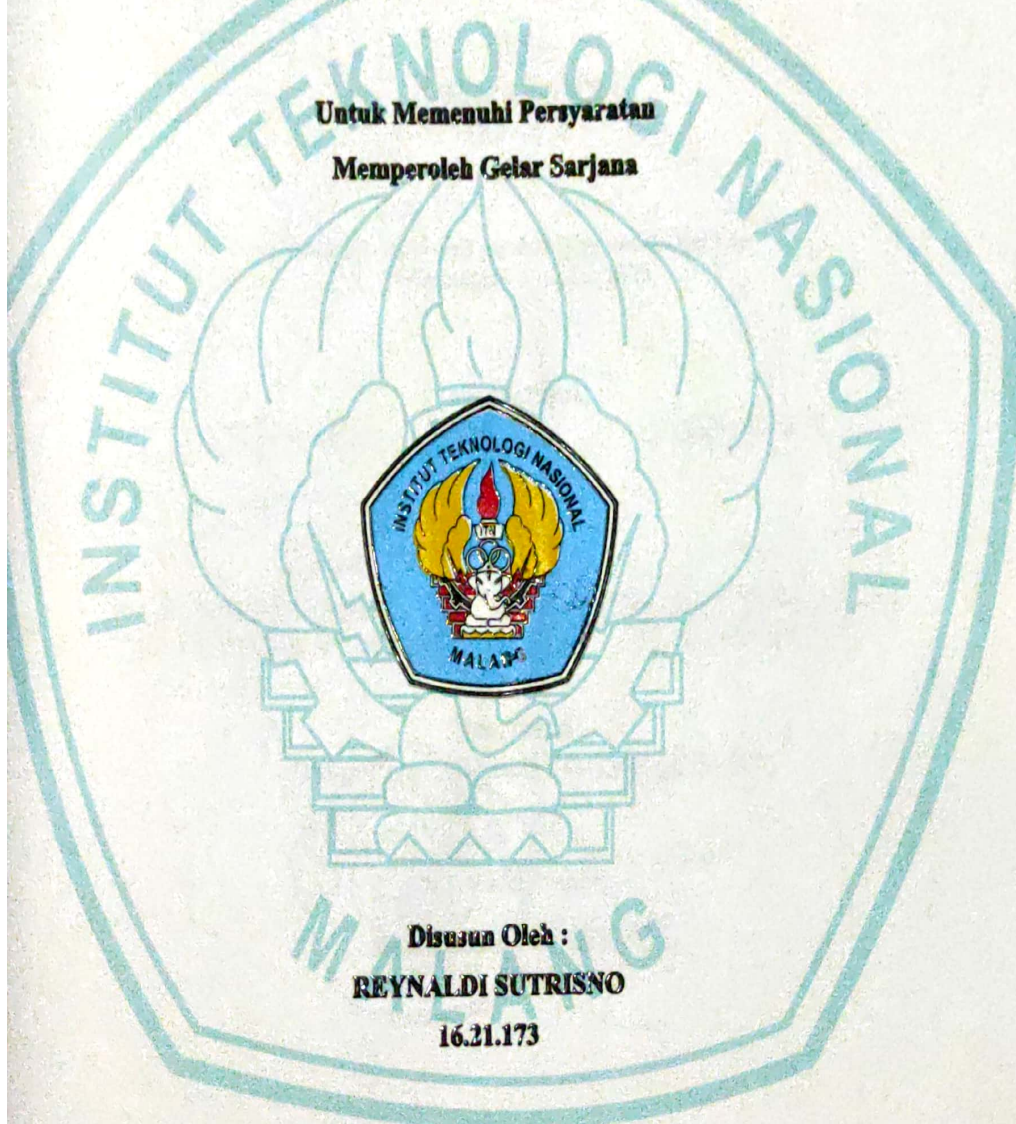
**Dibuat Oleh :**  
**REYNALDI SUTRISNO**  
**1621.173**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2020**

