

TINJAUAN PENGGUNAAN ABU SISA PEMBAKARAN BATU BARA PABRIK DILEM TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Dwi Sri Wiyanti¹, Taufik Dwi Laksono¹, Atiyah Barkah¹

¹ Prodi Teknik Sipil, Universitas Wijayakusuma Porwokerto

Email : sriwiyanti2@yahoo.com

Abstrak

Banyak penelitian beton menggunakan substitusi material pengganti berupa abu terbang (*fly ash*) yang berasal dari abu sisa pembakaran batu bara dari Industri PLTU. Penggunaan batu bara juga dimanfaatkan industri pengolahan daun Dilem di PT. SCI di daerah Purbalingga. Untuk pemanfaatan limbah abu sisa pembakaran Industri Daun Dilem dilakukan penelitian tentang kuat tekan beton menggunakan abu sisa pembakaran batubara dari PT. SCI. Tujuan dari penelitian adalah mengetahui pengaruh penggunaan abu sisa pembakaran batu bara terhadap kuat tekan beton dan mengetahui selisih kuat tekan beton yang dihasilkan dengan prosentase abu sisa pembakaran batu bara 10%, 12,5%, 15%, dan 17,5% terhadap berat semen. Penggunaan abu sisa pembakaran batubara mempengaruhi kuat tekan beton yang dihasilkan, dengan prosentase abu sisa pembakaran batubara sebesar 12,5% sebagai substitusi semen memberikan kuat tekan beton paling maksimal sebesar 23,0 Mpa.

Kata Kunci : Beton, Kuat tekan beton, Abu Terbang, Abu Sisa Pembakaran batu bara.

Abstract

Many concrete study studied the use of substitute material that is fly ash, a coal combustion product from the steampowered electric generator. Coal is also used by PT. SCI, a Dilem leaves processing industry in Purbalingga regency. To determine whether the utilization of the residual ash from coal combustion of Dilem leaves industry meet the required compressive strength, a study was conducted on the compressive strength of concrete that use coal combustion ashes from PT SCI. The purpose of this study is to find out the effect of using coal combustion ash on concrete compressive strength and to find out the deviation in compressive strength of concrete that produced with the 10%, 12.5%, 15%, and 17.5% of coal combustion ashes on the weight of cement. The use of coal combustion ash affects the compressive strength of concrete and 12.5% of coal combustion ash as a cement substitution gives the maximum compressive strength that is 23.0 Mpa.

Keywords: Concrete, Compressive Strength of Concrete, Fly Ash, Coal Combustion Ash

1. Pendahuluan

Beton merupakan hasil campuran dari agregat kasar dan agregat halus dan diikat dengan pasta semen. Dalam pembuatan campuran beton tidak lepas dari rancangan campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, dan air. Secara umum beton yang di hasilkan dengan campuran normal mempunyai berat jenis sekitar 2400 kg/m³. Mutu atau kualitas beton juga tergantung pada jenis agregat, diantaranya agregat halus yaitu berupa pasir dan komponen utama pembuatan beton yaitu *portland cement* (PC) yang digunakan sebagai bahan campuran pembuatan beton. Untuk mencapai kuat tekan beton yang baik perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena pada umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan semakin tinggi kekuatan dan *durability*nya.

Telah banyak penelitian tentang beton yang menggunakan penambahan / substitusi material pengganti terhadap material utama beton yang menghasilkan kuat tekan beton yang mencapai bahkan melebihi kuat tekan yang direncanakan.

Karwur [1] melakukan penelitian tentang kuat tekan beton dengan bahan tambah serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen. Dairi dan Aminuddin [2] melakukan studi analisis pemanfaatan bahan kapur alam sebagai pengganti sebagian semen. Usrina [3] melakukan penelitian tentang kuat tekan beton mutu tinggi hybrid dengan substitusi semen dan agregat halus serta penambahan nano material bijih besi.

Penelitian tentang beton yang menggunakan substitusi material pengganti juga banyak dilakukan dengan menggunakan material abu terbang (*fly ash*) yang berasal dari limbah atau abu sisa pembakaran

batu bara yang berasal dari PLTU.

Penelitian tentang Kuat Tekan Beton dengan Aditif Flyash ex. PLTU MPANAU TAVAEI Suarnita [4] melakukan penambahan flyash sebesar 5%, 10%, 15%, dan 25% dan terjadi peningkatan kuat tekan antara 5,088%, 9,473%, 12,103%, 14,034% hingga 15,4% dari beton normal.

Penelitian tentang Kuat Tekan Mortar dengan Menggunakan Abu Terbang (*fly ash*) asal PLTU Amurang sebagai Substitusi Parsial Semen Wenno dkk [5], menyimpulkan bahwa kuat tekan mortar yang menggunakan abu terbang sebagai substansi parsial semen diperoleh $f'c$ optimum = 6,18 Mpa dibanding dengan yang tidak menggunakan abu terbang $f'c$ min = 4,6 Mpa, kuat tekan kondisi optimum mengalami kenaikan sebesar 25,57% dari kuat tekan tanpa menggunakan abu terbang dengan substitusi parsial semen. Analisa Kuat Tekan Mortar Beton Flyash dari Industri PLTU Tanjung Jati B Jepara dengan Menggunakan Pasir Sungai Tempur Kabupaten Jepara Qomaruddin dkk [6] menyimpulkan bahwa penambahan *fly ash* dari PLTU Tanjung Jati B Jepara yang menghasilkan kuat tekan murni tertinggi adalah pada penambahan 20% sebesar 8,63 Mpa dan penambahan 30% sebesar 8,57 Mpa. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan penambah dalam penelitian - penelitian sebelumnya diambil dari sisa bahan bakar batu bara pada industri PLTU.

