

PEMANFAATAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH (FABA) PLTU PT TENAGA LISTRIK BENGKULU SEBAGAI BAHAN CAMPURAN SEMEN DAN AGREGAT HALUS PADA PEMBUATAN BETON NORMAL

Putri Ayu Sekar Harum¹, Yudhia Pratidina P², Elsa Rati Hariza³
ptriayuskrhrm@gmail.com¹, yudhiainfras@gmail.com², elsaratihariza@gmail.com³
Universitas Prof. DR. Hazairin SH

ABSTRAK

Pemanfaatan abu terbang (FABA), limbah hasil produksi PLTU, merupakan solusi inovatif untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus mendukung material konstruksi berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan FABA sebagai campuran semen dan agregat halus terhadap kuat tekan beton normal, serta menentukan proporsi FABA yang paling optimal. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan variasi campuran FABA sebesar 20%, 30%, dan 40% dari total semen dan agregat halus. Uji kuat tekan dilakukan pada beton berumur 28 hari. Hasil menunjukkan bahwa beton dengan campuran FABA 30% memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 19,61 MPa, melebihi beton normal sebesar 18,85 MPa. Sebaliknya, campuran FABA 20% dan 40% menghasilkan kuat tekan lebih rendah, yaitu 13,58 MPa dan 16,59 MPa. Dengan demikian, proporsi FABA 30% dinilai paling optimal dalam meningkatkan kekuatan tekan beton. Penelitian ini merekomendasikan FABA sebagai bahan campuran alternatif dalam pembuatan beton guna meningkatkan efisiensi serta mendukung pembangunan berkelanjutan di sektor konstruksi.

Kata Kunci: Limbah Abu Sisa Pembakaran PLTU.

ABSTRACT

The use of fly ash (FABA), a waste product from coal-fired power plants, is an innovative solution to reduce environmental impacts while supporting sustainable construction materials. This study aims to analyze the effect of adding FABA as a mixture of cement and fine aggregate on the compressive strength of normal concrete, and to determine the most optimal proportion of FABA. The method used was a laboratory experiment with variations in the FABA mixture of 20%, 30%, and 40% of the total cement and fine aggregate. Compressive strength tests were conducted on 28-day-old concrete. The results showed that concrete with a 30% FABA mixture had the highest compressive strength of 19.61 MPa, exceeding normal concrete by 18.85 MPa. Conversely, the 20% and 40% FABA mixtures produced lower compressive strengths, namely 13.58 MPa and 16.59 MPa, respectively. Thus, the 30% FABA proportion is considered the most optimal in increasing the compressive strength of concrete. This study recommends FABA as an alternative admixture in concrete production to increase efficiency and support sustainable development in the construction sector.

Keywords: Ash Waste From Burning Coal-Fired Power Plants.

PENDAHULUAN

Provinsi Bengkulu memiliki potensi energi alam yang besar, khususnya batubara yang menjadi sumber utama pembangkit listrik melalui PLTU. Namun, pembakaran batubara menghasilkan limbah padat berupa fly ash dan bottom ash (FABA) yang belum dimanfaatkan secara optimal. Jika tidak dikelola, limbah ini dapat mencemari lingkungan. Oleh karena itu, pemanfaatan FABA sebagai material campuran beton menjadi solusi inovatif untuk mengurangi limbah sekaligus mendukung konstruksi berkelanjutan.

Dalam rekayasa teknik sipil, beton merupakan material utama yang membutuhkan inovasi dalam penggunaan bahan tambah (aditif). Penelitian sebelumnya menyatakan

bahwa FABA berpotensi meningkatkan kekuatan beton karena sifat pozzolaniknya. Namun, proporsi optimal dalam campuran beton normal masih perlu diteliti lebih lanjut agar hasilnya efisien dan layak secara struktural.

Beberapa penelitian terdahulu, seperti oleh Nurwidayati (2025) dan Ulva (2023), menunjukkan bahwa penambahan fly ash dapat mempengaruhi kekuatan beton, tergantung pada proporsi dan kondisi pengolahan. FABA juga telah digunakan sebagai bahan dasar jalan dan substitusi parsial semen. Namun, keterbatasan pada efisiensi penggunaannya di berbagai lokasi dan kondisi perlu dievaluasi lebih spesifik, terutama untuk wilayah Bengkulu.

