

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN *FLY ASH* PLTU PAITON DENGAN
PENAMBAHAN AKTIVATOR ALKALI TERHADAP SIFAT FISIK DAN
MEKANIK BETON**

TUGAS AKHIR

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



Disusun oleh:

THESALONIKA OCTAVIANA WAHYUDI

21035010089

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

2025

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN FLY ASH PLTU PAITON DENGAN
PENAMBAHAN AKTIVATOR ALKALI TERHADAP SIFAT FISIK DAN
MEKANIK BETON**

Disusun oleh:

**THESALONIKA OCTAVIANA WAHYUDI
NPM. 21035010089**

**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**

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

Dosen Pembimbing Pendamping

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

**Tim Penguji
I. Penguji I**

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

II. Penguji II

**Dr. Yerry Kahadita Firmansyah, S.T., M.T.
NIP. 20119860129207**

III. Penguji III

**Sumaidi, S.T., M.T.
NIP. 197909072021211004**

**Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains**

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

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**EFEKTIVITAS PENGGUNAAN FLY ASH PLTU PAITON DENGAN
PENAMBAHAN AKTIVATOR ALKALI TERHADAP SIFAT FISIK DAN
MEKANIK BETON**

Disusun oleh:

THESALONIKA OCTAVIANA WAHYUDI
NPM. 21035010089

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

Dosen Pembimbing Pendamping

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

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

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 : Thesalonika Octaviana Wahyudi
NPM : 21035010089
Fakultas / Program Studi : Fakultas Teknik dan Sains / Teknik Sipil
Judul Skripsi / Tugas Akhir : Efektivitas Penggunaan *Fly Ash* PLTU Paiton dengan Penambahan Aktivator Alkali Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik 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, September 2025
Yang Menyatakan,



(Thesalonika Octaviana Wahyudi)
NPM. 21035010089

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN *FLY ASH* PLTU PAITON TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK BETON

Oleh:

Thesalonika Octaviana Wahyudi

21035010089

ABSTRAK

Semen material pengikat dalam beton yang mempengaruhi sifat fisik dan mekanik beton. Namun produksinya berkontribusi 7% terhadap emisi CO₂ global. *Fly ash* dari PLTU Paiton dapat menjadi alternatif substitusi parsial semen pada beton. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan substitusi parsial semen diperlukan penambahan zat aktivator alkali. Penelitian ini menggunakan aktivator alkali dengan kombinasi dari NaOH 10 Mol dan Na₂SiO₃ dengan perbandingan 1:2,5. Pada penelitian ini menggunakan faktor air semen (FAS) 0,45 dan 0,55 untuk pengujian kuat tekan dengan silinder Ø15 × 30cm dilakukan pada umur 28 hari dan pengujian SEM-EDX dengan silikon kubus berukuran 1 × 1 × 1 cm pada umur 28 hari. Variasi penggunaan *fly ash* yaitu 0%, 80%, 90%, dan 100% dari volume berat semen yang dipakai. Kuat tekan beton dengan *fly ash* 100% dan FAS 0,45 adalah 48,48 MPa mengalami kenaikan 102,36% dibandingkan beton normal. Kuat tekan beton dengan *fly ash* 90% dan FAS 0,45 adalah 44,26 MPa mengalami kenaikan 84,75% dibandingkan beton normal. Kuat tekan beton dengan *fly ash* 80% dan FAS 0,45 adalah 35,84 MPa mengalami kenaikan 49,6% dibandingkan beton normal. Kuat tekan beton dengan *fly ash* 100% dan FAS 0,55 adalah 23,51 MPa mengalami kenaikan 101,03% dibandingkan beton normal. Kuat tekan beton dengan *fly ash* 90% dan FAS 0,55 adalah 17,76 MPa mengalami kenaikan 51,87% dibandingkan beton normal. Kuat tekan beton dengan *fly ash* 80% dan FAS 0,55 adalah 19,34 MPa mengalami kenaikan 65,35% dibandingkan beton normal. Hasil pengujian SEM-EDX menunjukkan beton dengan kadar *fly ash* yang semakin tinggi menghasilkan porositas paling rendah dan struktur pori yang rapat pada kedua jenis beton FAS 0,45 dan 0,55. Partikel *fly ash* dan aktivator alkali bereaksi menghasilkan gel N-A-S-H (*Sodium Alumina Silicate Hydrate*) yang membuat beton lebih padat dari pada beton normal. Partikel mikro *fly ash* juga mengisi celah agregat dengan baik, sehingga beton *fly ash* lebih rendah porositasnya.

