

PERILAKU LENTUR BALOK BETON BERTULANG DENGAN BAHAN TAMBAH FLY ASH BATUBARA

Arbain Tata^{1*}, Sabaruddin¹

*Arbain.tata@unkhair.ac.id

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Khairun
Jln. Pertamina Gambesi Ternate 5528 INDONESIA

Abstrak : Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efek dari penambahan fly ash sebagai agregat halus pada kapasitas lentur balok. Selain itu, tujuan lainnya adalah untuk mengetahui komposisi optimum fly ash yang ditambahkan sebagai material halus pada beton karakteristik. Dari Komposisi campuran optimum yang didapatkan diaplikasikan pada balok lentur dan sejauh mana kapasitas balok lentur tersebut. Dalam penelitian ini digunakan tujuh buah benda uji berupa balok persegi ukuran 15 cm x 10 cm dengan Panjang 122 cm. Dari hasil uji kuat tekan beton menunjukkan terjadi penurunan kekuatan dari penambahan fly ash konsentrasi 50% (Parsial) hingga 62% dibandingkan dengan beton normal. Kapasitas balok beton bertulang kecenderungan berperilaku sama dengan karakteristiknya yaitu kapasitas menurun seiring dengan penambahan fly ash terhadap berat semen. Model keruntuhan kecenderungan berperilaku sama yaitu retak lentur dimana retak terjadi secara bertahap dari sisi tarik ke sisi desak seiring dengan penambahan beban.

Kata kunci: Balok lentur, Beton bertulang, Fly Ash, Perilaku

I. PENDAHULUAN

Salah satu bentuk pemanfaatan material alami yang dapat dimanfaatkan karena dapat memberikan keuntungan bagi beton dan juga pada lingkungan hidup adalah pemanfaatan material abu terbang (fly ash). Abu terbang atau yang lebih dikenal sebagai fly ash merupakan produk samping hasil pembakaran batubara yang berkontribusi pada kenaikan limbah industri global. Sekitar 80-90 % fly ash dan 10-20% bottom ash (abu dasar) dihasilkan baik dari industri - industri berbasis batubara maupun dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) batubara. Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup 2006, limbah fly ash batubara yang dihasilkan PLTU batubara mencapai 52,2 ton/hari, sedangkan limbah bottom ash mencapai 5,8 ton/hari.

Diketahui bahwa limbah merupakan bahan sisa atau buangan yang berasal dari suatu aktivitas atau kegiatan baik dari industri maupun domestik yang dapat memberikan dampak negatif bila tidak dikelola dan dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat. Olehnya itu diperlukan upaya-upaya tertentu yang diharapkan dapat mengurangi dampak yang ditimbulkan adanya limbah yaitu dengan menjadikan limbah sebagai bahan pengganti untuk material penyusun bangunan konstruksi. Salah satunya yaitu pemanfaatan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar. Abu terbang adalah abu sisa pembakaran batu bara, berupa butiran halus ringan, tidak porous, dan bersifat pozzolanik. Abu terbang tidak memiliki kemampuan mengikat seperti semen tapi dengan adanya air dan partikel ukuran halus, oksida silica yang terkandung di dalamnya akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Pembakaran batu bara kebanyakan digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap. Produk limbah PLTU tersebut mencapai 1 juta ton per tahun.

PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) yang menghasilkan abu terbang ini misalnya PLTU Surabaya, PLTU Paiton dan PLTU Tanjung Jati. Abu terbang juga dihasilkan oleh pabrik kertas maupun pabrik kimia. Sekitar 75-90% abu yang keluar dari cerobong asap dapat ditangkap oleh sistem elektrostatik precipitator. Sisa yang lain didapat di dasar tungku (disebut bottom ash). Mutu fly ash tergantung pada kesempurnaan proses pembakarannya.



Gambar 1. Material Fly Ash

Material ini mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik. Kandungan fly ash sebagian besar terdiri dari silikat dioksida (SiO_2), aluminium (Al_2O_3), besi (Fe_2O_3) dan kalsium (CaO), serta magnesium, potasium, sodium, titanium, dan sulfur dalam jumlah yang lebih sedikit. [1].

