

**LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR**

**PEMANFAATAN LIMBAH ABU CANGKANG KELAPA SAWIT PADA
PEMBUATAN *PAVING BLOCK GEOPOLYMER* BERBASIS *FLY ASH*
BATUBARA**

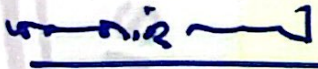
Disusun Oleh:

MOHAMMAD ILHAM BOBBY NASUTION

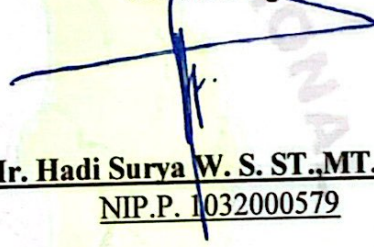
1821149

*Telah disetujui oleh Dosen pembimbing untuk diujikan Pada Tanggal 19 Agustus
2024*


Pembimbing I


Ir. H. Sudirman Indra. M.Sc
NIP.Y.1018300054

Pembimbing II


Ir. Hadi Surya W. S. ST.,MT.,IPP.
NIP.P. 1032000579

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1 ITN Malang


Dr. Yosimson F. Manaha, S.T., M.T
NIP.P.1030300383

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN LIMBAH ABU CANGKANG KELAPA SAWIT PADA
PEMBUATAN *PAVING BLOCK GEOPOLYMER* BERBASIS *FLY ASH*
BATUBARA**

*Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan Di Depan Dosen Pembahas Tugas Akhir
Jenjang Strata (S-1) Pada Tanggal 19 Agustus 2024 dan Diterima Untuk
Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S-1) Teknik Sipil.*

Disusun Oleh:

MOHAMMAD ILHAM BOBBY NASUTION

1821149

Dosen Pembahas,

Pembahas I

Pembahas II

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

Vega Aditama, ST., MT.
NIP.P.1031900559

Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi

Sekretaris Program Studi

Teknik Sipil S-1 ITN Malang

Teknik Sipil S-1 ITN Malang

Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT
NIP.P.1030300383

Nenny Roostrianawaty, ST., MT
NIP.P.1031700533

LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Mohammad Ilham Bobby Nasution
NIM : 1821149
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul :

PEMANFAATAN LIMBAH ABU CANGKANG KELAPA SAWIT PADA PEMBUATAN PAVING BLOCK GEOPOLYMER BERBASIS FLY ASH BATUBARA

Adalah sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dalam naskah TUGAS AKHIR ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah TUGAS AKHIR ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia TUGAS AKHIR ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (SARJANA) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70)

Malang, 23 Agustus 2024
Yang membuat pernyataan



M. Ilham Bobby Nasution
NIM 1821149

ABSTRAK

“PEMANFAATAN LIMBAH ABU CANGKANG KELAPA SAWIT PADA PEMBUATAN PAVING BLOCK GEOPOLYMER BERBASIS FLY ASH BATUBARA”

Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, oleh : MOHAMMAD ILHAM BOBBY NASUTION (1821149) Dosen Pembimbing I : Ir. Sudirman Indra, M. Sc. Dosen Pembimbing II : Hadi Surya Wibawanto, ST., MT.

Paving block geopolimer adalah suatu komposisi bahan bangunan ramah lingkungan yang dikembangkan sebagai pengganti *paving block* berbahan semen. Geopolimer adalah campuran beton yang dimana penggunaan material semen *Portland* sebagai bahan pengikat digantikan oleh bahan lain seperti abu terbang (*fly ash*), abu cangkang kelapa sawit, dan bahan-bahan lain yang mengandung silika (SiO_2) dan aluminium (AlO_4).