Kata Kunci : sifat fisik beton, sifat mekanik beton, aktivator alkali, N-A-S-H

EFFECTIVENESS OF USING FLY ASH FROM PAITON COAL-FIRED POWER PLANT ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE

by:

Thesalonika Octaviana Wahyudi

21035010089

ABSTRACT

Cement is the binding material in concrete that affects the physical and mechanical properties of concrete. However, its production contributes 7% to global CO₂ emissions. Fly ash from the Paiton coal-fired power plant can serve as an alternative for partial cement substitution in concrete. The use of fly ash as a partial cement substitute requires the addition of an alkali activator. This study uses an alkali activator with a combination of 10 M NaOH and Na₂SiO₃ in a 1:2.5 ratio. In this study, water-to-cement ratios (W/C) of 0.45 and 0.55 were used for compressive strength testing on cylinders measuring Ø15×30 cm at 28 days, and SEM-EDX testing on silicon cubes measuring 1×1×1 cm at 28 days. The variations in fly ash usage were 0%, 80%, 90%, and 100% of the cement weight volume. The compressive strength of concrete with 100% fly ash and W/C 0.45 was 48.48 MPa, an increase of 102.36% compared to normal concrete. Concrete with 90% fly ash and W/C 0.45 had a compressive strength of 44.26 MPa, an increase of 84.75% compared to normal concrete. Concrete with 80% fly ash and W/C 0.45 had a compressive strength of 35.84 MPa, an increase of 49.6% compared to normal concrete. For W/C 0.55, concrete with 100% fly ash reached 23.51 MPa, an increase of 101.03% compared to normal concrete. Concrete with 90% fly ash and W/C 0.55 reached 17.76 MPa, an increase of 51.87%, while 80% fly ash reached 19.34 MPa, an increase of 65.35% compared to normal concrete. SEM-EDX testing results showed that concrete with higher fly ash content exhibited the lowest porosity and a denser pore structure for both W/C 0.45 and 0.55. The fly ash particles reacted with the alkali activator to form N-A-S-H (Sodium Aluminosilicate Hydrate) gel, which makes the concrete denser than normal concrete. The micro fly ash particles also effectively filled the gaps between aggregates, resulting in lower porosity in fly ash concrete.

Key Word : *physical properties of concrete, mechanical properties of concrete, alkali activator, N-A-S-H*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul “Efektifitas Penggunaan *Fly Ash* PLTU Paiton dengan Penambahan Aktivator Alkali Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Beton”

Proposal Tugas Akhir bertujuan sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar pendidikan Strata 1 (S1) Fakultas Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung dan tidak langsung dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Adapun pihak tersebut antara lain :

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. Bapak Dr. Ir. Hendrata Wibisana, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UPN “Veteran” Jawa Timur dan selaku Dosen Penasehat Akademik.
3. Ibu Nia Dwi Puspitasari, S.T., MT. selaku dosen pembimbing pertama penulisan tugas akhir.
4. Ibu Ir. Wahyu Kartini, MT selaku dosen pembimbing kedua penulisan tugas akhir.
5. PT.Adhimix Ready Mix Plant Tambak Sumur yang telah memberikan bantuan material *fly ash* dan pengujian kuat tekan.
6. Keluarga dan orang tua yang penulis sayangi.
7. Seluruh teman-teman yang telah membantu penyusunan dalam penyelesaian proposal.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Penulis menerima kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini agar bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 10 September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Lokasi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Beton	10
2.3 Sifat Fisik Beton.....	11
2.4 Sifat Mekanik Beton.....	13
2.5 Bahan Penyusun Beton.....	14
2.5.1 Semen.....	14
2.5.2 Air.....	17
2.5.3 Agregat	18
2.5.4 Material Campuran Tambahan.....	21
2.6 Faktor Air Semen (FAS)	21
2.7 Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>).....	23
2.8 Aktivator Cairan Alkali	25
2.9 <i>Slump Test</i>	27
2.10 Metode Perawatan Beton.....	28
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Jenis Penelitian	31

3.2 Diagram Alir Penelitian.....	32
3.3 Tahapan Persiapan.....	34
3.4 Tahapan Penelitian	35
3.4.1 Pengujian Berat Volume Agregat	35
3.4.2 Analisis Saringan Agregat.....	35
3.4.3 Pengujian Berat Jenis Agregat	36
3.4.4 Pemeriksaan Air Resapan Agregat.....	36
3.4.5 Pemeriksaan Kadar Lumpur.....	37
3.4.6 Pemeriksaaan Pasir Terhadap Bahan Organik	38
3.5 Perencanaan <i>Mix Design</i>	38
3.6 Perencanaan Aktivator Cairan Alkali.....	39
3.7 Trial Mix.....	39
3.8 Slump Test.....	40
3.9 Pembuatan Benda Uji.....	40
3.10 Perawatan atau <i>Curing</i> Benda Uji	40
3.11 Pengujian <i>Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> (SEM-EDX)	41
3.12 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil Analisa Material	43
4.1.1 Analisan Saringan Agregat Halus.....	43
4.1.2 Analisan Saringan Agregat Kasar	44
4.1.3 Analisan Saringan Agregat Campuran	45
4.1.4 Analisa Karakteristik Agregat	46
4.2 <i>Mix Design</i>	46
4.2.1 Komposisi Mix Design Beton Normal FAS 0,45	47
4.2.2 Komposisi Mix Design Beton Normal FAS 0,55	47
4.2.3 Komposisi Mix Design Beton <i>Fly Ash</i> 100% FAS 0,45.....	48
4.2.4 Komposisi Mix Design Beton <i>Fly Ash</i> 90% FAS 0,45.....	48
4.2.5 Komposisi Mix Design Beton <i>Fly Ash</i> 80% FAS 0,45.....	49
4.2.6 Komposisi Mix Design Beton <i>Fly Ash</i> 100% FAS 0,55.....	49
4.2.7 Komposisi Mix Design Beton <i>Fly Ash</i> 90% FAS 0,55.....	50

