

## **TUGAS AKHIR**

# **“STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU DAN SERBUK LIMBAH KERAMIK PADA BETON GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH BATUBARA”**

*Disusun dan Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana  
(S-1) Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional*



**Lucky Alvaro Adam Setiawan**

**NIM: 19.21.019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - S1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2024**

**LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS**

**AKHIR**

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU DAN SERBUK  
LIMBAH KERAMIK PADA BETON GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH  
BATUBARA**

**Disusun Oleh:**

**Lucky Alvaro Adam Setiawan**

**NIM 1921019**

**Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan**

**Pada Tanggal Februari 2024**

**Menyetujui**

**Dosen Pembimbing**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. Ester Priskasari, MT.**

**NIP. Y. 1039400265**

**Mohammad Erfan, ST., MT.**

**NIP. P. 1031500508**

**Mengetahui,**

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

**Dr. Yosimron P. Manaha, ST., MT.**  
**NIP. P. 1030300383**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU DAN SERBUK  
LIMBAH KERAMIK PADA BETON GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH  
BATUBARA**

*Tugas Akhir ini telah dipertahankan di depan Dosen Pembahas Ujian Tugas  
Akhir Jenjang S-1 pada tanggal Februari 2024 dan Diterima untuk  
memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1.*

**Disusun Oleh:**

**Lucky Alvaro Adam Setiawan**

**NIM : 1921019**

**Dosen Pembahas,**

**Dosen Pembahas I**

**Dosen Pembahas II**



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



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

**Disahkan Oleh:**

**Ketua Program Studi**

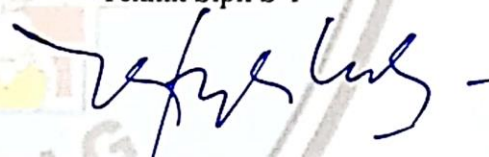
**Sekretaris Program Studi**

**Teknik Sipil S-1**

**Teknik Sipil S-1**



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



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

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - S1**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2024**

## LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lucky Alvaro Adam Setiawan

Nim : 1921019

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul:

**“STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU DAN SERBUK LIMBAH KERAMIK PADA BETON GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH BATUBARA”**

Adalah benar-benar bahwa sepanjang pengetahuan saya dalam naskah TUGAS AKHIR ini 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 10)

Malang, 21 Februari 2024



membuat pernyataan

Lucky Alvaro Adam Setiawan  
NIM : 1921019

## ABSTRAK

**“STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU DAN SERBUK LIMBAH KERAMIK PADA BETON GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH BATUBARA”** Oleh : Lucky Alvaro Adam S. (Nim : 1921019). Pembimbing I : Ir. Ester Prikasari, MT. Pembimbing II : Mohammad Erfan, ST., MT. Program Studi Teknik Sipil S1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang

---

Beton secara umum tersusun dari agregat, air dan semen serta dapat pula diberikan admixture jika dibutuhkan. Semen selama ini digunakan sebagai material utama beton yang berfungsi untuk mengikat agregat, namun disisi lain produksi semen juga menghasilkan gas CO<sub>2</sub> yang mengakibatkan pemanasan global. Upaya untuk mengurangi resiko pemanasan global secara efektif adalah dengan mengurangi penggunaan semen untuk pembuatan beton pada proyek konstruksi dan infrastruktur. Untuk upaya tersebut, penggunaan beton geopolimer menjadi pilihan sebagai alternatif penggunaan semen yang efisien.

Geopolimer adalah bahan yang aman bagi lingkungan yang terdiri dari bahan alami seperti dari silika tetraoksida (SiO<sub>4</sub>) dan alumina tetraoksida (AlO<sub>4</sub>) yang disintesis melalui proses polimerisasi, elemen yang dapat ditemukan dalam produk sampingan industri seperti abu terbang, abu ampas tebu, abu cangkang sawit dan abu sekam padi. Abu ampas tebu merupakan sisa pembakaran dari ketel uap pabrik gula pada suhu > 600°C, melalui pembakaran tersebut dihasilkan unsur silika yang tinggi. Keramik merupakan jenis produk yang dibuat dengan bahan utama tanah liat yang dibentuk dan dibakar dengan suhu 600° Celcius hingga lebih dari 1300° Celcius sehingga terjadi perubahan sifat tanah liat menjadi lebih kuat.