Penggunaan *fly ash* batubara dan abu cangkang kelapa sawit dalam *paving block* memiliki beberapa kelebihan yaitu kekuatan tekan yang lebih tinggi baik dalam perawatan menggunakan oven maupun suhu ruang, ketahanan terhadap retak, dan sumber daya yang dapat diperbaharui. Tetapi *paving block* geopolimer dengan tambahan abu cangkang kelapa sawit *fly ash* batubara mempunyai kelemahan yaitu keterbatasan dalam kekuatan tertentu, variabilitas sifat material yang bergantung pada jenis dan pengolahan, dan ketidakpastian terhadap standar dan spesifikasi.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit dan *fly ash* batubara terhadap nilai kuat tekan dan penyerapan air. Pengujian *paving block* geopolimer yang dilakukan mengacu pada standart mutu *paving block*. Benda uji *paving block* geopolimer berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm. Pada penelitian ini digunakan abu cangkang kelapa sawit dan *fly ash* batubara sebagai pengganti semen, dengan kadar 0%, 5%, 10%, 20%, 30%. Dari hasil pengujian rata-rata kuat tekan pada umur 7 hari yang dihasilkan berturut-turut adalah 13,33 MPa, 14,06 MPa, 13,45 MPa, 13,19 MPa, 10,46 MPa. Sedangkan untuk umur 28 hari kuat tekan rata-ratanya adalah 22,13 MPa, 20,20 MPa, 19,07 MPa, 16,45 MPa, 12,82 MPa. Untuk hasil penyerapan air pada masing-masing variasi adalah 7,595%, 7,708%, 8,282%, 8,434%, dan 8,794%.

Kata kunci : *paving block* geopolimer, kuat tekan, penyerapan air, *fly ash* batubara, abu cangkang kelapa sawit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan berkah dan rahmat-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak akan dapat selesai dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, atas terselesaikannya Tugas Akhir ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Dr. Yosimson Petrus Manaha, ST., MT selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Nenny Roostrianawaty, ST., MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Ir. Sudirman Indra, M. Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan membimbing dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Hadi Surya Wibawanto, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu dan membimbing dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan guna perbaikan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu kedepannya.

Malang, 23 Agustus 2024

M. Ilham Bobby Nasution

1821149

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Tujuan Studi.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Batasan Masalah	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Studi Terdahulu.....	5
2.2 Landasan Teori.....	10
2.3 Standart Mutu Paving Block.....	12
2.4 Material Penyusun.....	13

2.5 Pengujian Karakteristik Fly Ash dan Abu Cangkang Sawit dengan X-Ray Fluorescence (XRF)	23
2.6 Faktor yang Mempengaruhi Campuran <i>Paving Block</i> Geopolimer	23
2.6.1 Prekursor	23
2.7 Pembuatan Geopolimer	26
2.8 <i>Curing</i>	26
2.9 Metode Pembuatan <i>Paving Block</i>	27
2.10 Pengujian <i>Paving block</i>	31
BAB III.....	33
METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.2 Metode Penelitian.....	33
3.3 Pengumpulan Data	34
3.4 Alat dan Bahan.....	37
3.4.1 Alat Penelitian.....	37
3.4.2 Bahan Penelitian.....	37
3.5 Pelaksanaan dan Penelitian	40
3.5.1 Pemeriksaan	41
3.5.2 Analisa Campuran	46
3.5.3 Komposisi Variasi Sampel.....	50
3.6 Pembuatan Benda Uji.....	50
3.7 Perawatan	51
3.8 Pengujian benda uji	51
3.8.1 Pengujian Kuat Tekan	51
3.8.2 Pengujian Penyerapan Air	52