**TUGAS AKHIR**

**PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI  
PENGANTI AGREGAT KASAR 10/10 PADA LAPISAN ATB  
(ASPHALT TREATED BASE)  
DITINJAU DARI KARAKTERISTIK MARSHALL**

Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana



Disusun Oleh :  
**REYNALDI SUTRISNO**  
16.21.173

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2020**

LEMBAR PERSETUJUAN

PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI PENGGANTI  
AGREGAT KASAR 10/10 PADA LAPISAN ATB (ASPHALT  
TREATED BASE) DITINJAU DARI KARAKTERISTIK  
MARSHALL

Oleh:

Reynaldi Sutrisno

16.21.173


Telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan  
Pada tanggal ..... 2020

Menyetujui,

Pembimbing I


Pembimbing II

  
Ir. Eding Iskak Imananto, MT  
NIP. 19660506 199303 1 004

  
Mohammad Erfan, ST, MT.  
NIP.Y. 1031500508

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil (S-1)

  
R. I. Wayan Mundra, MT  
NIP.Y. 1018700150

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2020

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI PENGGANTI  
AGREGAT KASAR 10/10 PADA LAPISAN ATB (ASPHALT  
TREATED BASE) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL**

**Skripsi Ini Telah Dipertahankan Di Depan Dosen Penguji Ujian Skripsi  
Jenjang Strata (S-1) Pada Tanggal.....Dan Diterima  
Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Sipil S-1**

disusun oleh :

**REYNALDI SUTRISNO**

**16.21.149**

**Anggota Penguji:**

**Dosen Penguji I**

**Dosen Penguji II**

**MT Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT**  
**NIP.Y. 196702181993031002**

**Ir. Agus Santosa, MT**  
**NIP.Y. 1018700135**

**Disahkan Oleh**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**

**Sekretaris Jurusan**

**Ir. I. Wayan Mundra, MT**  
**NIP.Y. 1018700150**

**Mohammad Erfan, ST, MT NIP.Y.**  
**1031500508**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2020**

## **KATA PENGANTAR**

Dengan mengucapkan puji syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat dan Berkah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi dengan baik dan benar.

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan gelar strata satu (S-1), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam proses penyelesaian Skripsi ini, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

- 1) Dr. Ir. Kustamar, MT selaku Rektor ITN Malang
- 2) Dr. Hery Setyobudiarso, Msc selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
- 3) Ir. I Wayan Mundra, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil
- 4) Ir. Eding Iskak Imananto, MT selaku Pembimbing Tugas Akhir I
- 5) Mohammad Erfan, ST, MT selaku Pembimbing Tugas Akhir II
- 6) Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT selaku Penguji Tugas Akhir I
- 7) Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Penguji Tugas Akhir II
- 8) Kedua Orang Tua dan segenap keluarga yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materiil
- 9) Teman-teman yang telah memberi semangat, dukungan dan doa untuk menyelesaikan Skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa pada Skripsi ini, mungkin masih banyak kekurangan ataupun kesalahan. Oleh karena itu, penyusun selalu mengharapkan saran, petunjuk, kritik dan bimbingan yang bersifat membangun, demi kelanjutan kami selanjutnya.

Malang, 2020

Penyusun

## LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Reynaldi Sutrisno  
NIM : 16.21.173  
Program Studi : Teknik Sipil S-1  
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul:

**“PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR 10/10 PADA LAPISAN ATB (*ASPHALT TREATED BASE*) TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL*”**

Adalah asli karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur karya orang lain, kecuali yang disebutkan dari sumber asli dan tercantum dalam daftar pustaka.

Malang, 2020

Yang membuat pernyataan



Reynaldi Sutrisno

16.21.173

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

Yang Utama dari Segalanya... Sembah sujud serta syukur kepada Tuhan Yesus Kristus. Limpahan kasih dan sayangMu telah memberikanku kekuatan dan membekaliku dengan ilmu. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan.

### **Ibunda dan Ayahanda Tercinta**

Untuk Bapak, Ibu, dan Adek saya tersayang Tugas akhir ini saya persembahkan, tiada kata yang bisa menggantikan segala sayang, usaha, semangat dan juga doa yang telah dicurahkan untuk penyelesaian tugas akhir ini semoga orang tua selalu senang melihat saya dan merasa bangga dengan perjuangan saya.

### **Teman – teman**

Buat teman - temanku yang selalu memberikan motivasi, nasihat, dukungan moral yang selalu membuatku semangat untuk menyelesaikan skripsi ini, Kontrakan Hitz (Krindho, Sembik, Butet, Galih, Danang, Akmal, Copret, Alif), Ngabas Esport (Andri Turet, Ilham Ngabas, Yahudi Roger, Heri Brawijaya), Sukri, Sania, Dika Centong, Agil, mahasiswa Sipil yang terlibat dan untuk pihak Laboratorium (Pak Mahfud dan Kak Mea). Terimakasih teman-teman, kalian telah memberikan banyak hal yang tak terlupakan...

### **Dosen Pembimbing Tugas Akhir**

Bapak Ir. Eding Isakak Imananto, MT dan Bapak Mohammad Erfan ST, MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir saya, terima kasih banyak Bapak sudah sangat membantu selama ini, sudah dinasehati, sudah diajari, dan mengarahkan saya sampai skripsi ini selesai. Tanpa beliau, Tugas Akhir ini tidak akan pernah tercipta. Terimakasih Bapak...

## ABSTRAK

REYNALDI SUTRISNO (1621173), Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang, Juni 2020, “PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR 10/10 PADA LAPISAN ATB (ASPHALT TREATED BASE) DITINJAU DARI KARAKTERISTIK *MARSHALL*”, Dosen Pembimbing I : Ir. Eding Iskak Imananto, MT. Dosen Pembimbing II : Mohammad Erfan, ST, MT.

---

Perkerasan jalan merupakan bagian dari jalan yang berupa campuran agregat, bahan pengikat dan bahan pengisi (*filler*). Komposisi material campuran perkerasan aspal mempengaruhi kualitas pada campuran. Penelitian ini memanfaatkan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada Campuran ATB, dikarenakan kurangnya pemanfaatan limbah beton. Limbah beton yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Bahan Kontruksi Universitas Negeri Malang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar 10/10 pada campuran ATB ditinjau dari karakteristik Marshall. Kemudian melakukan pembuatan benda uji sebanyak 27 buah dilanjutkan dengan pengujian menggunakan metode Marshall Test di laboratorium bahan kontruksi Teknik Sipil Institut teknologi nasional malang.

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka diperoleh : Agregat limbah beton yang berasal dari Laboratorium Bahan Kontruksi Universitas Negeri Malang telah memenuhi spesifikasi dan layak digunakan sebagai campuran perkerasan jalan. Penggunaan limbah beton sebagai bahan pengganti agregat kasar 10/10 pada lapisan *ATB* berpengaruh atau memberikan perbedaan yang signifikan. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil pengujian hipotesis, dimana  $F_{hitung} > F_{tabel}$ . Nilai stabilitas pada kadar limbah beton 0% sebesar 1048,56 kg dan pada kadar limbah beton 100% sebesar 842,41 kg. nilai karakteristik yang diharapkan pada campuran memenuhi batasan yang telah ditetapkan oleh Dinas Bina Marga 2018 seperti nilai stabilitas, flow.