Pada penelitian ini digunakan abu ampas tebu dan serbuk limbah keramik dengan kadar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Dari variasi tersebut didapatkan nilai kuat tekan beton geopolimer pada umur 7 hari berturut-turut sebesar 55,37 MPa, 58,57 MPa, 61,25 MPa, 64,38 MPa 59,25 MPa dan 50,05 MPa. Serta pada umur 28 hari didapatkan nilai kuat tekan beton geopolimer berturut-turut sebesar 36,22 MPa, 40,47 MPa, 43,14 MPa, 40,98 MPa 37,14 MPa dan 33,61 MPa serta untuk kuat tarik 28 hari didapatkan hasil 4,80 MPa, 5,53 MPa, 5,16 MPa, 5,00 MPa, 3,83 MPa dan 3,23 MPa. Hasil analisa regresi menunjukkan nilai prosentase optimum penggunaan abu ampas tebu pada beton geopolimer kuat tekan untuk umur 7 hari adalah 11,10% untuk umur 28 hari adalah 12,24% dan untuk kuat tarik umur 28 hari adalah 7,19%. Dari hasil pengujian hipotetis membuktikan bahwa terdapat pengaruh dari penggunaan abu ampas tebu dan serbuk limbah keramik pada beton geopolimer.

**Kata kunci: beton geopolimer; kuat tekan beton; kuat tarik lentur; fly ash; limbah keramik; abu ampas tebu**

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Studi Penelitian Pemanfaatan Abu Ampas Tebu dan Serbuk Limbah Keramik pada Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash Batubara**”. Tugas Akhir ini dibuat sebagai syarat dalam memenuhi persyaratan memperoleh gelar Teknik Sipil S-1 di Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam proses penyelesaian Tugas akhir ini, penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

- 1) Bapak **Awan Uji Krismanto, ST.,MT.,Ph.D** selaku Rektor Institut Teknologi Nasional
- 2) Bapak **Dr. Debby Budi Susanti, ST.,MT** selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional
- 3) Bapak **Dr. Yosimson Petrus Manaha, ST., MT** selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
- 4) Bapak **Vega Aditama ST., MT** selaku Kepala Studio Skripsi Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
- 5) Ibu **Ir. Ester Priskasari, MT** selaku Dosen Pembimbing I
- 6) Bapak **Mohammad Erfan ST., MT** selaku Dosen pembimbing II
- 7) Kedua Orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan baik moral maupun materi

Penyusun menyadari bahwa pada Tugas Akhir ini, masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan kritikan yang bersifat membangun dari pembaca. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, Februari 2024

Lucky Alvaro Adam S.  
(19.21.019)

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GRAFIK.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I</b>	
<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II.....</b>	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 Landasan Teori .....	7
2.2.1 Mix Design (Campuran Beton) .....	9

2.3	Material Dasar Penyusun Beton Geopolimer .....	9
2.3.1	Fly Ash Batubara .....	9
2.3.2	Abu Ampas Tebu .....	12
2.3.3	Limbah Serbuk Keramik .....	14
2.3.4	Agregat Halus .....	16
2.3.5	Agregat Kasar .....	16
2.3.6	Air .....	17
2.3.7	Alkali Aktivator (Natrium Hidroksida dan Sodium Silikat) .....	18
2.3.7.1	Natrium Hidroksida .....	18
2.3.7.2	Sodium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) .....	19
2.4	Pengujian Karakteristik Beton Geopolimer .....	20
2.4.1	Kuat Tekan Beton .....	20
2.4.2	Kuat Tarik Lentur Balok .....	21
2.4.3	Pengujian Workability Slump Beton .....	23
2.4.4	Pengujian XRF (X-Ray Fluoresence) .....	24
2.5	Pengolahan Data .....	25
2.5.1	Definisi Hipotesis .....	25
2.5.2	Interval Kepercayaan .....	26
2.5.3	Analisa Regresi .....	27
<b>BAB III</b>	.....	<b>29</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	.....	<b>29</b>
3.1	Tujuan Penelitian .....	29
3.1.1	Tempat Penelitian .....	29
3.1.2	Waktu Penelitian .....	29
3.2	Metode Penelitian .....	30



