

Universitas Katolik Santo Thomas

Repositori Unika Santo Thomas

<http://eprints.ust.ac.id>

Fakultas Teknik (FT)
Program Studi Teknik Sipil

Undergraduate Papers

Purba, Rolan Bertoani

2025

Analisa Kelayakan Limbah Keramik Sebagai Pengganti Agregat Halus Untuk Campuran Aspal Beton di Tinjau dari Parameter Nilai Stabilitas *Marshall*

<http://eprints.ust.ac.id/id/eprint/696>

Downloaded from Repositori Institusi UST, Universitas Katolik Santo Thomas

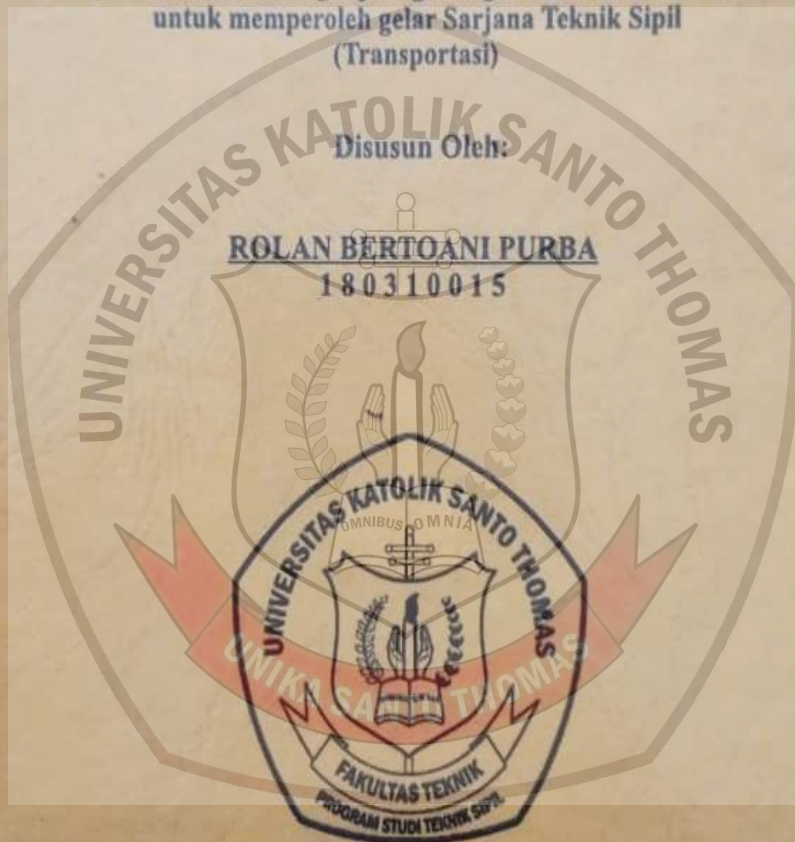
**ANALISA KELAYAKAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI
PENGANTI AGREGAT HALUS UNTUK CAMPURAN
ASPAL BETON DI TINJAU DARI PARAMETER NILAI
STABILITAS *MARSHALL***

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil
(Transportasi)**

Disusun Oleh:

**ROLAN BERTOANI PURBA
180310015**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS
MEDAN
2025**

**ANALISA KELAYAKAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI
PENGGANTI AGREGAT HALUS UNTUK CAMPURAN
ASPAL BETON DITINJAU DARI PARAMETER NILAI
STABILITAS *MARSHALL***

**Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dalam memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil
(Transportasi)**

Disusun Oleh :

ROLAN BERTOANI PURBA

180310015

Seminar Proposal : 5 Juli 2024

Seminar Isi : 11 April 2025

Sidang Meja Hijau : 13 Juni 2025

DISETUJUI OLEH:

(Ir. Olean Sitohang, M.T.)

Pembimbing

DISAHKAN OLEH:

(Ir. Charles Sitindaon, M.T.)

Koordinator Tugas Akhir

(Ir. Samsuadi Batubara, M.T.)

Ketua Program Studi

(Ir. Olean Sitohang, M.T.)