**Kata kunci** : *ATB (Asphalt Treated Base)*, Aspal Beton (Laston), Karakteristik *Marshall*, Kadar Limbah Beton.



## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR GRAFIK.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	2
1.3 Rumusan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
1.7 Hipotesis Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Studi Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 Perkerasan Jalan .....	8
2.3 Struktur Perkerasan Jalan Lentur.....	9
2.4 Material Penyusun Perkerasan Jalan .....	11
2.4.1 Agregat.....	11
2.4.2 Sifat Agregat .....	15
2.4.3 Gradasi Agregat .....	15
2.4.4 Daya Tahan Agregat .....	17
2.5 Perkerasan Aspal Beton.....	17

2.6	ATB (Asphalt Treated Base).....	19
2.6.1	Menentukan Diagram Diagonal Komposisi Agregat Campuran ATB	20
2.7	Aspal.....	21
2.7.1	Jenis Aspal .....	22
2.7.2	Sifat Aspal.....	24
2.7.3	Pengujian Aspal .....	25
2.8	Karakteristik Campuran Aspal .....	28
2.8.1	Stabilitas ( <i>Stability</i> ).....	28
2.8.2	Durabilitas (Keawetan/Daya Tahan).....	28
2.8.3	Kelenturan ( <i>Fleksibilitas</i> ).....	29
2.8.4	Ketahanan terhadap kelelahan ( <i>Fatigue Resistance</i> ) .....	29
2.8.5	Kekesatan/Ketahanan geser ( <i>Skid Resistance</i> ).....	29
2.8.6	Kedap air ( <i>Impermeability</i> ).....	30
2.8.7	Kemudahan pelaksanaan ( <i>Workability</i> ) .....	30
2.9	Pengujian Dengan Alat Marshall.....	30
2.9.1	Stabilitas.....	32
2.9.2	Flow (Kelelahan).....	32
2.9.3	Rongga dalam agregat (VMA).....	33
2.9.4	Rongga terisi aspal (VFWA).....	33
2.9.5	Rongga di dalam campuran (VIM) .....	34
2.9.6	Marshall Quotient.....	34
2.10	Pengolahan Data .....	34
2.10.1	Pengertian Hipotesis.....	34
2.10.2	Interval Kepercayaan .....	35
2.10.3	Analisa Regresi .....	35
2.10.4	Uji Korelasi .....	36
2.10.5	Uji Determinasi .....	36
2.10.6	Uji F (Pengujian Secara Simultan).....	37
BAB III METODE PENELITIAN.....		39
3.1	Operasional Penelitian.....	39
3.2	Tahap Studi.....	39

3.3	Tempat Penelitian.....	39
3.4	Lokasi Pengambilan Material Penelitian.....	39
3.5	Penyiapan Limbah Beton .....	41
3.6	Rancangan Penelitian .....	41
3.7	Persiapan Penelitian.....	42
	3.7.1 Metode Pengujian.....	42
	3.7.2 Bahan-Bahan Material .....	44
	3.7.3 Peralatan Penelitian.....	45
3.8	Pembuatan Benda Uji.....	45
3.9	Ukuran Benda Uji Marshall.....	46
3.10	Perendaman Benda Uji .....	46
3.11	Pengujian Marshall .....	47
3.12	Pengujian Validitas .....	47
3.13	Variabel Penelitian.....	47
3.14	Analisa Data.....	47
3.15	Diagram Alir.....	50
BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN.....		53
4.1	Pemeriksaan Mutu Bahan .....	53
4.2	Pengujian Agregat .....	53
	4.2.1 Pengujian Analisa Saringan Halus, Sedang dan Kasar (AASHTO T 27-82) .....	53
	4.2.2 Pengujian Berat Isi Agregat (AASHTO T-19-74) (ASTM C-29-71)..	59
	4.2.3 Pengujian Angka Angularitas (Angularity Number ) (BS 812 : Part 1 : 1975) .....	65
	4.2.4 Pengujian Indeks Kepipihan ( <i>Flakiness Index</i> ) (BS 812 : Part 1 : 1975) .....	68
	4.2.5 Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan ( <i>Agregat Impact Value</i> ) (BS 812 : Part 3 : 1975).....	71
	4.2.5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat (AASHTO T-85-81). 73	
	4.2.6 Pengujian Keausan Agregat menggunakan Alat Abrasi <i>Los Angeles</i> (AASHTO T-96-77).....	82
4.3	Pengujian Aspal.....	85