3.9 Diagram Alir Penelitian	52
BAB IV	54
HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Hasil dan Pembahasan Pengujian Material Campuran <i>Paving Block</i>	54
4.1.1 Hasil Pengujian Agregat Halus	54
4.1.2 Pengujian <i>Fly Ash</i>	59
4.1.3 Pengujian Abu Cangkang Kelapa Sawit	61
4.2 Perhitungan Komposisi Campuran <i>Paving Block</i> Geopolimer	62
4.3 Hasil Pengujian <i>Paving Block</i> Geopolimer	66
4.3.1 Pengujian Kuat Tekan.....	66
4.3.2 Pengujian Penyerapan Air	72
4.4 Pengolahan Data.....	76
4.4.1 Pengujian Interval Kepercayaan	76
4.4.2 Analisa Regresi	84
4.4.3 Pengujian Hipotesis.....	94
4.4.4 Pembahasan	96
BAB V.....	102
KESIMPULAN DAN SARAN	102
5.1 Kesimpulan.....	102
5.2 Saran.....	102
DAFTAR PUSTAKA.....	104
LAMPIRAN.....	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pencetakan Metode Konvensional	28
Gambar 2. 2 Mesin Paving Block Vibrasi	29
Gambar 2. 3 Mesin Hydraulic Pressure	30
Gambar 2. 4 Sketsa Pengujian Kuat Tekan.....	31
Gambar 3. 1 Pasir Lumajang.....	38
Gambar 3. 2 Air PDAM.....	38
Gambar 3. 3 Abu Cangkang Kelapa Sawit	39
Gambar 3. 4 <i>Fly Ash</i> Batubara	39
Gambar 3. 5 Larutan Natrium Hidroksida (NaOH)	40
Gambar 3. 6 Abu Cangkang Kelapa Sawit	40
Gambar 3. 7 Diagram Alir / Flowchart Penelitian	53
Gambar 4. 1 Batas Gradasi Agregat Halus Zona 2	59
Gambar 4. 2 Grafik Kuat Tekan Semua Variasi	71
Gambar 4. 3 Pengujian Penyerapan Air.....	72
Gambar 4. 4 Grafik Penyerapan Air Semua Variasi.....	74
Gambar 4. 5 Analisis Regresi Menunjukkan Korelasi Kuat Tekan Paving Block Geopolimer Umur 7 Hari Dengan Penambahan Fly Ash Batubara dan Abu Cangkang Kelapa Sawit	87
Gambar 4. 6 Analisis Regresi Menunjukkan Korelasi Kuat Tekan Paving Block Geopolimer Umur 28 Hari Dengan Penambahan Fly Ash Batubara dan Abu Cangkang Kelapa Sawit.....	90
Gambar 4. 7 Analisis Regresi Menunjukkan Korelasi Penyerapan Air Paving Block Geopolimer Umur 28 Hari Dengan Penambahan Fly Ash Batubara dan Abu Cangkang Kelapa Sawit	93
Gambar 4. 8 Hubungan antara kuat tekan paving block geopolimer dengan variasi fly ash batubara dan abu cangkang kelapa sawit pada umur 7 hari	97
Gambar 4. 9 Hasil Pengujian Benda Uji Kuat Tekan Umur 7 Hari.....	98

Gambar 4. 10 Grafik Hubungan antara kuat tekan paving block geopolimer dengan variasi fly ash batubara dan abu cangkang kelapa sawit pada umur 28 hari.....	99
Gambar 4. 11 Hasil Pengujian Benda Uji Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	100
Gambar 4. 12 Hubungan antara penyerapan air paving block geopolimer dengan variasi fly ash batubara dan abu cangkang kelapa sawit pada umur 28 hari.....	100
Gambar 4. 13 Hasil Pengujian Benda Uji Penyerapan Air Umur 28 Hari.....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	8
Tabel 2. 2 Kekuatan fisik paving block	12
Tabel 2. 3 Sifat Fisik Fly Ash	14
Tabel 2. 4 Sifat Kandungan Kimia Fly Ash.....	15
Tabel 2. 5 Gradasi pasir berdasarkan kategori zona kekerasan pasir.....	18
Tabel 2. 6 Batas – Batas Gradasi Untuk Agregat Halus	19
Tabel 2. 7 Unsur Kimia Abu Cangkang Sawit.....	20
Tabel 2. 8 Hasil Kuat Tekan Dengan Perbedaan Metode Pembuatan	22
Tabel 2. 9 Komposisi Campuran Dengan Rasio Alkali Aktivator/Fly Ash.....	25
Tabel 2. 10 Hasil Kuat Tekan dengan Variasi Rasio Agregat dan Prekursor	26
Tabel 2. 11 Perbedaan Konvensional dan Mekanis	30
Tabel 3. 1 Syarat batas gradasi agregat halus menurut ASTM C33	43
Tabel 3. 2 Nilai K untuk $0,4 \leq G \leq 0,6$	48
Tabel 3. 3 Komposisi Campuran.....	50
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	54
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus.....	55
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus Kondisi Gembur.....	56
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus Kondisi Padat.....	56
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus	57
Tabel 4. 6 Analisa Saringan Agregat Halus	58
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Berat Jenis <i>Fly Ash</i> Batubara.....	60
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Kadar Air <i>Fly Ash</i> Batubara	60
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Berat Isi <i>Fly Ash</i> Batubara.....	61
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Cangkang Kelapa Sawit.....	61
Tabel 4. 11 Kebutuhan Campuran <i>Paving Block</i> Geopolimer	65
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Geopolimer Normal	67
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Geopolimer Variasi 5%. 67	
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Geopolimer Variasi 10%68	

Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Geopolimer Variasi 20%68	
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Geopolimer Variasi 30%69	
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Geopolimer Umur 7 dan 28 Hari Semua Variasi	70
Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Penyerapan Air Setiap Variasi	73
Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Rata-rata Uji Penyerapan Air dan Penggolongan Mutu <i>Paving Block</i> Geopolimer.....	75
Tabel 4. 20 Nilai Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Geopolimer Umur 7 Hari Variasi Normal.....	76
Tabel 4. 21 Interval Kepercayaan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Geopolimer.....	77
Tabel 4. 22 Data Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Geopolimer Setelah Uji Interval Kepercayaan	78
Tabel 4. 23 Nilai Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Geopolimer Umur 28 Hari Variasi Normal.....	79
Tabel 4. 24 Interval Kepercayaan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Geopolimer.....	80
Tabel 4. 25 Data Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Setelah Uji Interval Kepercayaan.....	81
Tabel 4. 26 Nilai Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Geopolimer Variasi Normal.....	82
Tabel 4. 27 Interval Kepercayaan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Geopolimer.....	83
Tabel 4. 28 Data Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> Geopolimer Setelah Uji Interval Kepercayaan	83
Tabel 4. 29 Kuat Tekan Rata- Rata <i>Paving Block</i> Geopolimer Umur 7 Hari.....	85
Tabel 4. 30 Data Rata –rata kuat tekan paving block geopolimer umur 7 hari.....	85
Tabel 4. 31 Kuat Tekan Rata- Rata <i>Paving Block</i> Geopolimer Umur 28 Hari.....	88
Tabel 4. 32 Data Rata – rata kuat tekan paving block Geopolimer berumur 28 hari	88
Tabel 4. 33 Rata – rata penyerapan air 28 hari	90
Tabel 4. 34 Data rata - rata penyerapan air paving block geopolimer	91
Tabel 4. 35 Pedoman untuk penjelasan koefisien korelasi	94

DAFTAR NOTASI

ACS	: Abu Cangkang Kelapa Sawit
Al	: Aluminium
Al ₂ O ₃	: Aluminium Oksida
AV	: Abu Vulkanik
AlO ₄	: Alumunium Tetraoksida
ASTM	: <i>American Society for Testing and Material</i>
B	: berat kering paving block
BaSO ₄	: Barium Sulfat
B _j	: Berat Jenis
C	: Carbon
Ca	: Kalsium
CO ₂	: Carbon Dioksida
CaO	: Calcium Oksida
CSH	: <i>Calcium Silica Hydrate</i>
DSA	: Penyerapan Air
EDS	: <i>Energy Dispersive X-Ray</i>
FA	: <i>Fly Ash</i>
Fe	: Besi
f _c	: kuat tekan pada masing – masing benda uji (Mpa)

f_c'	: kuat tekan rencana
Fe_2O_3	: <i>Ferum (II) Trioksida</i>
Fe_3O_4	: <i>Ferum (III) Tetraoksida</i>
Gs	: Berat jenis
H_2O	: Air
K	: Kalium
K_2O	: Kalium Oksida
Kg	: Kilo Gram
L	: Luas Bidang Tekan (cm^2)
Mg	: Magnesium
MgO	: Magnesium Oksida
Mpa	: Megapascal
Na	: Natrium
Na_2O	: Natrium Klorida
NaOH	: Natrium Hidroksida
Na_2SiO_3	: Natrium Silikat
O	: Oksigen
OPC	: <i>Ordinary Portland Cement</i>
P	: Fosfor
PLTU	: Pembangkit Listrik Tenaga Uap
POFA	: <i>Palm Oil Fuel Ash</i>

Ps	: Pasir
SEM	: <i>Scanning Electron Microscope</i>
Si	: Silikon
SiO ₂	: Silica dioksida
SiO ₄	: Silica Tetraoksida
SNI	: Standar Nasional Indonesia
SSD	: <i>Saturated Surface Dry</i>
XRD	: <i>X-Ray Diffraction</i>
XRF	: <i>X-Ray Fluorescence</i>