Dekan Fakultas Teknik

**ANALISA KELAYAKAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI
PENGANTI AGREGAT HALUS UNTUK CAMPURAN
ASPAL BETON DITINJAU DARI PARAMETER NILAI
STABILITAS *MARSHALL*)**

Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dalam memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil

(Transportasi)

Disusun Oleh :

ROLAN BERTOANI PURBA

180310015

Seminar Proposal : 5 Juli 2024

Seminar Isi : 11 April 2025

Sidang Meja Hijau : 13 Juni 2025

DISAHKAN OLEH:

(Ir. Oloan Sitohang, M.T.)

Penguji I

(Ir. Charles Sitindaon, M.T.)

Penguji II

(Reynaldo, S.T., M.Eng)

Penguji III



ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pengganti limbah keramik terhadap karakteristik *Marshall* campuran aspal beton AC-WC. Variasi limbah keramik yang digunakan adalah 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%, dengan waktu perendaman 3 jam, 6 jam, 9 jam dan 12 jam

Metode penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu pemilihan bahan uji, persiapan alat uji, pembuatan benda uji, pengujian benda uji dan analisis data. Penelitian ini menggunakan bahan untuk benda uji antara lain, agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus, aspal penetrasi 60/70, filler dan limbah keramik sebagai pengganti agregat halus. Pembuatan benda uji dengan alat *marshall compaction hammer*, menggunakan kadar aspal 6,5% dengan variasi jumlah penggantian kadar limbah keramik 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dengan lama perendaman 3 jam, 6 jam, 9 jam, dan 12 jam yang direndam menggunakan air hujan. Parameter yang diukur meliputi stabilitas, flow, VIM, VFB dan *Marshall quotient*.

Hasil penelitian melalui uji *marshall* yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 didapat kadar aspal optimum sebesar 6,5% dengan nilai stabilitas 2587,366 kg dan nilai *flow* sebesar 2,5 mm. Maka dengan mengganti agregat halus menggunakan limbah keramik dengan variasi perendaman menunjukkan bahwa pengganti limbah keramik mendapatkan hasil stabilitas tertinggi yaitu pada kadar 10% dengan lama perendaman 30 menit dan terendah yaitu kadar 50% dengan lama perendaman 12 jam. Dengan melakukan pengganti sebagian agregat halus menggunakan Limbah keramik campuran AC-WC mengakibatkan stabilitas, rongga terisi aspal (VFB), dan MQ menurun. Sedangkan untuk nilai VIM, *Flow*, dan VMA mengalami kenaikan. Hasil pengujian yang baik serta memenuhi seluruh parameter *Marshall* dengan variasi perendaman adalah kadar penggantian limbah keramik 10% hingga 18%, maka kadar limbah keramik yang melebihi kadar 18% tidak dapat digunakan karena tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Kata Kunci: Aspal, Karakteristik *Marshall*, Limbah Keramik.

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of ceramic waste substitutes on the Marshall characteristics of AC-WC asphalt concrete mixtures. The variations of ceramic waste used are 0%, 10%, 20%, 30%, 40% and 50%, with soaking times of 3 hours, 6 hours, 9 hours and 12 hours.

The research method was carried out in several stages, namely the selection of test materials, preparation of test equipment, making test objects, testing test objects and data analysis. This study used materials for test objects including coarse aggregate, medium aggregate and fine aggregate, 60/70 penetration asphalt, filler and ceramic waste as a substitute for fine aggregate. Making test objects with a marshall compaction hammer, using 6.5% asphalt content with variations in the amount of ceramic waste replacement content of 0%, 10%, 20%, 30%, 40% and 50% with a soaking time of 3 hours, 6 hours, 9 hours, and 12 hours soaked using rainwater. The parameters measured include stability, flow, VIM, VFB and Marshall quotient.

The results of the study through the Marshall test referring to the 2018 General Bina Marga Specifications obtained an optimum asphalt content of 6.5% with a stability value of 2587.366 kg and a flow value of 2.5 mm. So by replacing fine aggregate using ceramic waste with variations in immersion shows that the replacement of ceramic waste gets the highest stability results, namely at a content of 10% with a soaking time of 30 minutes and the lowest is a content of 50% with a soaking time of 12 hours. By replacing some of the fine aggregate using AC-WC mixed ceramic waste, stability, asphalt-filled cavities (VFB), and MQ decreased. While the VIM, Flow, and VMA values increased. Good test results and meeting all Marshall parameters with soaking variations are ceramic waste replacement levels of 10% to 18%, so ceramic waste levels exceeding 18% cannot be used because they do not meet the 2018 General Bina Marga Specifications.

