

**PENGARUH PENGGUNAAN ABU AMPAS TEBU DAN *SILICA*
FUME TERHADAP KEKUATAN BETON GEOPOLIMER
BERBASIS *FLY ASH***

TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana S-1**

Disusun Oleh :

AZIZ MATHOFANI

1921099



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

2023

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH PENGGUNAAN ABU AMPAS TEBU DAN *SILICA FUME* TERHADAP KEKUATAN BETON GEOPOLIMER
BERBASIS *FLY ASH***

Disusun Oleh:

AZIZ MATHOFANI

1921099

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan

Pada Tanggal 6 Juli 2023

Menyetujui,

Dosen Pembimbing:

Dosen Pembimbing I

(Ir. Ester Priskasari, MT)

NIP. Y. 103 3900 265

Dosen Pembimbing II

(Vega Aditama, ST., MT)

NIP. P. 103 1900 559

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang



(Dr. Yosimson Petrus Manaha, ST., MT)

NIP. P. 103 0300 383

LEMBAR PENGESAHAN

PENGUNAAN ABU AMPAS TEBU DAN *SILICA FUME* TERHADAP KEKUATAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH*

Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan Didepan Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir Jenjang Strata (S-1) Pada Tanggal 6 Juli 2023 Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

Disusun Oleh:

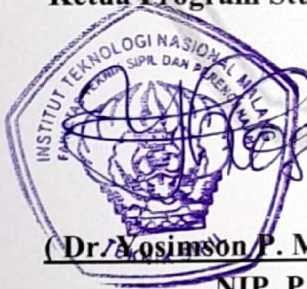
AZIZ MATHOFANI

1921099

Disahkan Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

Sekretaris Program Studi



(Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT)

NIP. P. 103 0300 383

(Nenny Roostrianawaty, ST., MT)

NIP. P. 103 1700 533

Anggota Penguji:

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

(Ir. Sudirman Indra, M.Sc)

NIP. Y. 101 8300 054

(Mohammad Erfan, S.T., MT)

NIP. P. 103 1500 508

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aziz Mathofani
NIM : 192099
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul:

PENGARUH PENGGUNAAN ABU AMPAS TEBU DAN *SILICA FUME* TERHADAP KEKUATAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH*

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

Apabila ternyata di dalam 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, Juli 2023

Yang membuat pernyataan



Aziz Mathofani

NIM 1921099

ABSTRAK

“PENGARUH PENGGUNAAN ABU AMPAS TEBU DAN *SILICA FUME* TERHADAP KEKUATAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH*”,
Oleh : Aziz Mathofani (Nim : 1921099). Pembimbing I : Ir. Ester Prikasari, MT.
Pembimbing II : Vega Aditama, 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 CO₂ yang mengakibatkan pemanasan global. Untuk mengurangi resiko tersebut digunakan beton geopolimer sebagai alternatif pengganti semen. Beton geopolimer tersusun dari *fly ash* yang kaya silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) yang direaksikan dengan alkali aktifator (NaOH dan Na₂SiO₃), selain *fly ash* dapat digunakan material lain seperti bottom ash, abu sekam padi, slag, abu kelapa sawit, silica fume dan abu ampas tebu. Abu ampas tebu merupakan sisa pembakaran dari ketel uap pabrik gula pada suhu > 600°C, melalui pembakaran tersebut dihasilkan unsur silika yang tinggi. *Silica fume* merupakan material pozzolan dengan kandungan silika tinggi yang diperoleh dari hasil sampingan dari industri silikon atau alloy besi silikon. Pada penelitian ini digunakan abu ampas tebu dengan kadar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% serta *silica fume* dengan kadar 5%. Dari variasi tersebut didapatkan nilai kuat tekan beton geopolimer pada umur 7 hari berturut-turut sebesar 28,56 MPa, 35,16 MPa, 34,95 MPa, 31,68 MPa dan 25,44 MPa. Serta pada umur 28 hari didapatkan nilai kuat tekan beton geopolimer berturut-turut sebesar 35,16 MPa, 41,50 MPa, 40,98 MPa, 38,78 MPa dan 30,97 MPa. Hasil analisa regresi menunjukkan nilai prosentase optimum penggunaan abu ampas tebu pada beton geopolimer umur 7 hari adalah 8,82% dan untuk umur 28 hari adalah 8,71%. Uji hipotesis membuktikan bahwa terdapat pengaruh dari penggunaan abu ampas tebu pada beton geopolimer.