Penelitian ini bertujuan untuk:

- Menganalisis pengaruh penambahan FABA dari PLTU PT Tenaga Listrik Bengkulu terhadap kuat tekan beton normal.
- Menentukan proporsi optimal FABA sebagai campuran semen dan agregat halus yang mampu memberikan kekuatan tekan terbaik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium untuk menganalisis pengaruh penambahan fly ash dan bottom ash (FABA) terhadap kuat tekan beton normal. FABA yang digunakan berasal dari PLTU PT Tenaga Listrik Bengkulu. Variasi campuran FABA yang diterapkan adalah sebesar 20%, 30%, dan 40% dari total berat semen dan agregat halus. Beton diuji pada umur 28 hari menggunakan standar pengujian kuat tekan SNI 1974:2011.

Material yang digunakan dalam penelitian meliputi semen Portland, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah), air, serta FABA. Proses pembuatan benda uji dilakukan di laboratorium Struktur dan Material Universitas Prof. Dr. Hazairin, S.H., dengan dimensi silinder standar 15×30 cm.

Pengujian melibatkan tiga sampel untuk setiap variasi campuran. Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif kuantitatif, dengan menghitung nilai rata-rata, standar deviasi, dan grafik perbandingan kuat tekan antar variasi. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan dibandingkan dengan standar mutu beton normal serta penelitian terdahulu guna memperoleh proporsi FABA yang paling optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengujian material dan spesimen dilakukan berdasarkan prosedur serta standar yang tercantum dalam ketentuan SNI. pengerjaan eksperimen Diatur berdasarkan jadwal penelitian dan rencana kerja. persetujuan pemakaian laboratorium Fakultas Teknik Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH.

A. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Uji kadar lumpur dilakukan pada agregat halus menggunakan serangkaian metode yang diisyaratkan dalam SNI S-04-1989-F, pengujian dilakukan dengan merendam sampel dalam gelas ukur, kemudian mengukur volume lumpur yang mengendap setelah pengadukan. Dalam pengujian ini, volume pasir yang terukur adalah 30 mL, dan volume lumpur yang terendap adalah 0,5 mL. Kadar lumpur dihitung dengan rumus.

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{0,5}{30 + 0,5} \times 100 = 1,64\%$$

Hasil uji menunjukkan bahwa kadar lumpur pada agregat halus mencapai 1,64%, yang masih berada dalam, di mana batas Batas atas kadar lumpur dalam agregat halus adalah 5%.

B. Analisis Gradasi (Sieve Analysis) Agregat Halus

Proses analisis gradasi agregat halus dilaksanakan dengan mengikuti prosedur yang telah ditetapkan dalam standar SNI-3-2834-2000. Dalam pengujian ini, berbagai ukuran butir agregat halus diukur dan dianalisis untuk mengetahui distribusi partikel berdasarkan ukuran saringan yang digunakan. Pengujian dilakukan mulai dari penimbangan sampel, penyaringan, hingga pengukuran fraksi Butiran agregat yang tersisa pada tiap saringan. Hasil dari seluruh rangkaian pengujian ini disajikan secara rinci dalam tabel berikut, yang menggambarkan distribusi gradasi agregat halus berdasarkan ukuran butir yang telah diuji.

Tabel I. Hasil analisis saringan agregat halus

Matrial Halus					
Alat		Tertahan		Komulatif	
Saringan no.		Gram	Presentasi (%)	Tinggal (%)	Lolos (%)
#2,36	(no. 8)	154,5	15,45	15,45	100,00
#1,19	(no. 16)	143,7	14,37	29,82	70,18
#0,6	(no. 30)	294,1	29,41	59,23	40,77
#0,3	(no. 50)	203,4	20,34	79,57	20,43
#0,15	(no. 100)	192,7	19,27	98,84	1,16
#0,075	(no. 200)	9,8	0,98	99,82	0,18
Pan		1,8	0,18	100,00	0,00
Jumlah		1000	100,00		
MHB		2,83			

Berdasarkan hasil pengujian, diketahui bahwa nilai Nilai kehalusan butiran pasir yang diperoleh adalah sebesar 2,83.