Keywords: Asphalt, Marshall Characteristics, Ceramic Waste.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul " Analisa Kelayakan Limbah Keramik Sebagai Pengganti Agregat Halus Untuk Campuran Aspal Beton Ditinjau dari Parameter Nilai Stabilitas Marshall". Tugas akhir ini disusun untuk melengkapi persyaratan dalam menempuh Sarjana Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas, Medan.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Oloan Sitohang, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak bimbingan dan arahan dalam membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Samsuardi Batubara, S.T, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas, Medan
3. Bapak Ir. Charles Sitindaon, MT. Selaku Dosen Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas, Medan.
4. Bapak Reynaldo Siahaan, ST,M.Eng Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sekaligus Sebagai Dosen Pembimbing
5. Ibu Rina Firlia Sari, S.T,M.T Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
6. Seluruh Staf Pengajar dan Pegawai Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan.
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis B. Purba dan D. Turnip yang tak henti-henti untuk mendoakan saya agar segera bisa menyelesaikan tugas akhir dan perkuliahan ini.
8. Teman-teman angkatan 2018 Program Studi Teknik Sipil, yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas. Semoga Tugas Akhir ini menjadi awal bagi penulis untuk menjadi pembelajaran nantinya dan dapat bermanfaat bagi kita semua terutama dalam bidang teknik sipil.

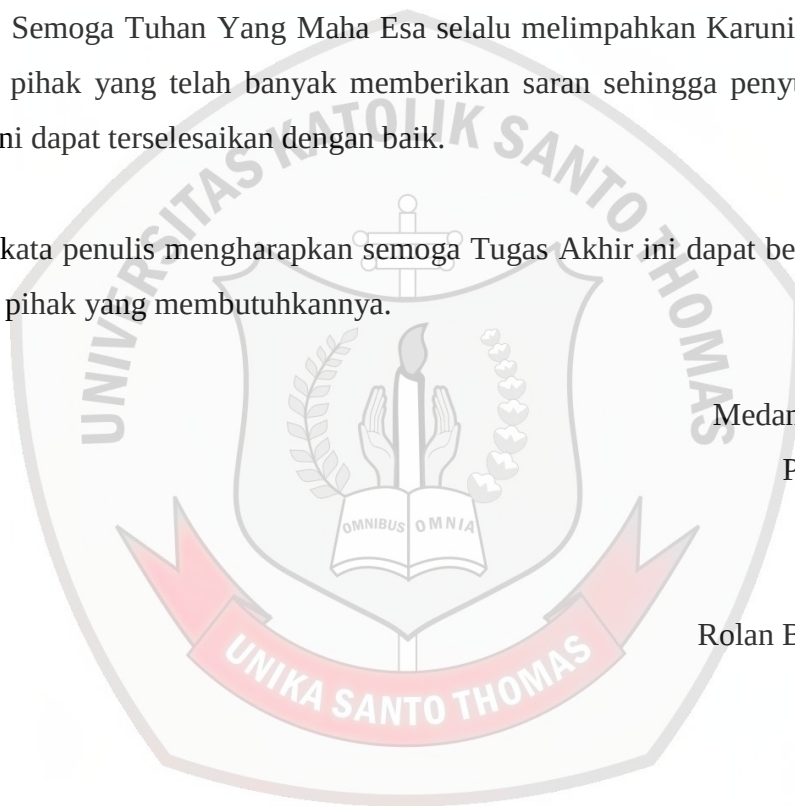
9. Saudara yang turut membantu penelitian ini Prengki Nainggolan, Wilfri Aldi Siallagan, Vungki Yanniarti Nadeak, Riwantono Marbun, Rahul Lumbanraja, dan Andrianto Sihotang.
10. Abang kakak kelas dan Adik-adik kelas serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas, Medan.
11. Kepada PT. Adhi Karya, Patumbak, yang telah menyediakan material untuk penelitian serta banyak membantu di dalam penyelesaian Tugas Akhir ini
12. Serta pihak-pihak lain yang turut serta membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini yang tidak bisa satu persatu disebutkan namanya.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa selalu melimpahkan Karunia-Nya kepada semua pihak yang telah banyak memberikan saran sehingga penyusunan Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Medan, Juni 2025
Penulis