Penggunaan bahan bakar batu bara tidak hanya dimanfaatkan di industri PLTU, juga dimanfaatkan pada industri pengolahan daun Dilem (daun Nilam) di PT. SCI di daerah Purbalingga. Untuk pemanfaatan limbah abu sisa pembakaran batu bara dari Industri daun Dilem maka dilakukan penelitian tentang kuat tekan beton pada komposisi campuran beton yang menggunakan abu sisa pembakaran batubara dari Pabrik Dilem PT. SCI Purbalingga sehingga dapat menambah literasi material penyusun beton dengan memanfaatkan limbah dan mengurangi dampak lingkungan.

Permasalahan yang ada dalam penelitian ini adalah

1. Seberapa besar pengaruh penggunaan abu sisa pembakaran batu bara sebagai bahan substitusi material semen terhadap kuat tekan beton?
2. Berapakah selisih kuat tekan beton yang dihasilkan dengan menggunakan abu sisa pembakaran batu bara dengan prosentase 10%, 12,5%, 15%, 17,5% terhadap berat semen?

Dari perumusan masalah dapat ditentukan tujuan dari penelitian adalah :

1. Mengetahui pengaruh penggunaan abu sisa pembakaran batu bara terhadap kuat tekan beton.
2. Mengetahui selisih kuat tekan beton yang dihasilkan dengan menggunakan abu sisa pembakaran batu bara dengan prosentase 10%, 12,5%, 15%, dan 17,5% terhadap berat semen.

2. Metode Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian tentang tinjauan kuat tekan beton pada komposisi campuran beton yang menggunakan abu sisa pembakaran batu bara dari Pabrik Daun Dilem dilakukan pengujian bahan beton dan persiapan bahan dan peralatan. Bahan-bahan yang digunakan adalah :

- a. Agregat halus yang digunakan adalah pasir serayu
- b. Agregat Kasar yang digunakan adalah batu pecah yang berasal dari mesin pemecah batu (*stone crusher*)
- c. Semen yang digunakan adalah semen jenis PCC (Portland Cement Composit)
- d. Material / Bahan Pengganti

Material / Bahan Pengganti berupa abu sisa pembakaran Batu bara adalah serbuk halus sisa hasil pembakaran batubara yang dibuang melalui cerobong. Menurut ASTM C 618 [7] Abu Sisa Pembakaran Batubara dibagi menjadi dua kelas, yaitu kelas F dan C. Perbedaan utama dari kedua jenis kelas tersebut adalah banyaknya kalsium, silika dan kadar besi pada abu tersebut. Akan tetapi tidak semua *fly ash* dapat memenuhi persyaratan ASTM C618, kecuali pada aplikasi untuk beton, persyaratan tersebut harus dipenuhi. [7]

- a. *Fly Ash* Kelas F

Merupakan abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis antrasit pada suhu kurang lebih 1560°C, mempunyai sifat *pozzolanic* dan untuk mendapatkan sifat *cementitious* harus diberi penambahan *quick lime*, *hydrated lime*, dan semen. *Fly ash* kelas F ini kadar kapurnya rendah (CaO) < 10%

- b. *Fly Ash* Kelas C

Diproduksi dari pembakaran batubara lignite atau batubara dengan kadar kapur diatas 10%

- c. *Fly Ash* Kelas N

Hasil kalsinasi *pozzolan* alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opaline chertz*, *shales*, *tuff*, dan abu vulkanik, baik yang diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran.

Menurut SK SNI S-04-1989-F (DPU: 1989) [8], *pozzolan* merupakan bahan yang mengandung silika. Penambahan mineral berupa silika ke dalam campuran beton merupakan salah satu cara meningkatkan mutu semen, yang berarti juga meningkatkan mutu beton yang dihasilkan. Adapun persyaratan kimia *pozzolan* yang dapat digunakan sebagai bahan campuran beton menurut SK SNI S-04-1989-F dapat dilihat di tabel 1 berikut [8]:

Tabel 1. Persyaratan Kimia *Pozzolan*

No	Senyawa	Kadar (%)
1	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	70
2	SiO_2 Maksimum	5
3	Hilang Pijar Maksimum	6
4	Kadar Air Maksimum	3
5	Total Alkali dihitung sbg Na_2O maksimum	1,5

Abu batu bara dapat digunakan pada beton sebagai material terpisah atau sebagai bahan dalam campuran semen dengan tujuan untuk memperbaiki sifat beton. Fungsi abu batu bara sebagai bahan aditif dalam beton bisa sebagai pengisi (*filler*) yang akan menambah internal kohesi dan mengurangi porositas daerah transisi yang merupakan daerah terkecil dalam beton, sehingga beton menjadi lebih kuat.