Kata kunci: abu tebu; beton geopolymer; *fly ash*; kekuatan beton; *silica fume*.

ABSTRACT

“THE EFFECT OF USING SUGARCANE BAGASSE AND SILICA FUME ON THE STRENGTH OF FLY ASH-BASED GEOPOLYMER CONCRETE”, Oleh : Aziz Mathofani (Nim : 1921099). Pembimbing I : Ir. Ester Prikasari, MT. Pembimbing II : Vega Aditama, ST., MT. Program Studi Teknik Sipil S1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Concrete is generally composed of aggregate, water and cement and can be given admixture if needed. Cement has been used as the primary material for concrete which functions to bind aggregates, but on the other hand cement production also produces CO₂ gas which causes global warming. To reduce this risk, geopolymer concrete is used as an alternative to cement. Geopolymer concrete is composed of fly ash which is rich in silica (SiO₂) and alumina (Al₂O₃) which is reacted with alkaline activators (NaOH and Na₂SiO₃). In addition, to fly ash, other materials such as bottom ash, rice husk ash, slag, palm oil ash, and silica can be used. fume and bagasse ash. Bagasse ash is the residue from the combustion of a sugar factory steam boiler at temperatures > 600°C, through this combustion a high silica element is produced. Silica fume is a pozzolanic material with a high silica content obtained from by-products from the silicon industry or silicon iron alloy. In this study, bagasse ash was used with a range of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% and silica fume with a range of 5%. From these variations, the compressive strength of geopolymer concrete at 7 days of age was 28.56 MPa, 35.16 MPa, 34.95 MPa, 31.68 MPa and 25.44 MPa, respectively. And at the age of 28 days, the geopolymer concrete compressive strength values were 35.16 MPa, 41.50 MPa, 40.98 MPa, 38.78 MPa and 30.97 MPa respectively. The results of the regression analysis showed that the optimum percentage value for using bagasse ash on geopolymer concrete aged 7 days was 8.82% and for 28 days was 8.71%. The hypothetical test proves that there is an effect of using bagasse ash on geopolymer concrete.

Keywords: bagasse ash; concrete strength; fly ash; geopolymer concrete; silica fume.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmatNya maka Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Abu Ampas Tebu dan *Silica Fume* Terhadap Kekuatan Beton Geopolimer Berbasis *Fly Ash*” dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala dukungan baik langsung maupun tidak langsung yang telah diberikan selama penyusunan laporan Tugas Akhir ini pada :

1. Bapak **Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE** Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak **Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSc** Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
3. Bapak **Dr. Yosimson Petrus Manaha, ST., MT** Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
4. Bapak **Ir. Ester Prikasari, MT** Selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak **Vega Aditama, ST., MT** Selaku Dosen Pembimbing II.

Dengan rendah hati penulis mengakui bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari segi materi maupun penyajian. Jadi kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata, semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Malang, Juli 2023

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Batasan Masalah.....	3
1.7 Hipotesis Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Definisi Geopolimer	9
2.3 Material	11
2.3.1 Alkali Aktifator	11
2.3.2 Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>)	13
2.3.3 Abu Ampas Tebu	15
2.3.4 <i>Silica Fume</i>	16
2.3.5 Agregat Halus	18
2.3.6 Agregat Kasar	18
2.3.7 Air	18
2.4 <i>Curing</i> Geopolimer.....	19