Rolan Bertoani Purba



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Perkerasan Jalan.....	5
2.2 Lapisan Perkerasan	5
2.3 Lapisan Beraspal.....	6
2.4 Laston	7
2.5 Filler.....	9
2.6 Aspal.....	9
2.6.1 FungsiAspal.....	10
2.6.2 Jenis-jenis Aspal	11
2.6.3 Pengujian Terhadap Aspal	12
2.7 Agregat	14
2.7.1. Jenis-Jenis Agregat.....	14
2.7.2. SifatAgregat.....	15
2.7.3. Ukuran Agregat.....	16
2.7.4 Gradasi Agregat	17
2.8 Keramik	20
2.8.1 Sifat-Sifat Bahan Keramik	21
2.8.2 Persiapan Matrial Keramik.....	22
2.9 Pengujian Benda Uji.....	23
2.9.1 Berat Jenis	24

2.9.2 Berat isi.....	25
2.10 Uji Marshall.....	26
2.10.1 Kepadatan (Bulk DENSITY)	27
2.10.2 VIM (<i>Vold In Mix</i>).....	27
2.10.3 Kelelehan (Flow)	28
2.10.4 VFA (Vold Filled With Asphalt)	28
2.10.5 Stabilitas.....	28
2.10.6 Kekakuan (Marshall Quotient)	29
2.10.7 VMA (Vold In Mineral Aggregate).....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Langkah Penelitian	30
3.2 Lokasi Penelitian	31
3.3 Persiapan Alat dan Bahan	32
3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	33
3.5. Persiapan.....	33
3.5.1 Pemeriksaan Aspal Pen 60/70.....	33
3.5.2 Pemeriksaan Agregat	34
3.5.3 Perencanaan Gradasi Agregat	36
3.5.4 Pemeriksaan Material Limbah Keramika	37
3.6 Perencanaan Campuran	38
3.7. Penentuan Jumlah Benda Uji Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum dan Limbah Keramik Sebagai Pengganti Agregat Halus	38
3.8 Pembuatan Sampel Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	39
3.9 Pengujian Sampel.....	41
3.10 Peralatan Pengujian.....	41
3.11 Prosedur pengujian Sampel.....	42
3.12. Pembahasan dan Analisis Hasil	43
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Pengujian Material	44
4.1.1 Pengujian Agregat	44
4.1.2 Pengujian Aspal.....	48
4.1.3. Perhitungan Berat Masing-masing Aspal dan Agregat.....	48