Pada umur sampai dengan 7 hari, perubahan fisik abu batu bara akan memberikan kontribusi terhadap perubahan kekuatan yang terjadi pada beton, sedangkan pada umur 7 sampai dengan 28 hari, penambahan kekuatan beton merupakan akibat dari kombinasi antara hidrasi semen dan reaksi *pozzolan*.

Fly ash atau abu sisa pembakaran batu bara digunakan untuk penambahan semen *portland* pada beton, karena mempunyai sifat *pozzolanic*. Hal ini memungkinkan terjadinya peningkatan kekuatan dan durabilitas dari beton. Adanya penggunaan *fly ash* dapat menjadi faktor kunci pada pemeliharaan beton tersebut. Secara umum penggunaan abu sisa pembakaran batu bara sebagai pengganti sebagian berat semen terbatas pada *fly ash* tipe F. Abu tersebut dapat menggantikan semen sampai 30% berat semen yang dipergunakan dan dapat menambah daya tahan dan meningkatkan *workability* dari semen dengan berkurangnya pemakaian air.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain timbangan untuk menakar material, cetok untuk menuang adukan beton dan meratakan permukaan, alat uji slum (kerucut *abrams*), alat adukan beton (*Concrete Mixer*), cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, sekop, tempat adukan beton (nampan), alat ukur (meteran), dan mesin uji kuat tekan beton.

Setelah dilakukan persiapan dan pemeriksaan bahan campuran dilakukan tahap perencanaan campuran beton dengan menggunakan *The British Mix Design Method*. *Mix design* yang digunakan dalam penelitian pada komposisi campuran beton yang menggunakan abu sisa pembakaran batu bara dari pabrik daun Dilem menggunakan metode dari Departemen Pekerjaan Umum yang tertuang dalam SK.SNI.T-15-1990-03 "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal" merupakan adopsi dari metode *Department of Environment (DoE), Building Research Establishment, Britain*. Pembuatan campuran beton berpedoman pada SK.SNI.T – 29 – 1991 – 03 tentang tata cara pengadukan dan pengecoran beton.

Pembuatan benda uji dilakukan dengan membuat benda uji menggunakan cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji yang dibuat dalam penelitian, minimal 15 buah sample beton yang akan dilakukan pengujian. Hal ini dilakukan karena kekuatan beton yang tidak mutlak sama dalam setiap pembuatan beton dalam masing-masing umur. Pembuatan benda uji dilakukan berdasarkan perbandingan berat sesuai dengan kuat tekan yang disyaratkan. Dalam penelitian ini di buat 5 jenis adukan beton dimana tiap-tiap adukan terdiri dari 15 benda uji. Variabel campuran adukan beton yang akan dibuat antara lain :

- Tipe I : Beton dengan campuran beton normal
- Tipe II : Beton dengan campuran kerikil, pasir serayu, semen tipe 1 dan menggunakan campuran abu sisa pembakaran batu bara 10%
- Tipe III : Beton dengan campuran kerikil, pasir serayu, semen tipe 1 dan menggunakan campuran abu sisa pembakaran batu bara 12,5%
- Tipe IV : Beton dengan campuran kerikil, pasir serayu, semen tipe 1 dan menggunakan campuran abu sisa pembakaran batu bara 15%
- Tipe V : Beton dengan campuran kerikil, pasir serayu, semen tipe 1 dan menggunakan campuran abu sisa pembakaran batu bara 17,5%.

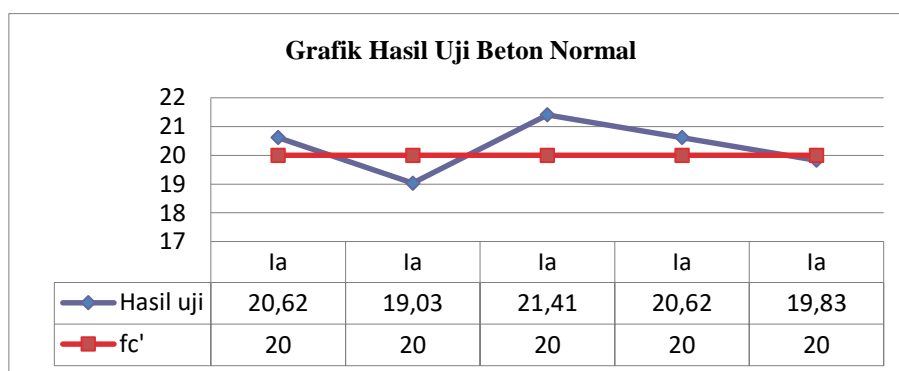
Untuk perawatan benda uji beton dilakukan perawatan awal dan perendaman sebelum dilakukan pengujian benda uji. Sampel yang telah mengalami proses perawatan di uji kekuatannya (tes terhadap kuat

tekan). Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin desak (*compression testing machine*) setelah benda uji berumur 7, 14, dan 28 hari. Prosedur pengujian berdasarkan SNI 03 – 1974 – 1990 tentang metode pengujian kuat tekan beton. Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin tekan. Hasil massa beban maksimum akan terbaca dalam satuan ton. Benda uji diletakkan pada bidang tekan mesin secara sentris. Pembebanan dilakukan secara perlahan sampai beton mengalami kehancuran.