2.5 Uji Kuat Tekan	19
2.6 Penelitian Pendahuluan	20
2.7 Pengolahan Data.....	20
2.7.1 Interval Kepercayaan	20
2.7.2 Analisa Regresi	21
2.7.3 Definisi Hipotesis	22
BAB III METODELOGI PENELITIAN	24
3.1 Tujuan Penelitian Secara Operasional	24
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.2.1 Tempat Penelitian	24
3.2.2 Waktu Penelitian	24
3.3 Metode Penelitian.....	25
3.4 Populasi dan Sampel	26
3.5 Alat dan Bahan	26
3.5.1 Alat Penelitian	26
3.5.2 Bahan Penelitian	27
3.6 Metode Pengumpulan Data	27
3.6.1 Uji Kuat Tekan	27
3.7 Alur Penelitian	29
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Hasil dan Pembahasan Pemeriksaan Material Campuran Beton	31
4.1.1 Hasil Pemeriksaan Berat Isi	31
4.1.2 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan	32
4.1.3 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	34
4.1.4 Hasil Pemeriksaan Kadar Kadar Air Agregat	35
4.1.5 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	35
4.1.6 Hasil Pemeriksaan Konsistensi Normal dan Waktu Ikat	36
4.1.7 Pembahasan Hasil Pemeriksaan Material	38
4.2 Perancangan Campuran (<i>mix design</i>)	41
4.2.1 Perancangan Campuran Beton	41
4.2.2 Perhitungan Kebutuhan Larutan Alkali Aktivator	47

4.2.3 Perhitungan Kebutuhan Abu Ampas Tebu, <i>Silica Fume</i> dan <i>Fly Ash</i> ...	48
4.3 Analisa Biaya Material Produksi Beton Geopolimer	49
4.4 Kandungan Kimia Bahan Pengganti Semen	50
4.5 Pengujian SlumpBeton Geopolimer	52
4.6 Analisa Data Kuat Tekan Silider.....	53
4.7 Pengujian Interval Kepercayaan	56
4.8 Analisa Regresi	60
4.9 Pengujian Hipotesis	65
4.10 Pembahasan	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	7
Tabel 2.2 Tabel Klasifikasi Kandungan Kimia <i>Fly Ash</i>	14
Tabel 2.3 Tabel Komposisi Kimia <i>Fly Ash</i> Tipe C (PLTU Paiton)	14
Tabel 2.4 Tabel Komposisi Kimia Abu Ampas Tebu (P.G. Kebonagung)	15
Tabel 2.5 Tabel Komposisi Kimia <i>Silica Fume</i> (PT. BASF)	17
Tabel 2.6 Penelitian Pendahuluan Beton Geopolimer Umur 3 Hari	20
Tabel 3.1 Variasi Uji Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	26
Tabel 3.2 Variasi Uji Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	26
Tabel 4.1 Berat Isi Lepas Agregat Halus	31
Tabel 4.2 Berat Isi Padat Agregat Halus	31
Tabel 4.3 Berat Isi Lepas Agregat Kasar	31
Tabel 4.4 Berat Isi Padat Agregat Kasar	32
Tabel 4.5 Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus	32
Tabel 4.6 Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar	33
Tabel 4.7 Kadar Air Agregat Kasar	35
Tabel 4.8 Kadar Air Agregat Halus	35
Tabel 4.9 Berat jenis dan Tingkat Penyerapan Agregat Kasar	36
Tabel 4.10 Berat jenis dan Tingkat Penyerapan Agregat Halus	36
Tabel 4.11 Konsistensi Normal Pasta Geopolimer	37
Tabel 4.12 Waktu Ikat Pasta Geopolimer	37
Tabel 4.13 Rangkuman Hasil Pemeriksaan Material	39
Tabel 4.14 Rangkuman Hasil Pemeriksaan Material	40
Tabel 4.15 Deviasi Standar Berdasarkan Jumlah Beton	41
Tabel 4.16 Estimasi Kuat Tekan Beton, Faktor Air Semen (W/C) = 0,5	42
Tabel 4.17 Perkiraan Kadar Air Bebas	44
Tabel 4.18 Perhitungan Komposisi Campuran per m ³	48
Tabel 4.19 Komposisi Campuran Benda Uji Silinder 15cm x 30cm	49
Tabel 4.20 Analisa Biaya Material Produksi Beton Geopolimer	49
Tabel 4.21 Analisa Biaya Material Produksi Beton Semen Portland	49

