

**ANALISIS PENGGUNAAN VARIASI *FLY ASH* TIPE F PLTU
SURALAYA DENGAN *ACTIVATOR* TERHADAP
SIFAT FISIK DAN MEKANIK PADA BETON
TUGAS AKHIR**



OLEH:

GITA AMANDA YULIANTI

NPM 21035010071

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAWA TIMUR
2025**

**ANALISIS PENGGUNAAN VARIASI *FLY ASH* TIPE F PLTU
SURALAYA DENGAN *ACTIVATOR* TERHADAP
SIFAT FISIK DAN MEKANIK PADA BETON**

TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Persyaratan dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil (S-1)**



Disusun oleh:

GITA AMANDA YULIANTI

21035010071

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR**

2025

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PENGGUNAAN VARIASI *FLY ASH* TIPE F PLTU
SURALAYA DENGAN *ACTIVATOR* TERHADAP
SIFAT FISIK DAN MEKANIK PADA BETON**

Disusun oleh:

GITA AMANDA YULIANTI
NPM. 21035010071

**Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
pada Hari Kamis, 4 September 2025**

**Dosen Pembimbing:
Dosen Pembimbing Utama**

Ir. Wahyu Kartini, M.T
NIP. 196304202021212001

Dosen Pembimbing Pendamping

Nia Dwi Puspitasari, S.T., M.T.
NIP. 21219881011307

**Tim Penguji:
1. Penguji I**

Dr. Ir. Made Dharma Astawa, M.T.

2. Penguji II

Dr. Yerry Kahaditu Firmansyah, S.T., M.T.
NIP. 20119860129207

3. Penguji III

Sumardi, S.T., M.T.
NIP. 197909072021211004

**Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains**

Prof. Dr. Dra. Jarlyah, M. P.
NIP. 196504031991032001

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PENGGUNAAN VARIASI *FLY ASH* TIPE F PLTU
SURALAYA DENGAN *ACTIVATOR* TERHADAP
SIFAT FISIK DAN MEKANIK PADA BETON**

Disusun oleh:

**GITA AMANDA YULIANTI
NPM. 21035010071**

**Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
pada Hari Kamis, 4 September 2025**

Dosen Pembimbing Utama


**Ir. Wahyu Kartini, M.T.
NIP. 196304202021212001**

Dosen Pembimbing Pendamping


**Nia Dwi Puspitasari, S.T., M.T.
NIP. 21219881011307**

**Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains**


**Prof. Dr. Dra. Jariyah, M. P.
NIP. 196504031991032001**

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gita Amanda Yulianti

NPM : 21035010071

Fakultas / Program Studi : Fakultas Teknik dan Sains / Teknik Sipil

Judul Skripsi / Tugas Akhir : Analisis Penggunaan Variasi *Fly Ash* Tipe F PLTU Suralaya Dengan *Activator* Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Pada Beton

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 10 September 2025

Yang Menyatakan,



(Gita Amanda Yulianti)

NPM. 21035010071

**ANALISIS PENGGUNAAN VARIASI *FLY ASH* TIPE F PLTU
SURALAYA DENGAN *ACTIVATOR* TERHADAP
SIFAT FISIK DAN MEKANIK PADA BETON**

Oleh:
Gita Amanda Yulianti
21035010071

ABSTRAK

PLTU Suralaya di Banten menghasilkan ± 700.000 ton limbah FABA setiap tahun. *Fly ash* (FA) berpotensi dimanfaatkan sebagai campuran beton untuk mengurangi limbah serta emisi karbon dari produksi semen. Karena bukan pengikat tunggal, *fly ash* memerlukan aktivator alkali berupa campuran NaOH dan Na_2SiO_3 . Penelitian ini menggunakan beton dengan *fly ash* tipe F dari PLTU Suralaya pada variasi 0%, 80%, 90%, dan 100% yang diaktivasi larutan alkali perbandingan 1:2,5 antara 10 M NaOH dan Na_2SiO_3 , dengan FAS 0,45 dan 0,55. Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji silinder 15×30 cm umur 28 hari, sedangkan uji sifat fisik menggunakan benda uji kubus 1×1×1 cm dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Hasil penelitian menunjukkan beton *fly ash* dengan aktivator memiliki *slump* tinggi tetapi *workability* rendah akibat viskositas tinggi, *setting time* cepat, dan ketiadaan pelumas alami seperti $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada beton normal. Pada FAS 0,45, campuran beton dengan 100% FA menunjukkan kuat tekan 38,03 MPa meningkat 58,76% dibandingkan beton normal 23,96 MPa. Untuk penggunaan 90% FA kuat tekannya 29,91 MPa meningkat 24,83%, sedangkan beton 80% FA kuat tekannya 17,35 MPa menurun 27,59%. Beton 100% FA dengan FAS 0,45 menunjukkan hasil optimal dengan porositas rendah, *interface* padat, morfologi halus, serta dominasi natrium (11,33%), silikon (14,73%), dan kalsium (5,16%). Sementara itu pada FAS 0,55, beton 100% FA kuat tekannya 28,20 MPa meningkat 141,03% dibanding beton normal 11,70 MPa. Sementara penggunaan 90% FA kuat tekannya 17,16 MPa meningkat 46,67%, sedangkan 80% FA kuat tekannya 14,56 MPa meningkat 24,36%. Beton 100% FA dengan FAS 0,55 juga menunjukkan performa terbaik ditandai porositas rendah, *interface* padat, morfologi halus, serta dominasi natrium (11,33%), silikon (14,73%), dan kalsium (5,16%). Kuat tekan meningkat karena proses polimerisasi membentuk gel N-A-S-H yang menghasilkan struktur padat pada beton dengan *fly ash*, sedangkan pada beton normal proses hidrasi semen menghasilkan C-S-H dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang bersifat *leaching* sehingga *porous* dan menurunkan kuat tekannya.