Sebagai sebuah campuran, abu terbang (fly ash) berfungsi baik sebagai pengganti atau tambahan untuk semen portland dan bisa ditambahkan langsung ke dalam campuran beton di batching plant. Sebagian besar komposisi kimia dari abu terbang tergantung tipe batu bara, menurut ASTM C618-86, terdapat dua jenis abu terbang, kelas F dan C. kelas F dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis antrasit dan bituminous, sedangkan kelas C dari batu bara jenis lignite dan subbituminous. Kelas C memiliki kadar kapur tinggi. Fly ash dapat dibedakan menjadi 3 jenis (ACI Manual of Practice 1993 Parts 1 226.3R-3) yaitu: Kelas C, Fly ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batu bara (batu bara muda). Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%, Kadar CaO mencapai 10% Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15%-35% dari total berat semen. Kelas F, Fly ash yang mengandung CaO lebih kecil 10% yang dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batu bara. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%, kadar CaO < 5%. Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15%-25% dari total berat semen. Kelas N, pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chertz dan shales, tuff dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik.

II. METODOLOGI

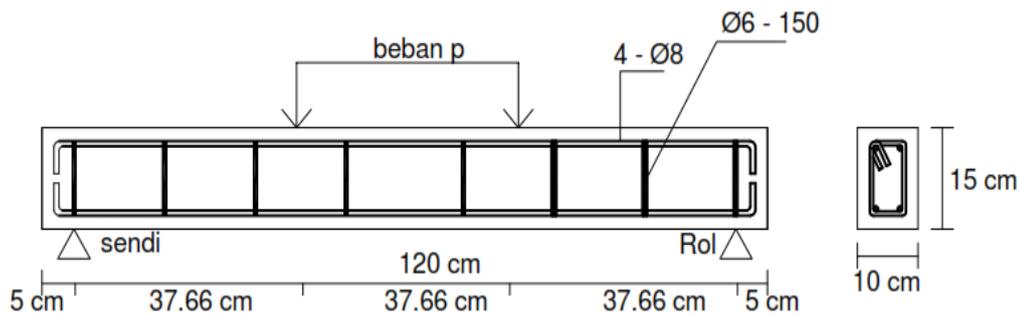
Penelitian ini menggunakan metode SNI 03-4810-1998 [2]. Dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Khairun Ternate. Adapun beberapa tahapan pembuatan adukan beton adalah sebagai berikut: Melakukan penimbangan bahan-bahan seperti semen, pasir, kerikil, dan air sesuai dengan kebutuhan rencana campuran adukan beton. Memasukan semen, pasir, kerikil, air, kedalam mixer, dilanjutkan dengan menhidupkan mixer tersebut. Pada saat mixer mulai berputar diusahakan selalu dalam keadaan miring 45° , agar terjadi adukan beton yang merata. Mempersiapkan cetakan-cetakan yang akan dipakai untuk mencetak benda uji dengan terlebih dahulu diolesi oli. Mengeluarkan adukan beton dari mixer dan di tampung pada talam. Memasukan adukan beton kedalam cetakan dengan memakai cetok, dilakukan dengan menggunakan vibrator agar tidak keropos, Adukan yang telah dicetak ditempatkan pada tempat yang terlindungi dari sinar matahari dan hujan serta di diamkan ± 24 jam. Benda Uji Silinde yang digunakan dalam penelitian ini diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas. Dalam

pengujian ini dilakukan dengan menggunakan Mesin Uji Tekan sehingga didapat nilai tegangan dan regangan.

Tabel 1. Jumlah dan Variasi Pengujian benda uji silinder

No	Kode	Benda uji	Variasi	jumlah	keterangan
1	SN-T	Silinder	0 %	2	Silinder normal uji kuat tekan
2	SN-E	silinder		2	Silinder normal uji elastisitas
3	SF-T1	Silinder	15%	2	Silinder Variasi Fly Ash uji kuat tekan
4	SF-E1	Silinder		2	Silinder Fly ash uji elastisitas
5	SF-T2	silinder	30%	2	Silinder Variasi Fly Ash uji kuat tekan
6	SF-E1	Silinder		2	Silinder Fly ash elastisitas
7	SF-T3	Silinder	50%	2	Silinder Variasi Fly Ash uji kuat tekan
8	SFE3	slinder		2	Silinder Fly ash uji elastisitas