4.2. Menghitung Parameter Pengujian	49
4.2.3. Penentuan Kadar Aspal Optimum	58
4.3 Bagan Pengujian <i>Marshall</i> Pengganti Agregat Halus Limbah Keramik pada Campuran AC-WC Variasi Lama Perendaman.....	60
4.3.1 Pembuatan Benda Uji <i>Marshall</i> Dengan Pengganti Limbah Keramik ...	61
4.3.2 Hasil Parameter Pengujian <i>Marshall</i> dengan Perendaman 30 menit.	62
4.3.2.1 Hubungan Karakteristik <i>Marshall</i> Perendaman 30 menit.....	65
4.3.3 Hasil Parameter Pengujian <i>Marshall</i> dengan Perendaman 3 jam.	71
4.3.3.1 Hubungan Karakteristik <i>Marshall</i> Perendaman 3 jam.....	74
4.3.4 Hasil Parameter Pengujian <i>Marshall</i> dengan Perendaman 6 jam.	77
4.3.4.1 Hubungan Karakteristik <i>Marshall</i> Perendaman 6 jam.....	80
4.3.5 Hasil Parameter Pengujian <i>Marshall</i> dengan Perendaman 9 jam.	83
4.3.5.1 Hubungan Karakteristik <i>Marshall</i> Perendaman 9 jam.....	86
4.3.6 Hasil Parameter Pengujian <i>Marshall</i> dengan Perendaman 12 jam.	89
4.3.6.1 Hubungan Karakteristik <i>Marshall</i> Perendaman 12 jam.....	92
4.4 Hasil Gabungan Parameter Pengujian <i>Marshall</i> dengan Pengganti Agregat Halus Dengan Limbah Keramik 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% Menggunakan Kadar Aspal Optimum Dengan Variasi Lama Perendaman.	95
4.5 Parameter Pengujian <i>Marshall</i> dengan Variasi Kadar Campuran	99
4.5.1 Hasil Parameter Pengujian <i>Marshall</i> Dengan Limbah Keramik 0%.....	99
4.5.1.1 Hubungan Karakteristik <i>Marshall</i> Dengan Limbah Keramik 0%	102
4.5.2 Hasil Parameter Pengujian <i>Marshall</i> Dengan Limbah Keramik 10%...105	
4.5.2.1 Hubungan Karakteristik <i>Marshall</i> Dengan Limbah Keramik 10%	108
4.5.3 Hasil Parameter Pengujian <i>Marshall</i> Dengan Limbah Keramik 20%...111	
4.5.3.1 Hubungan Karakteristik <i>Marshall</i> Dengan Limbah Keramik 20%.	114
4.5.4 Hasil Parameter Pengujian <i>Marshall</i> Dengan Limbah Keramik 30%...117	
4.5.4.1 Hubungan Karakteristik <i>Marshall</i> Dengan Limbah Keramik 30%.	120
4.5.5 Hasil Parameter Pengujian <i>Marshall</i> Dengan Limbah Keramik 40%...123	

4.5.5.1 Hubungan Karakteristik <i>Marshall</i> Dengan Limbah Keramik 40%.	126
4.5.6 Hasil Parameter Pengujian <i>Marshall</i> Dengan Limbah Keramik 50%...	129
4.5.6.1 Hubungan Karakteristik <i>Marshall</i> Dengan Limbah Keramik 50%.	132
4.6 Pembahasan.....	135
BAB V_KESIMPULAN DAN SARAN	138
5.1 kesimpulan.....	138
5.2 Saran	138
DAFTAR PUSTAKA	140
LAMPIRAN.....	141



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Ketentuan Sifat Aspal Beton (AC - WC) .	7
Tabel 2.2.	Spesifikasi Lapisan Aspal Beton.	8
Tabel 2.3	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston.....	9
Tabel 2.4	Persyaratan AC 60/70, Spesifikasi Bina Marga.....	15
Tabel 2.5	Nomor Saringan Dengan <i>Spec Limit</i>	16
Tabel 2.6.	Spesifikasi pemeriksaan agregat.....	19
Tabel 2.7	Persyaratan gradasi agregat berbagai tipe laston menurut departemen pekerjaan umum.....	19
Tabel 3.1	Standar Pengujian Aspal.....	34
Tabel 3. 2	Persyaratan Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal.....	37
Tabel 3.3.	Desain Campuran Agregat.....	37
Tabel 3.4	Jumlah Sampel Untuk Menentukan Campuran Aspal Optimum.....	39
Tabel 3.5	Jumlah Sampel Untuk variasi limbah keramik dengan variasi Perendaman.....	39
Tabel 4.1.	Kombinasi Agregat Campuran Desain perendaman.....	44
Tabel 4.2.	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat.....	46
Tabel 4.3.	Persentase Keausan Agregat.	47
Tabel 4.4.	Persentase Keausan Limbah Keramik.	47
Tabel 4.5	Persentase Kadar lumpur agregat halus.....	48
Tabel 4.6.	Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal Keras Penetrasi 60/70 Pertamina.....	48
Tabel 4.7.	Berat Aspal dan Agregat masing-masing.....	49
Tabel 4.8.	Analisis Data Pengujian Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum.....	51
Tabel 4.9.	Perbandingan Hasil <i>Marshall Test</i> dengan Spesifikasi Bina Marga.....	53
Tabel 4.10	Perhitungan berat agregat dengan limbah keramik pada agregat halus.....	61
Tabel 4.11.	Perbandingan Hasil <i>Marshall Test</i> Perendaman 30 menit dengan Spesifikasi Bina Marga.....	62