Kata kunci: aktivator, *fly ash*, N-A-S-H, sifat fisik, sifat mekanik.

ANALYSIS OF THE USE OF TYPE F *FLY ASH* FROM SURALAYA POWER PLANT WITH ACTIVATOR ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE

Written by:
Gita Amanda Yulianti
21035010071

ABSTRACT

The Suralaya coal-fired power plant in Banten produces about 700,000 tons of FABA waste annually. Fly ash (FA) can be utilized as a concrete admixture to reduce waste and carbon emissions from cement production. As it is not a single binder, FA requires alkali activators such as NaOH and Na₂SiO₃. This study employed type F fly ash from Suralaya CFPP with replacement levels of 0%, 80%, 90%, and 100%, activated by an alkaline solution at a 1:2.5 ratio of 10 M NaOH to Na₂SiO₃, with water–binder ratios (w/b) of 0.45 and 0.55. Compressive strength tests were performed on 15×30 cm cylinders at 28 days, while physical properties were examined using 1×1×1 cm cubes with Scanning Electron Microscopy (SEM). The results showed that fly ash concrete with activators exhibited high slump but poor workability due to high viscosity, rapid setting, and the absence of natural lubricants such as Ca(OH)₂ in normal concrete. At w/b 0.45, 100% FA concrete achieved 38.03 MPa, a 58.76% increase compared to normal concrete (23.96 MPa). The 90% FA mixture reached 29.91 MPa (+24.83%), while 80% FA decreased to 17.35 MPa (–27.59%). The 100% FA concrete also demonstrated optimal microstructure with low porosity, dense interface, smooth morphology, and dominant sodium (11.33%), silicon (14.73%), and calcium (5.16%). At w/b 0.55, 100% FA concrete reached 28.20 MPa, a 141.03% increase over normal concrete (11.70 MPa). The 90% FA mixture achieved 17.16 MPa (+46.67%), while 80% FA reached 14.56 MPa (+24.36%). The 100% FA concrete again showed the best performance with low porosity and compact structure. Strength improvement was due to polymerization forming N–A–S–H gel, which produced a denser matrix, unlike cement hydration that forms C–S–H and Ca(OH)₂ prone to leaching, reducing strength.

Keywords: Activator, fly ash, N-A-S-H, mechanical properties, physical properties.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga proposal skripsi ini dapat diselesaikan. Proposal ini berjudul Analisis Penggunaan Variasi *Fly ash* Tipe F PLTU Suralaya Dengan *Activator* Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Beton dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, UPN “Veteran” Jawa Timur.

Dalam penyusunan proposal ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Bapak Dr. Ir. Hendrata Wibisana, M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Sipil Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Sumaidi, S.T., M.T., selaku Dosen Penasehat Akademik.
4. Ibu Ir. Wahyu Kartini, M.T. yang telah membimbing dan memberi masukan serta arahan selama penyusunan Proposal Tugas Akhir
5. Ibu Nia Dwi Puspita Sari, S.T., M.T., yang telah memberi masukan dan arahan selama penyusunan Proposal Tugas Akhir.
6. Kepada kedua orang tua saya yang selalu memberikan dukungan, doa, dan semangat selama proses penyusunan tugas akhir.
7. PT Adhimix RMC Indonesia Plant Serpong yang telah memberikan material berupa *fly ash*.
8. PT Adhimix RMC Indonesia Plant Tambak Sumur yang telah membantu dalam pengujian kuat tekan.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan proposal ini.