3.3	Persiapan.....	31
3.4	Populasi Sampel.....	47
3.5	<i>Flowchart</i> Penelitian.....	49
<b>BAB IV.....</b>		<b>51</b>
<b>ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>49</b>
4.1	Hasil dan Pembahasan .....	50
4.1.1	Hasil Pemeriksaan Berat Isi .....	51
4.1.2	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan.....	54
4.1.3	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus .....	57
4.1.4	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat .....	57
4.1.5	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat .....	58
4.1.6	Hasil Pemeriksaan Konsistensi Normal dan Waktu Ikat .....	60
4.1.7	Pembahasan Hasil Pemeriksaan Material .....	62
4.2	Perancangan Campuran (mix design) .....	62
4.2.1	Perancangan Campuran Beton .....	66
4.2.2	Perhitungan Kebutuhan Larutan Alkali Aktifator .....	72
4.2.3	Perhitungan Kebutuhan AAT,LK dan Fly Ash.....	73
4.2.4	Analisa Biaya Kebutuhan Material Beton Geopolimer .....	75
4.3	Pengujian Slump Beton Geopolimer .....	76
4.4	Analisa Data Kuat Tekan Silider .....	77
4.4.1	Perhitungan Nilai Kuat Tekan Beton Geopolimer umur 7 hari .....	72
4.4.2	Perhitungan Nilai Kuat Tekan Beton Geopolimer umur 28 hari .....	72
4.4.3	Perhitungan Nilai Kuat Tarik Lentur Balok umur 28 hari .....	72
4.5	Pengujian Interval Kepercayaan .....	83
4.6	Analisa Regresi .....	91

4.7 Pengujian Hipotesis .....	100
4.8 Pembahasan .....	101
<b>BAB V</b>	
<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>103</b>
5.1 Kesimpulan .....	103
5.2 Saran.....	104
<b><u>Daftar Pustaka</u>.....</b>	<b>105</b>
<b><u>Lampiran</u> .....</b>	

## DAFTAR NOTASI

### A. Akali Aktivator

M	= Molaritas
n	= massa relatif molekul
v	= volume larutan

### B. Kuat Tekan Beton

$f_c'$	= Kuat tekan beton (N/mm <sup>2</sup> )
P	= Beban yang mampu ditahan beton (N).
A	= Luas penampang beton (mm <sup>2</sup> ).

### C. Kuat Tarik Lentur Balok

$\sigma$	= Kuat lentur benda uji (MPa)
P	= Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji ( pembacaan dalam ton sampai 3 angka dibelakang koma)
L	= Adalah jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)
b	= Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
h	= Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)
a	= Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari bentang (m).

### D. Interval Kepercayaan

X	= Nilai rata-rata dari data yang diuji
S	= Standar deviasi
P	= Persentil = $\frac{1}{2} ( 1 + \text{interval kefidensi} )$
Tp	= nilai t pada persentil P yang dipilih
n	= jumlah data