4.3.1	Pengujian Penetrasi ( <i>AASHTO T-49-80</i> ).....	85
4.3.2	Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar ( <i>AASHTO T-48-81</i> ).....	86
4.3.3	Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter ( <i>AASHTO T-53-89</i> ).....	87
4.3.4	Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras dan Ter ( <i>AASHTO T-226-79</i> ) ..	89
4.3.5	Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal ( <i>AASHTO T-47-82</i> )..	91
4.3.6	Pengujian Daktilitas Aspal ( <i>AASHTO T-51-81</i> ) .....	93
4.4	Kesimpulan Hasil Pengujian Agregat dan Aspal .....	94
4.5	Perencanaan komposisi Campuran.....	96
4.5.1	Perhitungan Prosentase Agregat dengan Metode Grafis.....	96
4.5.2	Komposisi Campuran Untuk Variasi Aspal .....	99
4.6	Marshall Test Campuran Normal .....	103
4.6.1	Maksud dan Tujuan.....	103
4.6.2	Hasil Pengujian <i>Marshall Test</i> Campuran Normal .....	103
4.7	Perhitungan Interval Kepercayaan Campuran Normal.....	109
4.8	Analisa Regresi Campuran Normal.....	120
4.8.1	Analisa Regresi Stabilitas .....	120
4.8.2	Analisa Regresi <i>Flow</i> (Kelelehan) .....	123
4.8.3	Analisa Regresi VIM (Voids In The Mix) .....	125
4.8.4	Analisa Regresi VMA (Percent of Voids in Mineral Aggregate) .....	127
4.8.5	Analisa Regresi MQ (Marshall Quotient) .....	129
4.8.6	Analisa Regresi VFA (Percent Voids Filled with Asphalt) .....	131
4.9	Pembahasan Hasil Analisis Interval Kepercayaan dan Regresi Campuran Normal .....	133
4.10	Marshall Test Campuran Limbah Beton Agregat 10/10.....	139
4.10.1	Maksud dan Tujuan.....	139
4.10.2	Hasil Pengujian <i>Marshall Test</i> Campuran Limbah Beton Agregat 10/10.....	139
4.10.3	Perhitungan Interval Kepercayaan Campuran Limbah Beton Agregat 10/10.....	145
4.11	Analisa Regresi Campuran Limbah Beton Agregat 10/10 .....	155
4.11.1	Analisa Regresi Stabilitas .....	155

4.11.2	Analisa Regresi <i>Flow</i> (kelelehan) .....	158
4.11.3	Analisa Regresi <i>VIM</i> ( <i>Voids In The Mix</i> ).....	160
4.11.4	Analisa Regresi VMA (Percent of Voids in Mineral Aggregate)....	162
4.11.5	Analisa Regresi MQ (Marshall Quotient).....	164
4.11.6	Analisa Regresi VFA (Percent Voids Filled with Asphalt) .....	166
4.12	Perhitungan Koefisien Korelasi .....	168
4.13	Pengujian Hipotesis .....	169
4.14	Pembahasan Nilai Karakteristik Marshall Campuran Limbah Beton 10/10 .....	171
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		179
5.1	Kesimpulan.....	179
5.2	Saran.....	179
DAFTAR PUSTAKA .....		180