Surabaya, 17 Agustus 2025

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	10
1.1 Latar Belakang Masalah.....	10
1.2 Perumusan Masalah	12
1.3 Tujuan	12
1.4 Batasan Masalah.....	12
1.5 Lokasi Penelitian.....	13
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1 Penelitian Terdahulu	14
2.2 Hubungan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan	15
2.3 Pengertian Beton	16
2.3.1 Beton Konvensional.....	16
2.3.2 Beton <i>High Volume Fly ash</i>	17
2.3.2 Beton Geopolimer.....	17
2,5 Material Penyusun Beton	18
2,5.1 Semen.....	18
2,5.2 Agregat.....	19
2,5.3 Air	20

2.6	<i>Fly ash</i>	21
2.7	<i>Activator</i> Campuran Beton.....	22
2.7.1	Alkali Sebagai <i>Activator</i>	23
2.7.1.1	Sodium Hidroksida (NaOH)	25
2.7.1.2	Sodium Silikat (Na ₂ SiO ₃)	25
2.4	Sifat Beton.....	26
2.4.1	Sifat Mekanik.....	26
2.4.2	Sifat Fisik	27
2.8	Faktor Air Semen (FAS)	29
2.9	<i>Workability</i>	30
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		32
3.1	Metodologi Penelitian	32
3.2	Persiapan Bahan	34
3.2.1	<i>Fly ash</i>	34
3.2.2	Cairan Aktivasi Alkali.....	35
3.3	Pengujian Material	36
3.3.1	Pengujian Agregat Kasar	36
3.3.2	Pengujian Agregat Halus	37
3.4	Mix Design.....	37
3.5	Rancangan Rencana Percobaan.....	38
3.6	Benda Uji	39
3.6.1	Pencetakan	39
3.6.1.1	Beton Normal.....	40
3.6.1.2	Beton Dengan 100% <i>Fly ash</i>	40

3.6.1.3	Beton Dengan Campuran Semen Dan <i>Fly ash</i>	41
3.6.2	Perawatan.....	42
3.7	Pengujian Benda Uji	43
3.7.1	Pengujian Kuat Tekan	43
3.7.2	Pengujian SEM (Scanning Electron Microscope)	44
BAB 4 HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA		45
4.1	Analisa Bahan Material.....	45
4.1.1	Analisa Ayakan Agregat Halus.....	45
4.1.2	Analisa Ayakan Agregat Kasar.....	46
4.1.3	Analisa Ayakan Agregat Campuran	47
4.1.4	Spesifikasi Agregat	48
4.2	Mix Design.....	48
4.2.1	Komposisi Campuran 100% Semen	49
4.2.2	Komposisi Campuran 100% <i>Fly ash</i>	49
4.2.3	Komposisi Campuran 90% <i>Fly ash</i>	50
4.2.3	Komposisi Campuran 80% <i>Fly ash</i>	51
4.3	Hasil Pengujian Beton.....	51
4.3.1	<i>Slump Test</i>	51
4.3.2	Pengujian Kuat Tekan.....	52
4.3.2.1	Pengujian Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,45	52
4.3.2.1	Pengujian Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,55	54
4.3.3.5	Hubungan FAS dengan Kuat Tekan Beton Normal dan Beton Campuran Variasi Persentase Fly ash	56
4.3.3	Pengujian SEM-EDX.....	58

4.3.3.1	Benda Uji dengan FAS 0,45.....	59
4.3.3.2	Benda Uji dengan FAS 0,55.....	64
4.4	Interpretasi Data	68
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA		82
LAMPIRAN.....		89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Penelitian.....	13
Gambar 4. 1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus	46
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Analisa Ayakan Agregat Kasar	47
Gambar 4. 3 Analisa Ayakan Agregat Campuran	47
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Analisa Ayakan Agregat Campuran	48
Gambar 4. 5 Diagram Batang Rata-rata Kuat Tekan Beton Normal dan.....	53
Gambar 4. 6 Diagram Batang Rata-rata Kuat Tekan Beton Normal dan.....	55
Gambar 4. 7 Diagram Batang Kuat Tekan Rata-Rata Beton Normal dan	57
Gambar 4. 8 Hasil SEM Perbesaran 2500X Benda Uji FAS 0,45	59
Gambar 4. 9 Hasil SEM Perbesaran 2500X Benda Uji FAS 0,55	64

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Perbandingan kandungan <i>fly ash</i> PLTU Suralaya dengan Semen	35
Tabel 3. 2 Matrik Jumlah Benda Uji.....	39
Tabel 4. 1 Analisa Ayakan Agregat Halus.....	45
Tabel 4. 2 Analisa Ayakan Agregat Kasar.....	46
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian spesifikasi Agregat Halus Dan Agregat Kasar.....	48
Tabel 4. 4 Komposisi Campuran 100% Semen	49
Tabel 4. 5 Komposisi Campuran 100% Fly ash.....	49
Tabel 4. 6 Komposisi Campuran 90% Fly ash.....	50
Tabel 4. 7 Rancangan Mix Design 4.....	51
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Slump Test	51
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,45.....	53
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,55.....	55
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata Seluruh Variasi Campuran	56
Tabel 4. 12 Hasil EDX Pada Variasi Benda uji dengan FAS 0,45	59
Tabel 4. 13 Tabel Perbandingan Porositas, Morfologi, Interface, dan Sebaran	63
Tabel 4. 14 Hasil EDX Pada Variasi Benda uji dengan FAS 0,55	64
Tabel 4. 15 Tabel Perbandingan Porositas, Morfologi, Interface, dan Sebaran	68