Untuk benda uji balok dengan dimensi P = 120 cm, L = 10 cm dan T = 15 cm. Tulangan utama yang dipakai adalah baja Ø8 berjumlah 4 buah dan tulangan sengkang baja Ø6 dengan jarak 150 mm, selimut beton yang dipakai yaitu 2 cm untuk semua Variasi balok. Benda uji balok mempunyai 4 Variasi yang berbeda yang terdiri dari beton Normal (BN) dengan Variasi Fly Ash 0%, Beton Variasi 1 (BF-1) dengan Variasi 15%, beton Variasi 2 (BF-2) dengan variasi 30%, dan beton Variasi 3 (BF-3) dengan dengan Variasi 50% jumlah masing-masing Variasi benda uji balok berjumlah 2 buah.



Gambar 2. Rencana pengujian benda uji balok

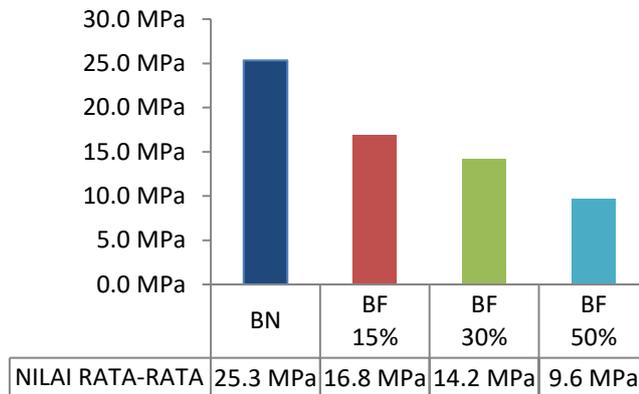
Tabel 2. Jumlah Dan Variasi benda uji balok

No	Nama	Variasi Fly Ash	Keterangan
1	BN.1	0%	Beton Normal
	BN.2		
2	BF.1.1	15%	Beton Fly Ash 15%
	BF.1.2		
3	BF.2.1	30%	Beton Fly Ash 30%
	BF.2.2		
4	BF.3.1.	50%	Beton Fly Ash 50%
	BF.3.2		

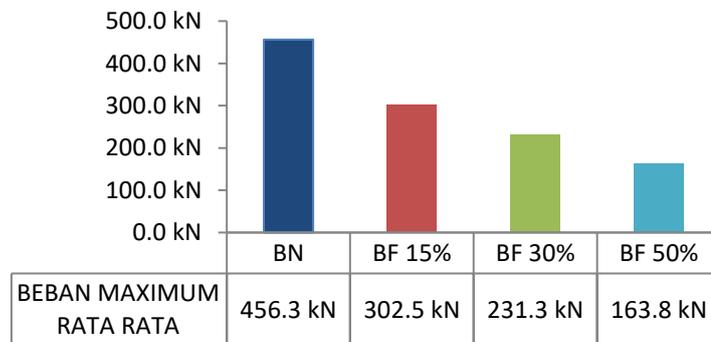
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa mutu beton normal cukup dekat dengan hasil yang direncanakan 25 MPa [3]. Hasil kuat tekan karakteristik untuk benton normal sebesar 25,3 MPa hasil kuat tekan karakteristik untuk beton variasi sebesar 16,8 MPa untuk variasi Fly Ash

15%, 14,2 MPa untuk beton Variasi Fly Ash 30%, dan 9,6 untuk Variasi Fly Ash 50%. Seperti pada Gambar 3 & Gambar 4. Dibawah ini [4], [5], [6], [7],& [8].