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku.....	9
Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Kasar.....	12
Tabel 2.3 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar .....	13
Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus .....	14
Tabel 2.5 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus .....	14
Tabel 2.6 Ketentuan Bahan Pengisi (Filler).....	15
Tabel 2.7 Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal .....	16
Tabel 2.8 Persyaratan sifat campuran untuk Asphalt Traeted Base (ATB) .....	19
Tabel 2.9 Gradasi agregat untuk campuran aspal .....	20
Tabel 2.10 Ketentuan untuk Aspal Keras .....	23
Tabel 2.11 Ketentuan untuk Aspal Keras .....	24
Tabel 2.12 Ketentuan-ketentuan untuk Aspal Keras.....	27
Tabel 2.13 Angka koreksi tebal benda uji.....	32
Tabel 3.1 Jumlah benda uji.....	46
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar 10/ 20.....	54
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar 10/10 .....	55
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Sedang 5/10.....	56
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus 0/5 .....	57
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar 10/10 (Limbah Beton ) .....	58
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar 10/20 .....	59
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar 10/10 .....	60
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Sedang 5/10.....	61
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus 0/5 .....	62
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Berat Isi Limbah Beton 10/10 .....	63
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Angka Angularitas.....	66
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Indeks kepipihan Batu Pecah.....	69
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Indeks kepipihan Limbah Beton.....	70
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap tumbukan.....	72
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Kekuatan Agregat Limbah Beton Terhadap Tumbukan .....	72
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Batu Alami 10/20 .....	74
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Batu Alami 10/10.....	75

Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Batu Alami 5/10 .....	76
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Limbah Beton	77
Tabel 4.20 Hasil Pengujian Keausan Agregat Batu Pecah .....	83
Tabel 4.21 Hasil Pengujian Keausan Agregat Limbah Beton.....	84
Tabel 4.22 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Sebelum Kehilangan Minyak .....	85
Tabel 4.23 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Setelah Kehilangan Minyak.....	86
Tabel 4.24 Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal .....	87
Tabel 4.25 Hasil Pengujian Titik Lembek Sebelum Kehilangan Minyak .....	88
Tabel 4.26 Hasil Pengujian Titik Lembek Setelah Kehilangan Minyak.....	88
Tabel 4.27 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Keras.....	90
Tabel 4.28 Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal.....	92
Tabel 4.29 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sebelum Kehilangan Berat .....	93
Tabel 4.30 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Setelah Kehilangan Berat .....	94
Tabel 4.31 Hasil Pengujian Agregat Batu Pecah, Limbah Beton dan Aspal .....	95
Tabel 4.32 Komposisi Campuran Persentase Agregat Spesifikasi Sebelum Ditambah Filler .....	97
Tabel 4.33 Komposisi Campuran Persentase Agregat Spesifikasi .....	99
Tabel 4.34 Perencanaan Komposisi Campuran Normal .....	101
Tabel 4.35 Perencanaan Komposisi Campuran Limbah Beton .....	102
Tabel 4.36 Perhitungan Marshall Test Campuran ATB Normal Direndam dalam Water Bath Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C .....	108
Tabel 4.37 Data Pengujian Stabilitas Kadar Aspal 4% .....	109
Tabel 4.38 Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Aspal 4% .....	110
Tabel 4. 39 Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Aspal 4,5% .....	110
Tabel 4. 40 Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Aspal 5% .....	110
Tabel 4. 41 Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Aspal 5,5% .....	111
Tabel 4. 42 Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Aspal 6% .....	111
Tabel 4.43 Rata-rata Interval Kepercayaan Stabilitas.....	111
Tabel 4.44 Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 4%.....	112
Tabel 4. 45 Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 4,5%.....	112
Tabel 4. 46 Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 5%.....	112
Tabel 4. 47 Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 5,5%.....	112
Tabel 4.48 Interval Kepercayaan Flow Kadar Aspal 6%.....	112
Tabel 4.49 Rata-rata Interval Kepercayaan Flow (kelelehan) .....	112
Tabel 4.50 Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 4% .....	113
Tabel 4. 51 Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 4,5% .....	113
Tabel 4.52 Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 5% .....	113
Tabel 4.53 Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 5,5% .....	114
Tabel 4.54 Interval Kepercayaan VIM Kadar Aspal 6% .....	114

Tabel 4.55 Rata-rata Interval Kepercayaan VIM (Voids in The Mix).....	114
Tabel 4.56 Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 4%.....	115
Tabel 4. 57 Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 4,5%.....	115
Tabel 4.58 Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 5%.....	115
Tabel 4.59 Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 5,5%.....	115
Tabel 4.60 Interval Kepercayaan VMA Kadar Aspal 6%.....	115
Tabel 4.61 Rata-rata Interval Kepercayaan VMA (Percent of Voids in Mineral Aggregate).....	115
Tabel 4.62 Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 4% .....	116
Tabel 4. 63 Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 4,5% .....	116
Tabel 4.64 Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 5% .....	116
Tabel 4.65 Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 5,5% .....	117
Tabel 4.66 Interval Kepercayaan MQ Kadar Aspal 6% .....	117
Tabel 4.67 Rata-rata Interval Kepercayaan MQ (Marshall Quotient) .....	117
Tabel 4.68 Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 4% .....	118
Tabel 4. 69 Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 4,5% .....	118
Tabel 4.70 Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 5% .....	118
Tabel 4.71 Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 5,5% .....	118
Tabel 4.72 Interval Kepercayaan VFA Kadar Aspal 6% .....	118
Tabel 4.73 Rata-rata Interval Kepercayaan VFA (Percent Voids Filled with Asphalt).....	119
Tabel 4.74 Analisa Regresi Stabilitas .....	121
Tabel 4.75 Analisa Regresi Flow (Kelelahan) .....	124
Tabel 4.76 Analisa Regresi VIM (Voids In The Mix).....	126
Tabel 4.77 Analisa Regresi VMA (Percent of Voids in Mineral Aggregate).....	128
Tabel 4.78 Analisa Regresi MQ (Marshall Quotient).....	130
Tabel 4.79 Analisa Regresi VFA (Percent Voids Filled with Asphalt).....	132
Tabel 4.80 Rekapitulasi Hasil Analisis Karakteristik Marshall Campuran Normal Pada Kadar Aspal Optimum 5,43% .....	138
Tabel 4.81 Data Marshall Test Campuran ATB Limbah Beton Direndam dalam Water Bath Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C .....	144
Tabel 4.82 Data Pengujian Stabilitas Kadar Beton 25%.....	145
Tabel 4.83 Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Limbah Beton 25% .....	146
Tabel 4. 84 Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Limbah Beton 50% .....	146
Tabel 4.85 Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Limbah Beton 75% .....	146
Tabel 4.86 Interval Kepercayaan Stabilitas Kadar Limbah Beton 100% .....	147
Tabel 4.87 Rata-Rata Interval Kepercayaan Stabilitas .....	147
Tabel 4.88 Interval Kepercayaan Flow Kadar Limbah Beton 25% .....	148
Tabel 4. 89 Interval Kepercayaan Flow Kadar Limbah Beton 50% .....	148
Tabel 4.90 Interval Kepercayaan Flow Kadar Limbah Beton 75% .....	148



Tabel 4.91 Interval Kepercayaan Flow Kadar Limbah Beton 100% .....	148
Tabel 4.92 Rata-Rata Interval Kepercayaan Flow .....	148
Tabel 4.93 Interval Kepercayaan VIM Kadar Limbah Beton 25% .....	149
Tabel 4. 94 Interval Kepercayaan VIM Kadar Limbah Beton 50% .....	149
Tabel 4.95 Interval Kepercayaan VIM Kadar Limbah Beton 75% .....	149
Tabel 4.96 Interval Kepercayaan VIM Kadar Limbah Beton 100% .....	150
Tabel 4.97 Rata-Rata Interval Kepercayaan VIM.....	150
Tabel 4.98 Interval Kepercayaan VMA Kadar Limbah Beton 25% .....	151
Tabel 4. 99 Interval Kepercayaan VMA Kadar Limbah Beton 50% .....	151
Tabel 4.100 Interval Kepercayaan VMA Kadar Limbah Beton 75% .....	151
Tabel 4.101 Interval Kepercayaan VMA Kadar Limbah Beton 100% .....	151
Tabel 4.102 Rata-Rata Interval Kepercayaan VMA .....	151
Tabel 4.103 Interval Kepercayaan MQ Kadar Limbah Beton 25% .....	152
Tabel 4. 104 Interval Kepercayaan MQ Kadar Limbah Beton 50% .....	152
Tabel 4.105 Interval Kepercayaan MQ Kadar Limbah Beton 75% .....	152
Tabel 4.106 Interval Kepercayaan MQ Kadar Limbah Beton 100% .....	153
Tabel 4.107 Rata-Rata Interval Kepercayaan MQ .....	153
Tabel 4.108 Interval Kepercayaan VFA Kadar Limbah Beton 25% .....	154
Tabel 4. 109 Interval Kepercayaan VFA Kadar Limbah Beton 50% .....	154
Tabel 4.110 Interval Kepercayaan VFA Kadar Limbah Beton 75% .....	154
Tabel 4.111 Interval Kepercayaan VFA Kadar Limbah Beton 100% .....	154
Tabel 4.112 Rata-Rata Interval Kepercayaan VFA .....	154
Tabel 4.113 Analisa Regresi Stabilitas Campuran Limbah Beton.....	156
Tabel 4.114 Analisa Regresi Flow Campuran Limbah Beton .....	158
Tabel 4.115 Analisa Regresi VIM Campuran Limbah Beton.....	160
Tabel 4.116 Analisa Regresi VMA Campuran Limbah Beton .....	162
Tabel 4.117 Analisa Regresi MQ Campuran Limbah Beton .....	164
Tabel 4.118 Analisa Regresi VFA Campuran Limbah Beton.....	166
Tabel 4.119 Data Uji Korelasi .....	168
Tabel 4. 120 Hasil Uji Korelasi (r).....	168
Tabel 4. 121 Data Stabilitas Variasi Asbuton .....	169
Tabel 4. 122 Tabel Analisa Varian Untuk Stabilitas.....	170
Tabel 4. 123 Perhitungan Analisa Varian Satu arah Dengan MS Excel 2016....	171
Tabel 4. 124 Analisa statistik untuk seluruh pengamatan.....	171
Tabel 4. 125 Rekapitulasi Hasil Analisis Karakteristik Campuran Limbah Beton dengan Kadar Aspal 5,43% dan Variasi Kadar Limbah Beton 25%,50%,75%,100% .....	177
<u>Tabel 4. 126 Perbandingan Hasil Analisis Karakteristik Campuran Normal dengan Campuran Limbah Beton Kadar Aspal 5,43% dan Variasi Kadar Limbah Beton 25%,50%,75%,100% .....</u>	<u>178</u>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lapisan Perkerasan Jalan. Sumber Sukirman (2007).....	9
Gambar 2.2 Contoh Diagram Diagonal Agregat ATB.....	21
Gambar 2. 3Alat Marshall test .....	31
Gambar 3.1 Peta lokasi kampus Universitas Negeri Malang.....	40
Gambar 3.2 Laboraturium Bahan Kontruksi Universitas Negeri Malang. ....	40
Gambar 3.3 Material Limbah Beton .....	41

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Diagram Diagonal Komposisi Campuran Agregat Alami ATB.....	96
Grafik 4.2 Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas .....	111
Grafik 4.3 Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow (kelelehan).....	113
Grafik 4.4 Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM (Voids in The Mix)....	114
Grafik 4.5 Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA (Percent of Voids in Mineral Aggregate) .....	116
Grafik 4.6 Hubungan Antara Kadar Aspal dengan MQ (Marshall Quotient).....	117
Grafik 4.7 Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFA (Percent Voids Filled with Asphalt) .....	119
Grafik 4.8 Diagram Batang Kadar Aspal Optimum.....	120
Grafik 4.15 Hubungan Antara Kadar Beton dengan Stabilitas.....	147
Grafik 4.16 Hubungan Antara Kadar Beton dengan Flow.....	149
Grafik 4.17 Hubungan Antara Kadar Beton dengan VIM.....	150
Grafik 4.18 Hubungan Antara Kadar Beton dengan VMA.....	152
Grafik 4.19 Hubungan Antara Kadar Beton dengan MQ .....	153
Grafik 4.20 Hubungan Antara Kadar Beton dengan VFA.....	155