### E. Analisa Regresi

X	= Variabel bebas.
Y	= Data hasil pengujian.
n	= Jumlah data

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Hal</b>
<b>Tabel 2.1</b> Penelitian Terdahulu .....	5
<b>Tabel 2.2</b> Komposisi Fly Ash Tipe C PLTU Paiton .....	11
<b>Tabel 2.3</b> Komposisi Abu Ampas Tebu .....	13
<b>Tabel 2.4</b> Komposisi Limbah Serbuk Keramik .....	15
<b>Tabel 2.5</b> Batas gradasi aggregate halus .....	16
<b>Tabel 2.6</b> Batas gradasi agregat kasar untuk maksimal nominal 19 mm .....	17
<b>Tabel 2.7</b> Nilai Slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi .....	24
<b>Tabel 3.1</b> Variasi uji kuat tekan beton 7 hari .....	47
<b>Tabel 3.2</b> Variasi uji kuat tekan beton 28 hari .....	48
<b>Tabel 4.1</b> Berat Isi Lepas Agregat Halus .....	51
<b>Tabel 4.2</b> Berat Isi Padat Agregat Halus .....	51
<b>Tabel 4.3</b> Berat Isi Lepas Agregat Kasar .....	52
<b>Tabel 4.4</b> Berat Isi Padat Agregat Kasar .....	52
<b>Tabel 4.5</b> Berat Isi Lepas Fly Ash .....	53
<b>Tabel 4.6</b> Berat Isi Padat Fly Ash .....	53
<b>Tabel 4.7</b> Berat Isi Lepas Limbah Keramik .....	53
<b>Tabel 4.8</b> Berat Isi Padat Limbah Keramik .....	53
<b>Tabel 4.9</b> Berat Isi Lepas Abu Ampas Tebu .....	54
<b>Tabel 4.10</b> Berat Isi Padat Abu Ampas Tebu .....	54
<b>Tabel 4.11</b> Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus .....	55
<b>Tabel 4.12</b> Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar .....	55
<b>Tabel 4.13</b> Kadar Air Agregat Halus .....	57
<b>Tabel 4.14</b> Kadar Air Agregat Kasar .....	57
<b>Tabel 4.15</b> Berat jenis dan Tingkat Penyerapan Agregat Kasar .....	59
<b>Tabel 4.16</b> Berat jenis dan Tingkat Penyerapan Agregat Halus .....	59
<b>Tabel 4.17</b> Konsistensi Normal Pasta .....	60
<b>Tabel 4.18</b> Waktu Ikat Pasta Geopolimer .....	61
<b>Tabel 4.19</b> Rangkuman Hasil Pemeriksaan Material .....	63
<b>Tabel 4.20</b> Deviasi Standar Berdasarkan Jumlah Beton .....	66

<b>Tabel 4.21</b> Estimasi Kuat Tekan Beton, Faktor Air Semen (W/C) = 0,5 .....	67
<b>Tabel 4.22</b> Perkiraan Kadar Air Bebas .....	69
<b>Tabel 4.23</b> Perhitungan Komposisi Campuran per m <sup>3</sup> .....	73
<b>Tabel 4.24</b> Komposisi Campuran Benda Uji Silinder 10x20 cm.....	74
<b>Tabel 4.25</b> Komposisi Campuran Benda Uji Balok 60x15x15 cm.....	74
<b>Tabel 4.26</b> Slump Tiap Variasi Campuran Beton Geopolimer .....	76
<b>Tabel 4.27</b> Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder Umur Ke- 7 Hari.....	78
<b>Tabel 4.28</b> Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder Umur Ke- 28 Hari.....	79
<b>Tabel 4.29</b> Hasil Uji Kuat Tarik Lentur Balok Umur Ke- 28 Hari .....	80
<b>Tabel 4.30</b> Data Uji Kekuatan Tekan Beton Presentase 0% AAT dan LK 7 hari ....	81
<b>Tabel 4.31</b> Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton Pada Umur Ke-7 Hari.....	81
<b>Tabel 4.32</b> Uji Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke-7 Hari Sebelum Pelaksanaan Interval Kepercayaan .....	82
<b>Tabel 4.33</b> Uji Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke-7 Hari Setelah Pelaksanaan Interval Kepercayaan .....	83
<b>Tabel 4.34</b> Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton Pada Umur Ke-28 Hari .....	84
<b>Tabel 4.35</b> Uji Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke-28 Hari Sebelum Pelaksanaan Interval Kepercayaan .....	85
<b>Tabel 4.36</b> Uji Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke-28 Hari Setelah Pelaksanaan Interval Kepercayaan .....	86
<b>Tabel 4.37</b> Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur Balok Pada Umur Ke-28.,.,.	87
<b>Tabel 4.38</b> Data Uji Kekuatan Tarik Lentur Balok Pada Umur Ke-28 Hari Pelaksanaan Interval Kepercayaan.....	87
<b>Tabel 4.39</b> Data Variasi Abu Ampas Tebu dan Limbah Keramik pada Rata-Rata Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke-7 Hari.....	88
<b>Tabel 4.40</b> Data Regresi Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke-7 Hari.....	88
<b>Tabel 4.41</b> Data Variasi Abu Ampas Tebu dan Limbah Keramik pada Rata-Rata Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke-28 Hari .....	89
<b>Tabel 4.42</b> Data Regresi Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke-28 Hari.....	90
<b>Tabel 4.43</b> Data Variasi Abu Ampas Tebu dan Limbah Keramik pada Rata-Rata	

Kekuatan Tarik Lentur Balok Pada Umur Ke-28 Hari .....	91
<b>Tabel 4.44</b> Data Regresi Kekuatan Tarik Lentur Balok Pada Umur Ke-28 Hari....	91
<b>Tabel 4.45</b> Pedoman untuk Penjelasan Koefisien Korelasi .....	93

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Hal</b>
<b>Gambar 2.1</b> Struktur Kimia Polisialat .....	14
<b>Gambar 2.2</b> Proses Sintesis Geopolimer.....	14
<b>Gambar 2.3</b> Fly Ash Tipe C PLTU Paiton.....	16
<b>Gambar 2.4</b> Abu Ampas Tebu PG Kebon Agung.....	18
<b>Gambar 2.5</b> Limbah Keramik .....	19
<b>Gambar 2.6</b> Uji Kuat Tekan Beton .....	21
<b>Gambar 2.7</b> Uji Tarik Lentur Balok Patah Tengah.....	22
<b>Gambar 2.8</b> Uji Tarik Lentur Balok Patah Samping.....	22
<b>Gambar 3.1</b> Pengujian Uji Tekan ( <i>Compression testing machine</i> ).....	43
<b>Gambar 3.2</b> Gambar 3.2 Perletakan balok dengan dua titik pembebanan .....	44
<b>Gambar 3.3</b> Diagram Momen (M) dan Gaya Lintang (Q).....	45
<b>Gambar 3.4</b> Pengujian Tarik Lentur Balok ( <i>Flexure testing machine</i> ).....	45
<b>Gambar 4.1</b> Sebaran T pada Tabel Persentil.....	83

## DAFTAR GRAFIK

### Grafik

<b>Grafik 4.1</b> Gradasi Agregat Halus .....	55
<b>Grafik 4.2</b> Gradasi Agregat Kasar .....	56
<b>Grafik 4.3</b> Konsistensi Normal Pasta Geopolimer .....	60
<b>Grafik 4.4</b> Waktu Ikat Pasta Geopolimer .....	61
<b>Grafik 4.5</b> Kurva Korelasi antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen .....	68
<b>Grafik 4.6</b> Grafik Persentase Agregat Halus .....	70
<b>Grafik 4.7</b> Grafik Persentase Agregat Halus .....	71
<b>Grafik 4.8</b> Grafik Hubungan Nilai Slump Dengan Variasi Campuran Beton Geopolimer .....	76
<b>Grafik 4.9</b> Grafik hubungan antara Kuat Tekan dengan Variasi Kadar AAT dan LK pada umur 7 hari .....	93
<b>Grafik 4.10</b> Grafik hubungan antara Kuat Tekan dengan Variasi Kadar AAT dan LK pada umur 28 hari .....	95
<b>Grafik 4.11</b> Grafik hubungan antara Kuat Tarik Lentur balok dengan Variasi Kadar AAT dan LK pada umur 28 hari .....	97
<b>Grafik 4.12</b> Grafik Hubungan antara Kuat Tekan 7 dan 28 hari dengan Variasi Kadar Abu Ampas Tebu dan Limbah Keramik .....	98
<b>Grafik 4.13</b> Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Tarik Lentur Balok dengan Variasi Kadar Abu Ampas Tebu dan Limbah Keramik .....	99