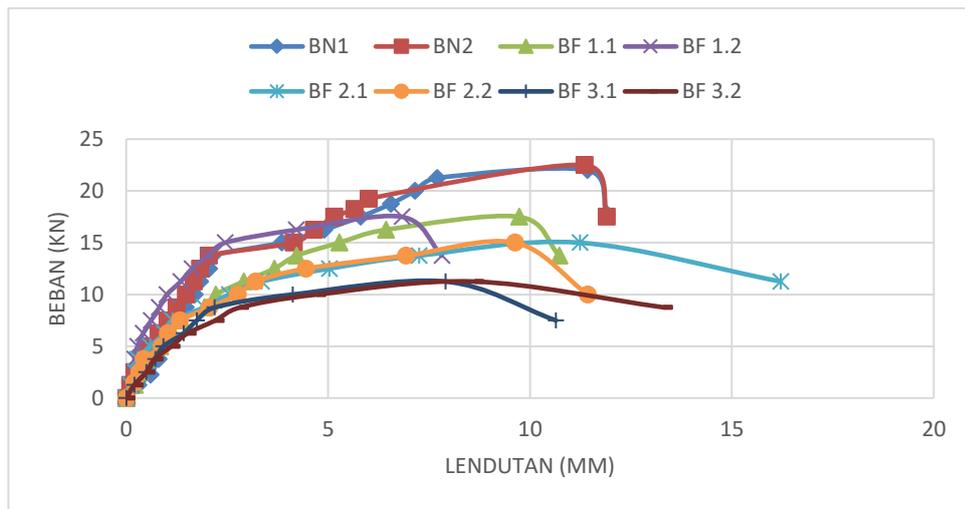
Gambar 3. Perbandingan kuat tekan BN dan BF



Gambar 4. Grafik elastisitas beton

Dari hasil pengujian balok normal (BN 1), didapat beban awal retak sebesar 6.25 kN dengan lendutan 1.05 mm, beban pertama saat leleh 13.75 kN dengan lendutan 2.26 mm, beban maximum sebesar 22 kN dengan lendutan 10,15 mm. Dan dari hasil analisis yang didapat untuk awal retak sebesar 5.95 kN, beban leleh pertama 13.12 kN, dan beban maximum sebesar 21.89. Dari hasil pengujian balok normal sampel (BN 2), didapat beban awal retak sebesar 6.25 kN dengan lendutan 0.80 mm, beban pertama saat leleh 13.75 kN dengan lendutan 2.04 mm, beban maximum sebesar 22.5 kN dengan lendutan 11.35 mm. Dan dari hasil analisis yang didapat untuk awal retak sebesar 5.96 kN, beban leleh pertama 13.12 kN, dan beban maximum sebesar 21.89. Dari hasil pengujian balok Variasi sampel (BF 1.1), didapat beban awal retak sebesar 6.25 kN dengan lendutan 1.03 mm, beban pertama saat leleh 11.25 kN dengan lendutan 2.03 mm, beban maximum sebesar 17.5 kN dengan lendutan 7.82 mm. Dan dari hasil analisis yang didapat untuk awal retak sebesar 5.43 kN, beban leleh pertama 10.39 kN, dan beban maximum sebesar 17. Dari hasil pengujian balok Variasi sampel (BF 1.2), didapat beban awal retak sebesar 6.25 kN dengan lendutan 1.24 mm, beban pertama saat leleh 11.25 kN dengan lendutan 2.72 mm, beban maximum sebesar 17.5 kN dengan lendutan 7.10 mm. Dan dari hasil analisis yang didapat untuk awal retak sebesar 5.17 kN, beban leleh pertama 10.41 kN, dan beban maximum sebesar 16.98. Dari hasil pengujian balok Variasi sampel (BF 2.1), didapat beban awal retak sebesar 5 kN dengan lendutan 0.5 mm, beban pertama saat leleh 11.25 kN dengan lendutan 3.82 mm, beban maximum sebesar 15 kN dengan lendutan 8.99 mm. Dan dari hasil analisis yang didapat untuk awal retak sebesar 4.43 kN, beban leleh pertama 10.22 kN, dan beban maximum sebesar 14.14. Dari hasil pengujian balok Variasi sampel (BF 2.2), didapat beban awal retak sebesar 5 kN dengan lendutan 0.54 mm, beban pertama saat leleh 11.25 kN dengan lendutan 5.32 mm, beban maximum sebesar 15 kN dengan lendutan 9.63

mm. Dan dari hasil analisis yang didapat untuk awal retak sebesar 4.43 kN, beban leleh pertama 10.22 kN, dan beban maximum sebesar 14.14. Dari hasil pengujian balok Variasi sampel (BF 3.1), didapat beban awal retak sebesar 5 kN dengan lendutan 0.92 mm, beban pertama saat leleh 10 kN dengan lendutan 4.33 mm, beban maximum sebesar 15 kN dengan lendutan 7.91 mm. Dan dari hasil analisis yang didapat untuk awal retak sebesar 3.78 kN, beban leleh pertama 9.50 kN, dan beban maximum sebesar 10.48. Dari hasil pengujian balok Variasi sampel (BF 3.2), didapat beban awal retak sebesar 5 kN dengan lendutan 1.12 mm, beban pertama saat leleh 10 kN dengan lendutan 5.32 mm, beban maximum sebesar 15 kN dengan lendutan 7.82 mm. Dari hasil analisis yang didapat untuk awal retak sebesar 3.91 kN, beban leleh pertama 9.85 kN, dan beban maximum sebesar 10.51 dapat ditunjukkan pada gambar 5 dibawah.



Gambar 5. Grafik hubungan beban dan lendutan gabungan BN dan BF

Dari gambar 5 tersebut menunjukkan terjadi penurunan kekuatan secara signifikan dari Variasi konsentrasi play ash yang digunakan terhadap beton normal.

Dari hasil peninjauan pada kondisi benda uji menunjukkan terjadi retak lentur hampir pada semua balok, mengindikasikan terjadinya gagal lentur akibat beban yang diberikan. Retak lentur adalah retak yang terjadi akibat kegagalan balok yang berupa retak yang merambat secara vertical dari sisi Tarik menuju ke sisi tekan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini [9], [10], [11] & [12].



a. Retak lentur pada BN



b. Retak lentur pada BF 1.1



c. Retak lentur pada BF 1.2



d. Retak lentur pada BF 2.1



e. Retak lentur pada BF 2.1



f. Retak lentur pada BF 3.1



g. Retak Lentur Pada BF 3.2

Gambar 6. Pola Retak Pada Masing-Masing Balok

IV. KESIMPULAN

Dari hasil uji kuat tekan beton menunjukkan terjadi penurunan kekuatan dari penambahan fly ash konsentrasi 50% (Parsial) mengalami penurunan kekuatan dari 25,3 MPa sampai pada 9,6 MPa atau penurunan kekuatan sebesar 62% dibandingkan dengan beton normal. Kapasitas balok beton bertulang kecenderungan berperilaku sama dengan karakteristiknya yaitu kapasitas menurun seiring dengan penambahan fly ash terhadap berat semen. Model keruntuhan kecenderungan berperilaku sama yaitu retak lentur dimana retak terjadi secara pertikal merambat dari sisi tarik ke sisi desak seiring dengan penambahan beban.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat pada penelitian ini mulai dari proses pengumpulan data hingga artikel ini diterbitkan. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada LP2M Universitas Khairun yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Kompetitif Unggulan Perguruan Tinggi (PKUPT) Pasca.

REFERENSI

- [1] Antoni dan Paul Nugraha., 2007. Teknologi Beton. Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- [2] Anugrah, A. Besse. 2016. Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang dengan Menggunakan Styrofoam. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Makassar.
- [3] SNI 03-4810-1998. Tata Cara Pembuatan Beton Normal. Badan Standardisasi Nasional
- [4] ASTM C39/C39M – 12a, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, October 2012.
- [5] ASTM C469/C469M – 10, 2010. Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression, Oktober 2010.
- [6] ASTM C494/C494M – 13, 2013. Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete, April 2013.
- [7] ASTM C-150, 2007. Standard Specification for Portland Cement, juni 2007
- [8] ASTM C496/C496M-11, 2011 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimen, August 2011.
- [9] Daniel L. Schodek. (1999), "Struktur", Penerbit Erlangga, Jakarta. Anonim. 1991.
- [10] Metode Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium SNI 03-2493-1991.
- [11] Kukun Rusyandi, Jamul Mukadis, Yadi Gunawan. 2012. Perancangan Beton Self Compacting Concrete (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan Fly Ash dan Structuro. STT Garut. ISSN: 2302-7312 Vol. 10. No 01 2012
- [12] Marsianus, A Lisantono. 2015. Pengaruh Penambahan Fly Ash Padabeton Mutu Tinggi Dengan Silica Fume Dengan Filler Pasir Kwarsa. Jurnal. 7-8 Oktober 2015.
- [13] Sugianto P., Budi S A., & Kristiawan A S. 2018. Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete (HVFA-SCC) Usia 28 Hari. E-JurnalMatriks Teknik Sipil. Vol. 6, No. 4.

Halaman ini sengaja untuk dikosongkan