Tabel 4.12	Analisa Data Hasil Uji <i>Marshall</i> variasi kadar keramik lama perendaman 30 menit.....	63
Tabel 4.13.	Perbandingan Hasil <i>Marshall Test</i> dengan Spesifikasi Bina Marga..	71
Tabel 4.14	Analisa Data Hasil Uji <i>Marshall</i> variasi kadar keramik lama perendaman 3 jam.....	72
Tabel 4.15.	Perbandingan Hasil <i>Marshall Test</i> perendaman 6 jam dengan Spesifikasi Bina Marga.	77
Tabel 4.16	Analisa Data Hasil Uji <i>Marshall</i> variasi kadar keramik lama Perendaman 6 jam..	78
Tabel 4.17.	Perbandingan Hasil <i>Marshall Test</i> Perendaman 9 jam dengan Spesifikasi Bina Marga.....	83
Tabel 4.18	Analisa Data Hasil Uji <i>Marshall</i> variasi kadar keramik lama Perendaman 9 jam.....	84
Tabel 4.19.	Perbandingan Hasil <i>Marshall Test</i> Perendaman 12 dengan Spesifikasi Bina Marga.	89
Tabel 4.20	Analisa Data Hasil Uji <i>Marshall</i> variasi kadar keramik lama perendaman 12 jam.	90
Table 4.21	Analisa Data hasil uji <i>marshall Test</i> dengan varisi perendaman.....	95
Tabel 4.22.	Perbandingan Hasil <i>Marshall Test</i> Limbah Keramik 0% dengan Spesifikasi Bina Marga.	99
Tabel 4.23.	Analisa Data Hasil Uji <i>Marshall</i> variasi kadar dengan kadar 0%....	99
Tabel 4.24.	Perbandingan Hasil <i>Marshall Test</i> Limbah Keramik 10% dengan Spesifikasi Bina Marga.	105
Tabel 4.25	Analisa Data Hasil Uji <i>Marshall</i> variasi kadar dengan kadar 10%.....	106
Tabel 4.26.	Perbandingan Hasil <i>Marshall Test</i> Limbah Keramik 20% dengan Spesifikasi Bina Marga.....	111
Tabel 4.27	Analisa Data Hasil Uji <i>Marshall</i> variasi kadar dengan kadar 20%.....	112
Tabel 4.28.	Perbandingan Hasil <i>Marshall Test</i> Limbah Keramik 30% dengan Spesifikasi Bina Marga.....	117

Tabel 4.29	Analisa Data Hasil Uji <i>Marshall</i> variasi kadar dengan kadar 30%.....	118
Tabel 4.30	Perbandingan Hasil <i>Marshall Test</i> Limbah Keramik 40% dengan Spesifikasi Bina Marga.....	123
Tabel 4.31	Analisa Data Hasil Uji <i>Marshall</i> variasi kadar dengan kadar 40%.....	124
Tabel 4.32	Perbandingan Hasil <i>Marshall Test</i> Limbah Keramik 50% dengan Spesifikasi Bina Marga.....	129
Tabel 4.33	Analisa Data Hasil Uji <i>Marshall</i> variasi kadar keramik 50% dengan metode perendaman.....	13



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi Gradasi Agregat.....	17
Gambar 2.2	Limbah keramik.....	23
Gambar 3.1	Bagan Aliran Penelitian.....	30
Gambar 4.1	Tahapan Pengujian marshall pengganti agrehat halus limbah keramik.....	59



DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1	Contoh tipikal macam macam gradasi agregat.....	18
Grafik 4.1	Grafik Komposisi Campuran.....	45
Grafik 4.2	Hubungan Stabilitas (kg) Vs Kadar Aspal(%).....	53
Grafik 4.3.	Hubungan <i>Flow</i> (mm) Vs Kadar Aspal (%).....	54
Grafik 4.4.	Hubungan <i>Void In Mix</i> (%) Vs Kadar Aspal (%).....	55
Grafik 4.5.	Hubungan VMA (%) Vs Kadar Aspal (%).....	56
Grafik 4.6.	Hubungan antara VFB/ VFA (%) Vs Kadar Aspal (%).....	56
Grafik 4.7	Hubungan <i>Density</i> (Kepadatan) dengan Kadar Aspal.....	57
Grafik 4.8.	Hubungan antara <i>Quotient</i> (mm) Vs Kadar Aspal (%).....	58
Grafik 4.9.	Diagram Batang Hubungan Parameter Pengujian Vs Kadar Aspal.....	59
Grafik 4.10.	Hubungan Stabilitas (kg) Vs Kadar keramik(%).....	65
Grafik 4.11.	Hubungan <i>Flow</i> (mm) Vs Kadar keramik (%).....	66
Grafik 4.12.	Hubungan <i>Void In Mix</i> (%) Vs Kadar Keramik (%).....	67
Grafik 4.13.	Hubungan VMA (%) Vs Kadar Keramik (%).....	68
Grafik 4.14	Hubungan antara VFB/ VFA (%) Vs Kadar keramik (%).....	69
Grafik 4.15.	Hubungan antara <i>Quotient</i> (mm) Vs Kadar keramik (%).....	70
Grafik 4.16.	Hubungan Stabilitas (kg) Vs Kadar keramik(%) Perendaman 3 jam.....	74
Grafik 4.17.	Hubungan <i>Flow</i> (mm) Vs Kadar keramik (%) Perendaman 3 jam...75	
Grafik 4.18.	Hubungan antara <i>Quotient</i> (mm) Vs Kadar keramik (%) Perendaman 3 jam.....	76
Grafik 4.19.	Hubungan Stabilitas (kg) Vs Kadar keramik(%) Perendaman 6 jam.....	80
Grafik 4.20.	Hubungan <i>Flow</i> (mm) Vs Kadar keramik (%) Perendamn 6 jam.....	81
Grafik 4.21.	Hubungan antara <i>Quotient</i> (mm) Vs Kadar keramik (%) Perendamn 6 jam.....	82
Grafik 4.22.	Hubungan Stabilitas (kg) Vs Kadar keramik(%) Perendaman 9 jam.....	86
Grafik 4.23.	Hubungan <i>Flow</i> (mm) Vs Kadar keramik (%) Perendaman 9 jam...87	
Grafik 4.24.	Hubungan antara <i>Quotient</i> (mm) Vs Kadar keramik (%) Perendaman	

9 jam.....	88
Grafik 4.25. Hubungan Stabilitas (kg) Vs Kadar keramik(%) Perendaman 12 jam jam.....	92
Grafik 4.2. Hubungan <i>Flow</i> (mm) Vs Kadar keramik (%) Perendaman 12 jam.....	93
Grafik 4.27. Hubungan antara <i>Quotient</i> (mm) Vs Kadar keramik (%) Perendaman 12 jam.....	94
Grafik 4.28 Gabungan Waktu Perendaman Vs Stabilitas (AH).....	96
Grafik 4.29. Grafik Gabungan Waktu Perendaman Vs <i>Flow</i>	97
Grafik 4.30. Grafik Gabungan Waktu Perendaman Vs MQ.....	98
Grafik 4.31. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai Stabilitas dengan pengganti limbah keramik 0% Pada Campuran AC-WC.....	102
Grafik 4.32. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai <i>Flow</i> dengan Pengganti Limbah Keramik 0% Pada Campuran AC- WC.....	103
Grafik 4.33. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai MQ dengan Pengganti Limbah Keramik 0% Pada Campuran AC-WC.....	104
Grafik 4.34. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai Stabilitas dengan pengganti limbah keramik 10% Pada Campuran AC-WC.....	108
Grafik 4.35 Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai <i>Flow</i> dengan Pengganti Limbah Keramik 10% Pada Campuran AC-WC.....	109
Grafik 4.36. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai MQ dengan Pengganti Limbah Keramik 10% Pada Campuran AC-WC.....	110
Grafik 4.37. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai Stabilitas dengan Pengganti Limbah Keramik 20% Pada Campuran AC-WC.....	114
Grafik 4.38. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai <i>Flow</i> dengan Pengganti Limbah Keramik 20% Pada Campuran AC-WC.....	115
Grafik 4.39. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai MQ dengan Pengganti Limbah Keramik 20% Pada Campuran AC-WC.....	116
Grafik 4.40. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai Stabilitas dengan pengganti limbah keramik 30% Pada Campuran AC-WC.....	120

Grafik 4.41. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai <i>Flow</i> dengan Pengganti Limbah Keramik 30% Pada Campuran AC-WC.....	121
Grafik 4.42. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai MQ dengan Pengganti Limbah Keramik 30% Pada Campuran AC- W..	122
Grafikn4.43. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai Stabilitas dengan pengganti limbah keramik 40% Pada Campuran AC-WC.....	126
Grafik 4.44. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai <i>Flow</i> dengan Pengganti Limbah Keramik 40% Pada Campuran AC-WC.....	127
Grafik 4.45. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai MQ dengan Pengganti Limbah Keramik 40% Pada Campuran AC-WC.....	128
Grafik 4.46. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai Stabilitas dengan pengganti limbah keramik 50% Pada Campuran AC-WC.....	132
Grafik 4.47. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai <i>Flow</i> dengan Pengganti Limbah Keramik 50% Pada Campuran AC-WC.....	133
Grafik 4.48. Hubungan Variasi Perendaman terhadap Nilai MQ dengan Pengganti Limbah Keramik 50% Pada Campuran AC-WC.....	134

DAFTAR NOTASI

A	= Berat benda uji kering oven (gram)
B	= Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)
C	= Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram)
PB	= Perkiraan kadar aspal optimum
CA	= Agregat kasar
MA	= Agregat Sedang
FA	= Agregat halus
FF	= <i>Filer</i>
Gmb	= Berat jenis campuran setelah kompresi, (gr/cc)
Vbulk	= Volume campuran setelah kompresi, (cc)
Wa	= Berat udara, (gr)
Wm	= Berat sampel setelah kompresi (gr)
Wmssd	= Berat benda uji SSD setelah kompresi (gr)
Wmpw	= Berat benda uji dalam air setelah kompresi (gr)
S	= Nilai stabilitas, (kg)
P	= Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat
q	= Angka korelasi tebal benda uji (sampel)
MQ	= Nilai marshall quotient, (kg/mm)
S	= Nilai stabilitas, (kg)
r	= Nilai flow, (mm)
i	= Berat jenis benda uji (gram)
j	= Berat jenis Campuran Maksimal (gram)
K	= Persentase volume aspal
N	= Persentase rongga agregat/VMA

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (1990). *Agregat halus, metode pengujian berat jenis dan penyerapan air (SNI 03-1970-1990)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). *Metode uji stabilitas dan pelelehan campuran beraspal panas dengan menggunakan alat Marshall (SNI 2489:1991)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). *Metode uji stabilitas dan pelelehan campuran beraspal panas dengan menggunakan alat Marshall (SNI 2489:1991)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). *Metode uji stabilitas dan pelelehan campuran beraspal panas dengan menggunakan alat Marshall (SNI 2489:1991)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Bahan aspal, metode pengujian penetrasi (SNI 2456:2011)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bina Marga Devisi 6 (Revisi 3), 2007, *Perkerasan Aspal*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Bina Marga Devisi 6 (Revisi 3), 2018, *Perkerasan Aspal*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum 2010*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.
- Dina, A. (2021). *Analisa kelayakan limbah keramik sebagai pengganti agregat halus untuk campuran aspal beton ditinjau dari parameter Marshall* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Mataram).
- Purba, R. B., Sihotang, A., Nainggolan, P., Manullang, L., & Sianturi, A. (2022). *Perancangan perkerasan jalan raya*. Laporan Praktikum, Universitas Katolik Santo Thomas Medan
- Saodang, H. (2005). *Konstruksi jalan raya*. Bandung: Nova.s
- Sukirman, S. (2003). *Beton aspal campuran panas*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2010). *Perencanaan tebal struktur perkerasan lentur*. Bandung: Nova
- Tenriajeng, A. T. (2012). *Seri diktat kuliah rekayasa jalan 2*. Jakarta: Gunadarma.
- Yusuf, 1998:2. Pengertian tentang keramik. Dikutip dari <https://id.wikipedia.org/wiki/Keramik>