4.2.8 Komposisi Mix Design Beton <i>Fly Ash</i> 80% FAS 0,55.....	51
4.3 Hasil Tes Slump	51
4.4 Hasil Pengujian Sifat Mekanik Beton	52
4.3.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton FAS 0,45	52
4.3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton FAS 0,55	54
4.4 Hasil Pengujian Sifat Fisik Beton.....	56
4.4.1 Hasil Pengujian SEM-EDX Beton FAS 0,45	57
4.4.2 Hasil Pengujian SEM-EDX Beton FAS 0,55	67
4.5 Interpretasi Data	78
4.5.1 Sifat Mekanik Beton FAS 0,45 dan FAS 0,55.....	78
4.5.2 Sifat Fisik Beton FAS 0,45 dan FAS 0,55	79
BAB IV KESIMPULAN	83
5.1 Kesimpulan.....	83
5.2 Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Laboratorium Bahan Kontruksi dan Lab Instrument UPN “Veteran” Jawa Timur	5
Gambar 2.1 Hubungan Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen SNI	23
Gambar 2.2 Kerucut Abram.....	28
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian	34
Gambar 4.1 Analisa Saringan Agregat Halus	44
Gambar 4.2 Analisa Saringan Agregat Kasar	45
Gambar 4.3 Analisa Saringan Agregat Campuran.....	46
Gambar 4.4 Grafik Persentase <i>Fly Ash</i> dan FAS terhadap	51
Gambar 4.6 Kurva Hubungan Rata-Rata Kuat Tekan Beton FAS 0,45 dengan <i>fly ash</i>	53
Gambar 4.7 Kurva Hubungan Rata-Rata Kuat Tekan Beton FAS 0,55 dengan <i>fly ash</i>	55
Gambar 4.8 Hasil Uji SEM-EDX Beton FAS 0,45 dengan pembesaran 5000X (a) Normal (b) <i>Fly Ash</i> 100% (c) <i>Fly Ash</i> 90% (d) <i>Fly Ash</i> 80%	57
Gambar 4.11 Hasil Uji SEM-EDX Beton FAS 0,55 dengan pembesaran 5000X (a) Normal (b) <i>Fly Ash</i> 100% (c) <i>Fly Ash</i> 90% (d) <i>Fly Ash</i> 80%	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komponen Penyusun Semen Portland.....	17
Tabel 2.2 Komponen Penyusun Semen Portland.....	25
Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji	32
Tabel 4.1 Analisa Saringan Agregat Halus (ASTM C 136 – 93)	43
Tabel 4.2 Analisa Saringan Agregat Kasar (ASTM C 136 – 93)	44
Tabel 4.3 Analisa Saringan Agregat Campuran	45
Tabel 4.4 Analisa Karakteristik Agregat	46
Tabel 4.5 Komposisi Campuran Beton Normal FAS 0,45	47
Tabel 4.6 Komposisi Campuran Beton Normal FAS 0,55	47
Tabel 4.7 Komposisi Mix Design Beton <i>Fly Ash</i> 100% FAS 0,45	48
Tabel 4.8 Komposisi Mix Design Beton <i>Fly Ash</i> 90% FAS 0,45	49
Tabel 4.9 Komposisi Mix Design Beton <i>Fly Ash</i> 80% FAS 0,45	49
Tabel 4.10 Komposisi Mix Design Beton <i>Fly Ash</i> 100% FAS 0,55	50
Tabel 4.11 Komposisi Mix Design Beton <i>Fly Ash</i> 90% FAS 0,55	50
Tabel 4.12 Komposisi Mix Design Beton <i>Fly Ash</i> 80% FAS 0,55	51
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton FAS 0,45	53
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton FAS 0,55	55
Tabel 4.15 Hasil Pengujian SEM-EDX Beton Normal FAS 0,45	64
Tabel 4.16 Hasil Pengujian SEM-EDX Beton Campuran FAS 0,45 <i>fly ash</i> 100%... 65	
Tabel 4.17 Hasil Pengujian SEM-EDX Beton Campuran FAS 0,45 <i>fly ash</i> 90%..... 66	
Tabel 4.18 Hasil Pengujian SEM-EDX Beton Campuran FAS 0,45 <i>fly ash</i> 80%..... 66	
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Sifat Fisik Beton Normal SEM-EDX FAS 0,55	75
Tabel 4.20 Hasil Pengujian SEM-EDX EDX Campuran FAS 0,55 <i>fly ash</i> 100% 75	
Tabel 4.21 Hasil Pengujian SEM-EDX Campuran FAS 0,55 <i>fly ash</i> 90%	76
Tabel 4.22 Hasil Pengujian SEM-EDX Campuran FAS 0,55 <i>fly ash</i> 80%	77