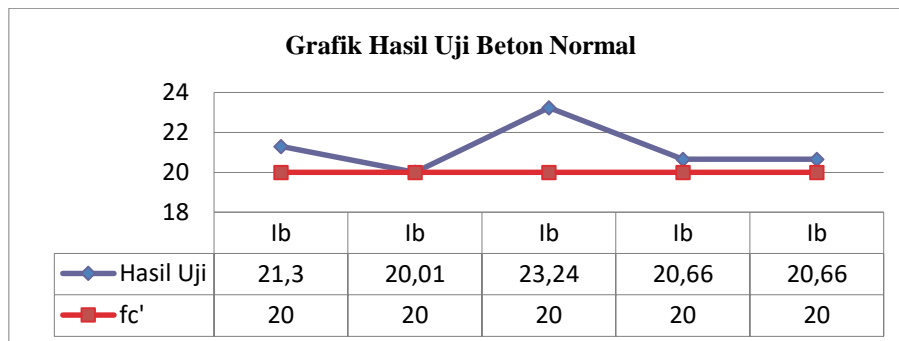
Setelah benda uji semuanya dites, dilakukan analisis data kuat tekan dan bagaimana perbandingan selisih kuat tekan antara beton dengan campuran sisa pembakaran dengan beton normal.

3. Hasil dan Analisis

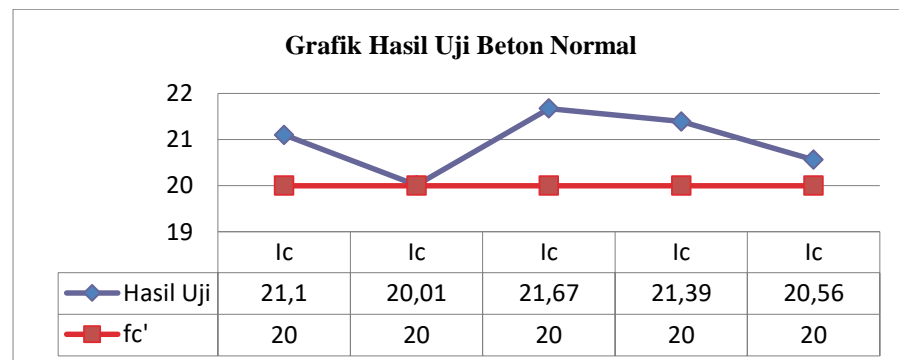
Kuat Tekan suatu mutu beton dapat dikategorikan memenuhi syarat jika dipenuhi dua hal yaitu setiap nilai rata-rata dari tiga uji kuat tekan yang berurutan mempunyai nilai yang sama atau lebih besar dari f_c' yang disyaratkan, dan tidak ada uji kuat tekan yang dihitung sebagai nilai rata-rata dari dua hasil uji contoh silinder mempunyai nilai di bawah f_c' melebihi dari 20 Mpa. Berdasarkan 5 type benda uji yang dibuat didapat hasil uji kuat tekan beton seperti pada gambar 1 s.d.gambar 15 berikut :



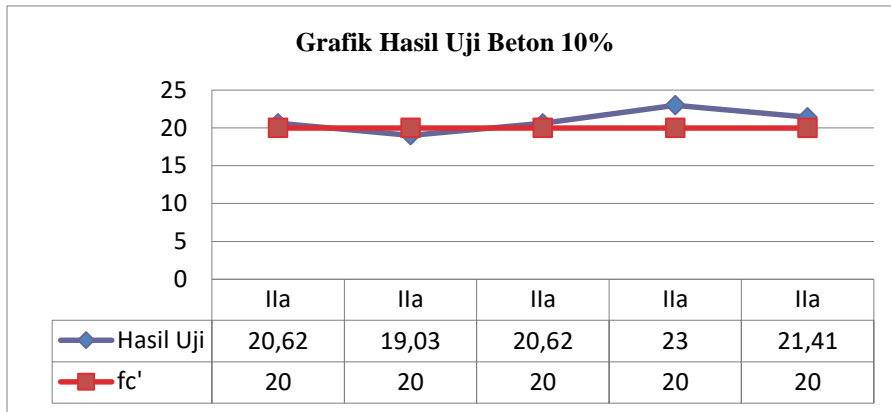
Gambar 1. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe Ia



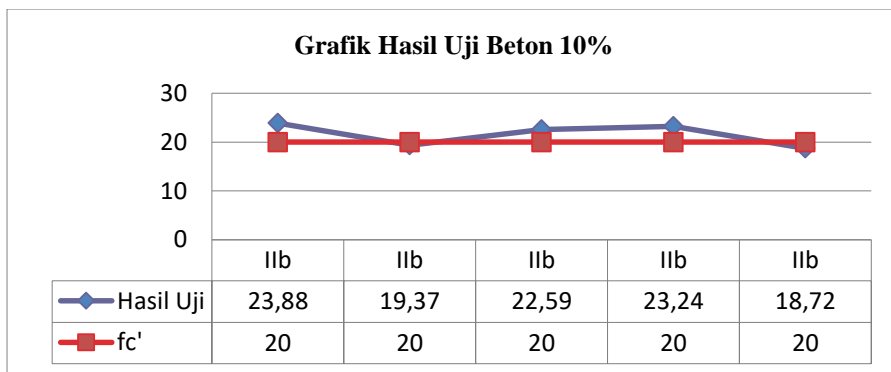
Gambar 2. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe Ib



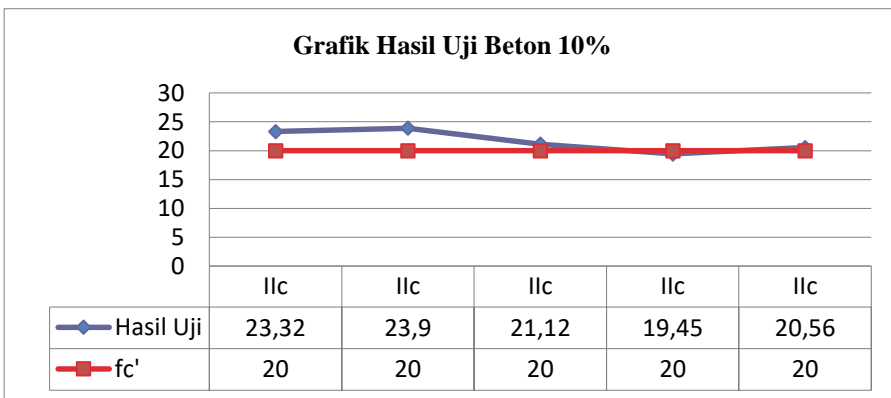
Gambar 3. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe Ic



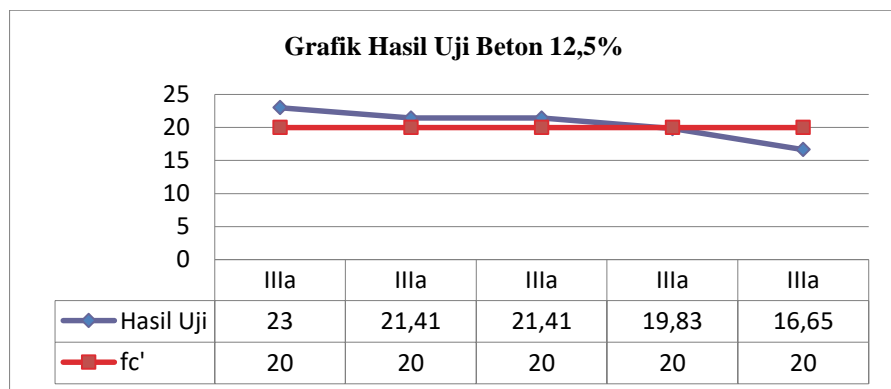
Gambar 4. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe Iia



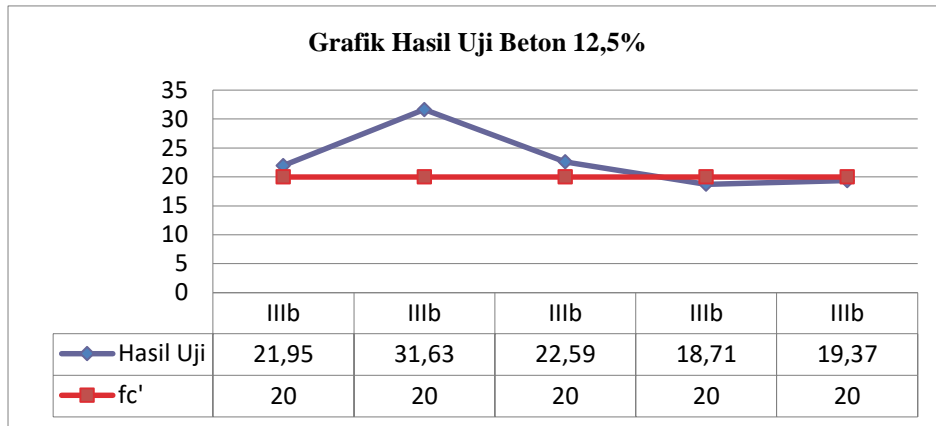
Gambar 5. Grafik Kuat Tekan Beton Tipe Iib



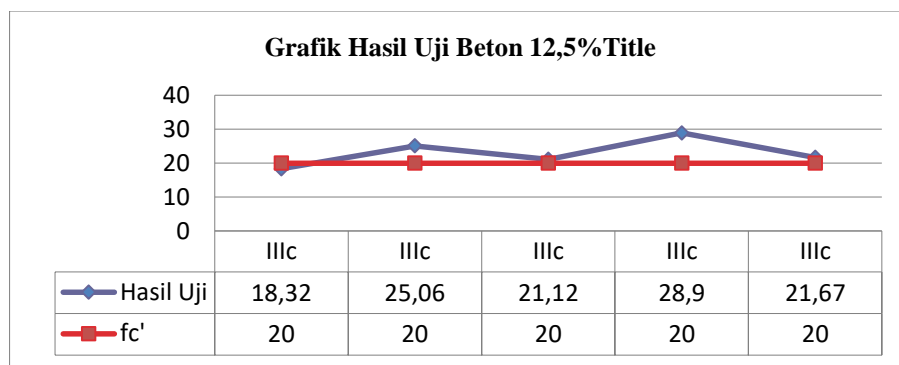
Gambar 6. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe Iic



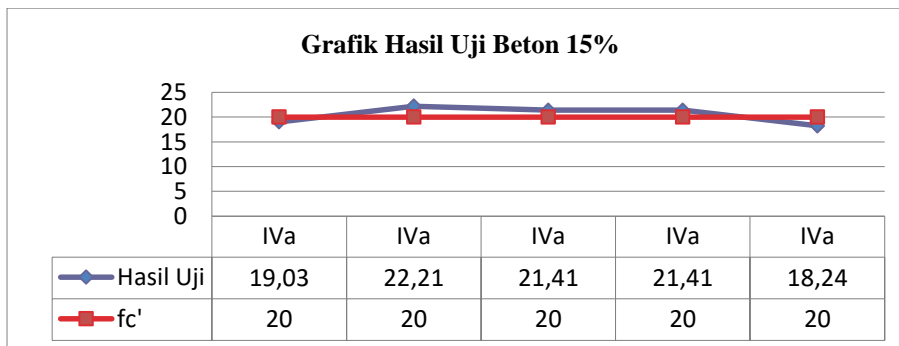
Gambar 7. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe IIIa



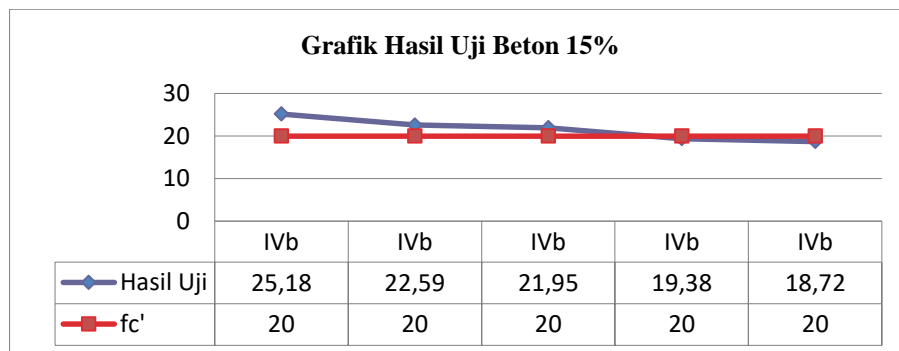
Gambar 8. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe IIIb



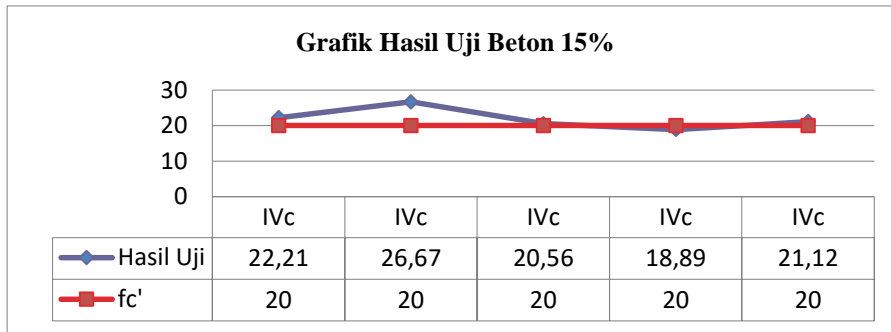
Gambar 9. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe IIIc



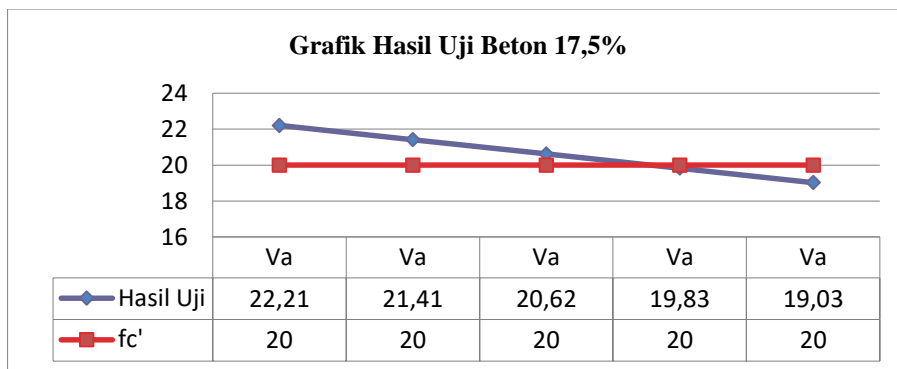
Gambar 10. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe Iva



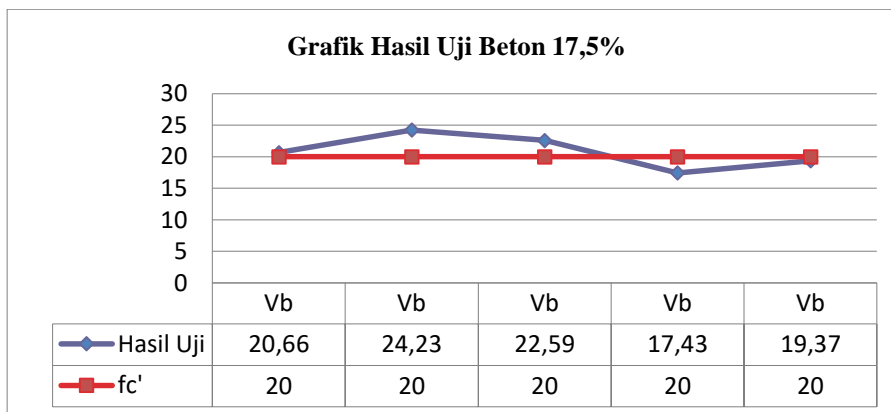
Gambar 11. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe Ivb



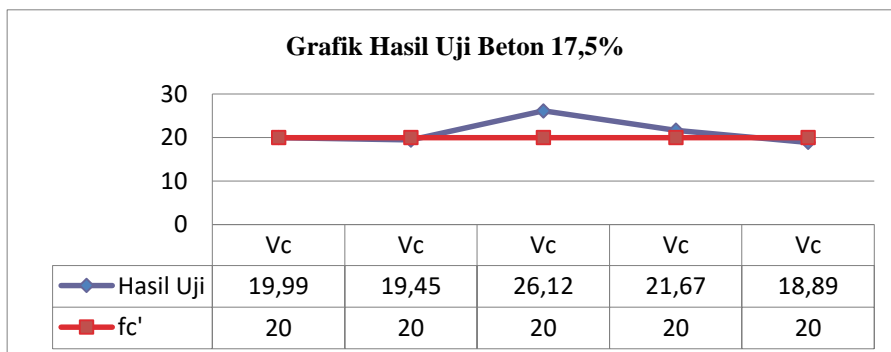
Gambar 12. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe IVc



Gambar 13. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe Va



Gambar 14. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe Vb



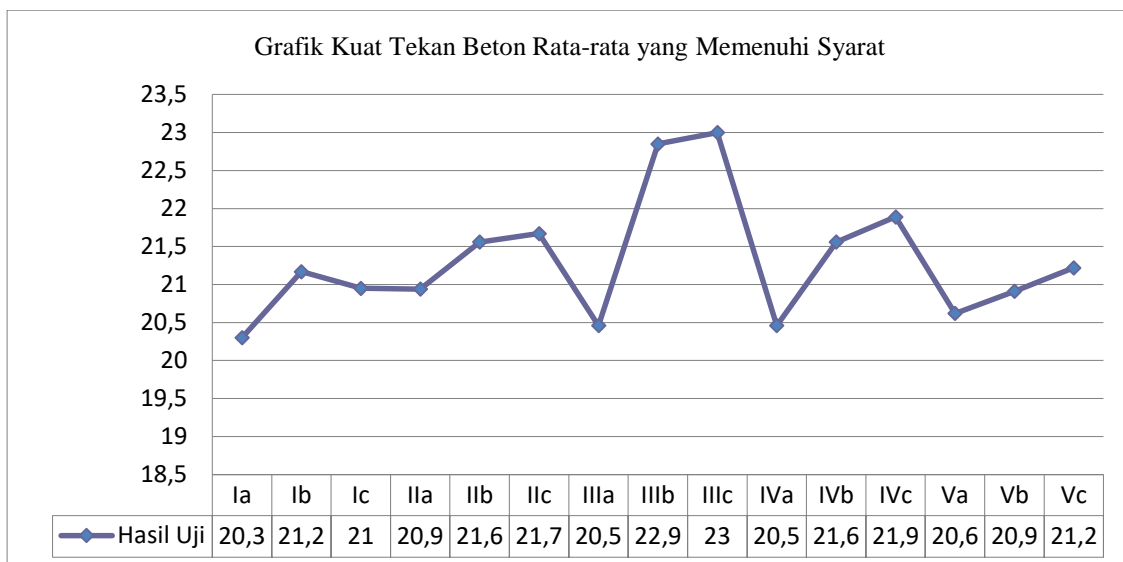
Gambar 15. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Tipe Vc

Dari hasil rekapitulasi menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata yang diperoleh beragam. Terdapat hasil kuat tekan rata-rata beton yang memenuhi standar kuat tekan beton rencana yang dapat dilihat dalam

Tabel 2 dan Gambar 16 berikut :

Tabel 2. Kuat Tekan Beton yang Memenuhi Standar Kuat Tekan Syarat

No	Tipe	Abu sisa pembakaran	Kuat Tekan rata-rata	Prosentase Sampel	
				Masuk	Tidak Masuk
1	Ia	-	20,3	60%	40%
2	Ib	-	21,17	100%	0%
3	Ic	-	20,95	100%	0%
4	Iia	10%	20,94	80%	20%
5	Iib	10%	21,56	60%	40%
6	Iic	10%	21,67	60%	40%
7	IIIa	12,5%	20,46	60%	40%
8	IIIb	12,5%	22,85	60%	40%
9	IIIc	12,5%	23,00	80%	20%
10	IVa	15%	20,46	60%	40%
11	IVa	15%	21,56	60%	40%
12	IVa	15%	21,89	60%	40%
13	Va	17,5%	20,62	60%	40%
14	Vb	17,5%	20,91	60%	40%
15	Vc	17,5%	21,22	40%	60%



Gambar 16. Grafik rekapitulasi kuat tekan rata-rata yang memenuhi syarat

Dari data Tabel 2 dan Gambar 16 diketahui bahwa penggunaan abu sisa pembakaran batu bara dapat mempengaruhi kuat tekan beton yang diperoleh. Dari beberapa tipe yang ada terlihat bahwa kuat tekan rata-rata yang paling besar yaitu tipe IIIc dengan kuat tekan rata-rata mencapai 23 Mpa/setara dengan 277,10 kg/cm², yaitu diperoleh dari pencampuran abu sisa pembakaran batubara PT.SCI sebagai bahan pengganti sebagian semen. Hal tersebut diperoleh dari hasil sebaran sampel kuat tekan beton dengan prosentase 60% sampel memenuhi diatas kuat tekan beton yang direncanakan dan 40% tidak memenuhi kuat tekan beton yang direncanakan. Dari hasil uji sampel secara keseluruhan masih dapat dipakai untuk memperhitungkan kuat tekan rata-rata yang dihasilkan untuk tipe sampel dengan komposisi yang sama sehingga dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa campuran beton dengan komposisi abu sisa pembakaran batubara dengan prosentase 12,5% memberikan kuat tekan beton sebesar 23 Mpa yang merupakan paling maksimum bila dibandingkan komposisi yang lain. Bila dilihat hasil kuat tekan rata-rata beton secara keseluruhan menunjukkan bahwa penggunaan abu sisa pembakaran batubara sebagai bahan pengganti dalam pembuatan beton memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan rencana dan penggunaan pasir serayu dalam pembuatan campuran beton normal perlu dilakukan treatment terhadap material pasir itu sendiri. Hal ini disebabkan karena pasir serayu mengandung banyak lumpur dan agregat

pasir yang tercampur dengan batu sehingga dalam proses gradasi menjadi kurang baik. Dengan mengacu kuat tekan beton yang paling maksimal dapat diketahui selisih kuat tekan yang dihasilkan masing-masing komposisi campuran seperti Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Selisih Kuat Tekan Beton

No	Typ	Kuat Tekan Yang Dihasilkan	Kuat Tekan Acuan	Selisih Kuat Tekan
1	Ia	20,30	23,00	2,70
2	Ib	21,17	23,00	1,83
3	Ic	20,95	23,00	2,05
4	II a	20,94	23,00	2,06
5	II b	21,56	23,00	1,44
6	II c	21,67	23,00	1,33
7	III a	20,46	23,00	2,54
8	III b	22,85	23,00	0,15
9	III c	23,00	23,00	0
10	IV a	20,46	23,00	2,54
11	IV b	21,56	23,00	1,44
12	IV c	21,89	23,00	1,11
13	V a	20,62	23,00	2,38
14	V b	21,91	23,00	1,09
15	V c	21,22	23,00	1,78

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa pengaruh substitusi bahan abu sisa pembakaran batubara pabrik Dilem terhadap kuat tekan beton yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan :

1. Penggunaan abu sisa pembakaran batubara mempengaruhi kuat tekan beton yang dihasilkan, dengan prosentase abu sisa pembakaran batubara sebesar 12,5% sebagai substitusi semen memberikan kuat tekan beton paling maksimal sebesar 23,0 Mpa
2. Selisih kuat tekan beton untuk setiap komposisi campuran beton terhadap kuat tekan optimum sebesar 23,0 Mpa.

Daftar Pustaka

- [1] Karwur, H. Y., R. Tenda, S. E., Wallah, & Windah, R. S. (2013). Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.4, ISSN : 2337-6732*.
- [2] Dairi, R. H. (2017). Pemanfaatan KApur Alam sebagai Pengganti Sebagian Semen dengan Menggunakan Pasir LAut pada Campuran Beton. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil, 6(2)*, 124–131.
- [3] Usrina, N., Aulia, T. B., & Muttaqin, M. (2018). KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI HYBRID DENGAN SUBSTITUSI SEMEN DAN AGREGAT HALUS SERTA PENAMBAHAN NANO MATERIAL BIJIH BESI. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i1.10368>
- [4] Suarnita, I. wayan. (2011). Kuat tekan beton dengan aditif fly ash ex. PLTU Mpanau Tavaeli. *Smartek*.
- [5] Wenno, R., Wallah, S. E., & Pandaleke, R. (2014). Kuat Tekan Mortar Dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) Asal Pltu Amurang Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*.
- [6] Qomaruddin. (2016). Analisa Kuat Tekan Mortar Beton Fly Ash dari PLTU Tanjung Jati B Jepara dengan Menggunakan Pasir Sungai Tempu Kabupaten Jepara. *Review in Civil Engineering, 2(1)*, 24–40.
- [7] American Society for Testing and Materials. (1997). ASTM C 618 : Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in concrete. In *Annual Book of ASTM Standards*. <https://doi.org/10.1063/1.4756275>
- [8] Umum, D. P. (1989). *Spesifikasi Bahan Bangunan bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam)* (Y. LPMB (ed.); SK.SNI S-0).