Tabel 4.22 Tabel Komposisi Kimia Fly Ash Tipe C (PLTU Paiton).....	50
Tabel 4.23 Tabel Komposisi Kimia Abu Ampas Tebu (PG. Kebonagung).....	51
Tabel 4.24 Tabel Komposisi Silica Fume (PT. BASF)	51
Tabel 4.25 Komposisi Senyawa Kimia Bahan Pengganti Semen Tiap Variasi ...	52
Tabel 4.26 Slump Tiap Variasi Campuran Beton Geopolimer	53
Tabel 4.27 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder Umur Ke- 7 Hari	55
Tabel 4.28 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder Umur Ke- 28 Hari	56
Tabel 4.29 Data Uji Kekuatan Tekan Beton Presentase 0% Abu Ampas Tebu ..	57
Tabel 4.30 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton Pada Umur Ke-7 Hari	58
Tabel 4.31 Data Uji Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke-7 Hari Setelah Pelaksanaan Interval Kepercayaan	58
Tabel 4.32 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton Pada Umur Ke-28 Hari	59
Tabel 4.33 Data Uji Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke-28 Hari Setelah Pelaksanaan Interval Kepercayaan	59
Tabel 4.34 Data Variasi Abu Ampas Tebu dan Rata-Rata Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke- 7 Hari Ini	60
Tabel 4.35 Data Regresi Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke- 7 Hari	60
Tabel 4.36 Data Variasi Abu Ampas Tebu dan Rata-Rata Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke- 28 Hari Ini	62
Tabel 4.37 Data Regresi Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke- 28 Hari	62
Tabel 4.38 Pedoman untuk Penjelasan Koefisien Korelasi	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kimia Polisialat	9
Gambar 2.2 Proses Sintesis Geopolimer	10
Gambar 2.3 Proses Sintesis Aktivator	10
Gambar 2.4 Na_2SiO_3 (a); NaOH (b)	11
Gambar 2.5 Hasil Uji Kuat Tekan Variasi Molaritas NaOH	11
Gambar 2.6 Hubungan Perbandingan Aktivator dan Kuat Tekan	13
Gambar 2.7 <i>Fly Ash</i> Tipe C PLTU Paiton	14
Gambar 2.8 Abu Ampas Tebu PT. PG. Kebonagung Malang	15
Gambar 2.9 <i>Silica Fume</i>	16
Gambar 2.10 Hubungan Kadar <i>Silica Fume</i> dengan Kuat Tekan	17
Gambar 2.11 Uji Kuat Tekan Beton	20
Gambar 3.1 Alat Uji Kuat Tekan	28
Gambar 3.2 Alur Penelitian.....	29
Gambar 3.3 Alur Penelitian.....	30
Gambar 4.1 Gradasi Agregat Halus	33
Gambar 4.2 Gradasi Agregat Kasar	34
Gambar 4.3 Konsistensi Normal Pasta Geopolimer	37
Gambar 4.4 Waktu Ikat Pasta Geopolimer	38
Gambar 4.5 Kurva Korelasi Antara Kuat Tekan Beton Dan Faktor Air Semen ..	43
Gambar 4.6 Grafik Persentase Agregat Halus	45
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Berat Jenis Beton Segar dan Kadar Air Bebas) ..	45
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Nilai Slump Dengan Variasi Campuran Beton Geopolimer	53
Gambar 4.9 Analisis Grafik Regresi Menunjukkan Korelasi Antara Penggunaan Abu Ampas Tebu dan Kekuatan Tekan Pada Beton Umur Ke- 7 Hari	63
Gambar 4.10 Analisis Grafik Regresi Menunjukkan Korelasi Antara Penggunaan Abu Ampas Tebu dan Kekuatan Tekan Beton Pada Umur Ke- 28 hari	64