C. Berat Jenis Agregat Halus (SSD)

Uji terhadap Penentuan berat jenis agregat halus didasarkan pada standar SNI 03-2834-2000. Di bawah ini disajikan tabel hasil uji Untuk mengukur massa jenis kering muka jenuh (SSD) dari agregat halus berupa (pasir).

Tabel II. Hasil uji berat jenis matrial kasar (SSD)

Pengujian		Agregat Halus
Berat Agregat SSD	(g)	300
Berat Piknometer + Air	(g)	916,4
berat Piknometer + Air + Agregat	(g)	1098,22
Berat Jenis agregat SSD		2,539

Rumus:

$$SSD = \frac{s}{B+S-C} = \frac{300}{916,4+300-1098,22} = 2,539$$

Keterangan:

S= massa agregat SSD (g)

B= massa piknometer + air (g)

C= massa piknometer + air + agregat (g)

SSD= massa Jenis agregat SSD

keadaan saturasi permukaan keringpermukaan (SSD) dilakukan dengan menggunakan sampel seberat 300 gram. Hasil penimbangan menunjukkan bahwa massa piknometer berisi air dan agregat halus adalah 1098,22 gram, sedangkan berat piknometer berisi air saja tercatat sebesar 916,4 gram. Berdasarkan data tersebut, diperoleh nilai Kerapatan massa agregat halus.

D. Analisis Gradasi (Sieve Analysis) Agregat Kasar

Pengujian distribusi butiran untuk agregat kasar (batu pecah) dilaksanakan menggunakan serangkaian saringan yang disusun berdasarkan standar gradasi yang tercantum SNI-03-2834-2000. Agregat yang digunakan memiliki ukuran $\frac{1}{2}$ inci.

Tabel III. Hasil analisis saringan agregat kasar

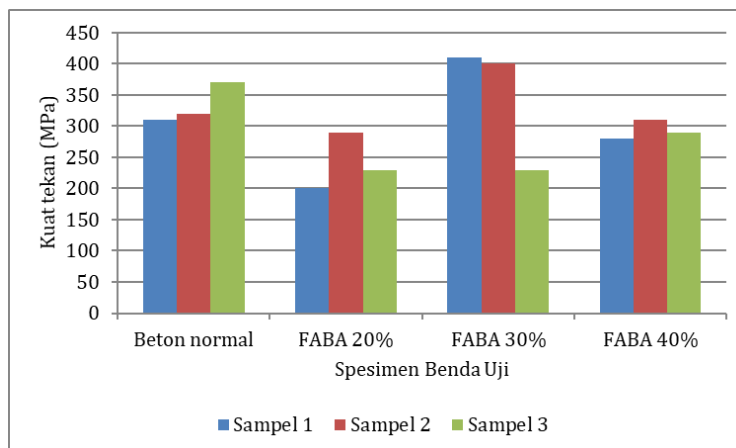
Material Kasar				
Alat	Tertinggal		Total keseluruhan	
penyaring no.	Gram	Persentase (%)	Tinggal (%)	Lolos (%)
#19 (3/4 in)	478,4	13,67	13,67	86,33
#9,5 (3/8 in)	2872,8	82,08	95,75	4,25
#4,75 (no. 4)	74,7	2,13	97,88	2,12
#2,36 (no. 8)	25,1	0,72	98,60	1,40
#2,00 (no. 10)	24	0,69	99,29	0,71
Pan	25	0,71	100,00	0,00
Jumlah	3500	100,00		

E. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

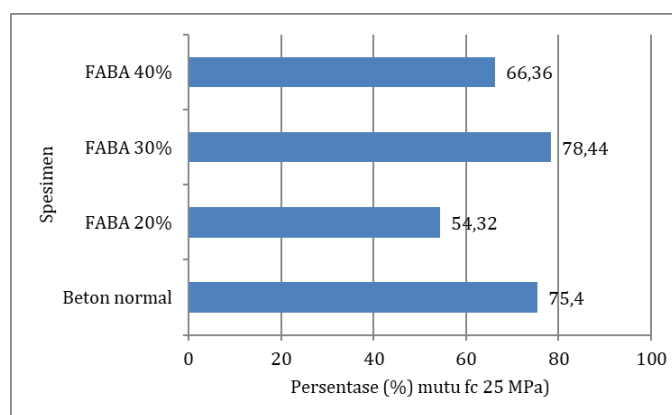
Penelitian ini untuk mengevaluasi karakteristik mutu tekan beton berdasarkan acuan SNI 1974:2011. Metode yang dipakai meliputi pengujian mutu tekan beton, dengan fokus utama pada analisis perbandingan antara beton normal dan beton dengan campuran limbah hasil pembakaran batubara (FABA), berdasarkan variasi proporsi FABA yang ditambahkan ke dalam campuran beton. Pengujian Diterapkan Uji pada silinder 15×30 cm Pengukuran kekuatan tekan beton dilaksanakan pada usia duapuluh lapan hari, dengan kuat tekan rencana (f_c') sebesar 25 MPa. Uji melibatkan empat spesimen, di mana setiap spesimen terdiri atas 3 sampel, sehingga jumlah total benda uji adalah 12 sampel. Berikut disajikan Data uji kuat tekan beton yang diperoleh dari uji di lab.

Tabel III Pengujian kuat tekan

Spesi Men	Slump	Berat rata-rata benda uji (kg)	Gaya Tekan (Kn)				Luas penampang (mm ²)	Kuat tekan (MPa)	Persentase f_c' 25
			Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata rata			
Beton Normal	12,50	12,20	310	320	370	333,33	17678,6	18,85	75,4
FABA 20%	13,50	12,30	200	290	230	240	17678,6	13,58	54,32
FABA 30%	12,00	12,10	410	400	230	346,66	17678,6	19,61	78,44
FABA 40%	13,00	11,80	280	310	290	293,33	17678,6	16,59	66,36



Gambar I Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton.



Gambar II. Grafik Persentase (%) Nilai Kuat Tekan Beton Terhadap Beton Normal

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa pemanfaatan fly ash dan bottom ash (FABA) dari PLTU Bengkulu sebagai bahan campuran semen dan agregat halus pada beton normal dapat memengaruhi kekuatan tekan beton secara signifikan. Berdasarkan pengujian pada umur 28 hari, diperoleh hasil bahwa penambahan FABA sebesar 30% menghasilkan kuat tekan tertinggi yaitu 19,61 MPa, melebihi beton normal sebesar 18,85 MPa. Sebaliknya, campuran FABA sebesar 20% dan 40% menurunkan kekuatan beton menjadi masing-masing 13,58 MPa dan 16,59 MPa.

Dengan demikian, penambahan FABA sebesar 30% merupakan proporsi yang paling optimal untuk meningkatkan kuat tekan beton. Temuan ini menunjukkan bahwa FABA berpotensi sebagai bahan alternatif dalam produksi beton, mendukung pengelolaan limbah industri sekaligus mendorong penerapan material ramah lingkungan dalam bidang konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, F. (2021). Karakterisasi dan Potensi Pemanfaatan Fly Ash dan Bottom Ash (FABA). *Buletin Sumber Daya Geologi*, 16(1), 53–70.
- Bagus, I. (2022). Studi Pengaruh Penggunaan Fly Ash Dan Bottom Ash Terhadap Campuran Beton Aspal Lapis Antara (AC-BC).
- Gunawan, G., & Nono. (2019). Potensi Pemanfaatan Bahan Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash Untuk Lapisan Fondasi Jalan. *Jurnal Jalan-Jembatan*, 36(1), 19–29.
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan

Variasi Kuat Tekan Beton. Jurnal Sipil Statik.

Ulva, N. (2023). Analisa Pengaruh Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash (FABA) Sebagai Pengganti Semen Dan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton.