

PENGARUH ABU TERBANG (SEBAGAI PENGGANTI SEMEN) DAN PENAMBAHAN SUPER PLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON

Tri Ferki Haria Bakti¹, Mufti Warman Hasan^{2*}

**Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil
Dan Perencanaan,
Universitas Bung Hatta**

Email: triferki@gmail.com muftiwarman@bunghatta.ac.id

Abstrak

Penghematan yang cukup besar dalam biaya dan konsumsi energi dapat dicapai dengan memanfaatkan produk sampingan ini sebagai pengganti sebagian semen salah satunya yaitu menggunakan limbah abu terbang yang memiliki sifat pozzolan dengan kandungan silica yang tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penggantian semen dengan abu terbang dengan variasi persentase 30, 35 dan 40% dan penambahan superplasticizer Sikament LN terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Penelitian ini menggunakan beberapa perlakuan persentase abu terbang sebagai pengganti semen yaitu BN (beton normal/ tanpa penggunaan abu terbang dan superplasticizer), BFA30% (beton dengan penggunaan abu terbang 30% + 1% sikament LN), BFA35% (beton dengan penggunaan abu terbang 35% + 1% sikament LN) dan BFA40% (beton dengan penggunaan abu terbang 40% + 1% sikament LN). Sifat mekanik beton dievaluasi dengan menentukan kuat tekan dan kuat tarik belah pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan penggunaan abu terbang sebanyak 30% sebagai substitusi semen menghasilkan kuat tekan yang hampir dapat menyamai kuat tekan beton normal pada semua periode pengamatan. Perlakuan dengan variasi substitusi 30% abu terbang mendapatkan nilai kuat tarik belah yang mendekati beton normal yaitu sebesar 2.15 MPa. Penelitian ini menyimpulkan bahwa abu terbang dapat digunakan sebagai pengganti semen hingga persentasi 30%.

Kata Kunci: Abu Terbang, Beton, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah

Abstract

Considerable savings in costs and energy consumption can be achieved by utilizing this by-product as a partial replacement for cement, one of which is using fly ash waste which has pozzolanic properties with a high silica content. This research was carried out with the aim of determining the effect of placing cement with fly ash with varying percentages of 30, 35 and 40% and the addition of Sikament LN superplasticizer on the compressive strength and split tensile strength of concrete. This research uses several fly ash treatments as a cement substitute, namely BN (normal concrete / without the use of fly ash and superplasticizer), BFA30% (concrete using 30% fly ash + 1% LN sikament), BFA35% (concrete using 30% fly ash % + 1% LN sikament), BFA35% (concrete using 35% fly ash + 1% LN sikament) and BFA40% (concrete using 40% fly ash + 1% LN sikament). The mechanical properties of concrete were evaluated by determining the compressive strength and splitting tensile strength at 7 days, 14 days and 28 days. The research results showed that concrete using 30% fly ash as a cement substitute produced strong pressure that almost equaled the compressive strength of normal concrete in all observation periods. Treatment with a 30% fly ash substitution variation obtained a split tensile strength value that was close to normal concrete, namely 2.15 MPa. This research concludes that fly ash can be used as a cement substitute up to a percentage of 30%.

Keywords: Concrete, Compressive Strength, Fly Ash, Split Tensile Strength

PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi di Indonesia semakin meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan

penduduk yang menyebabkan kebutuhan akan beton sebagai bahan baku konstruksi juga meningkat pesat. Beton merupakan salah satu bahan konstruksi bangunan yang

sangat penting dan paling dominan digunakan pada struktur bangunan. Beton terdiri dari semen, agregat, dan air. Agregat terdiri dari sekitar 75-80% dari total volume beton, mempengaruhi sifat beton segar dan kinerjanya. Manufaktur semen memiliki beberapa kelemahan, seperti biaya produksi yang tinggi dan kebutuhan energi. Produksi semen juga menyebabkan emisi massal CO₂ [1]. Delapan hingga sepuluh persen emisi CO₂ di dunia berasal dari produksi semen [2], sehingga produksi semen memberikan dampak negatif terhadap peningkatan gas rumah kaca.

Aktivitas manusia menghasilkan lebih dari 5.000 ton limbah padat per tahun [3]. Penghematan yang cukup besar dalam biaya dan konsumsi energi dapat dicapai dengan memanfaatkan produk sampingan ini sebagai pengganti sebagian semen. Pemanfaatan limbah pertanian seperti abu terbang untuk mengurangi biaya, limbah dan emisi CO₂ dalam beberapa tahun ini mulai menarik banyak perhatian dalam penelitian [4]. Abu terbang adalah serbuk halus yang merupakan produk sampingan dari pembakaran bubuk batu bara di pembangkit listrik. Abu terbang bersifat sangat pozzolanik, dan dapat digunakan sebagai pengganti semen Portland. Kandungan silika yang tinggi dan biaya yang rendah membuat bahan ini memiliki potensi yang besar dalam produksi bahan penyemenan sekunder [5]. Ketika dicampur dengan kapur dan air, abu terbang membentuk senyawa yang mirip dengan semen Portland [6].

Disamping penggunaan bahan tambah mineral, untuk meningkatkan kekuatan, kemampuan kerja dan daya tahan beton mutu beton, penggunaan bahan tambah kimia juga kerap dilakukan [7]. Kekuatan dan daya tahan beton akan berkurang seiring dengan meningkatnya rasio air terhadap semen [8]. Superplasticizer (SPs) merupakan bahan tambahan pengurang air yang umumnya digunakan untuk meningkatkan kemampuan kerja beton. Superplasticizer juga memiliki fungsi untuk mengurangi pori pada beton yang dapat meningkatkan kuat tekan beton [9].

Penelitian tentang efek penggantian sebagian semen dengan abu terbang dan penambahan superplasticizer terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penggantian semen dengan abu terbang dengan variasi persentase 30, 35 dan 40% dan penambahan superplasticizer Sikament LN terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

METODE

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada campuran beton yaitu agregat, semen, abu dan abu terbang.

Agregat

Agregat halus merupakan agregat yang lolos saringan ayakan 4.75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa

pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, atau dapat berupa pasir buatan yang dihasilkan dari mesin pemecah batu (stone crusher) atau yang biasa disebut abu terbang. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur yang lebih dari 5%, serta tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat merusak mutu beton. Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butiran yang lebih dari 5 mm, atau agregat yang butiran-butirannya dapat tertahan saringan 4.75 mm. Agregat kasar yang digunakan untuk bahan beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi alami dari bebatuan atau juga dapat berupa batu pecah hasil dari pemecahan manual atau dengan mesin.

Semen

Porlant cement composit Menurut SNI 15-7064-2004, bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (blast furnace slag), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa semen portland komposit.

Abu Terbang

Abu terbang (fly ash) merupakan bahan penambah yang berguna untuk memperbaiki sifat-sifat beton. Abu terbang dapat dikelompokkan sebagai bahan pozzolan, nama pozzolan berasal dari nama kota di Italy (Pozzuoli) yang menghasilkan bahan perekat alami.

Sikament LN

Definisi yang dikeluarkan PT. SIKA menyebutkan bahwa Sikament LN adalah cairan yang berfungsi sebagai adiktif untuk pengurang air jumlah besar dan superplastisator untuk mempercepat pengerasan beton dan kelecakannya tinggi. Sesuai dengan A.S.T.M. C 494-92 Type F. Karakteristik dan kelebihan yaitu dapat mengurangi penggunaan air hingga 20% dan akan meningkatkan kekuatan tekan pada umur 28 hari sebesar 40%. . Dosis yang dianjurkan oleh PT. Sika adalah 0,30%-2,0% dari berat total material semen tergantung pada persyaratan tentang kemampuan kerja dan kekuatan.

Persentase Campuran

Dalam penelitian ini, campuran beton dibuat dengan pengadukan menggunakan molen. Prosedur pencampuran beton yaitu, agregat kasar, agregat halus, semen, abu terbang dengan persentase 30%, 35% dan 40% dan ditambahkan dengan air sedikit demi sedikit dengan ketentuan yang telah ditetapkan. Kemudian ditunggu sampai campuran tersebut benar-benar sudah merata tercampur. Terakhir, beton yang sudah tercampur dimasukkan ke dalam cetakan selinder dan ditumbuk sebanyak 3 layer untuk menghilangkan sisa udara yang terperangkap. Setelah itu, masing-masing silinder

didiamkan selama 24 jam di laboratorium. Komposisi bahan-bahan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Untuk 1 Benda Uji Beton (0.0053 m³)

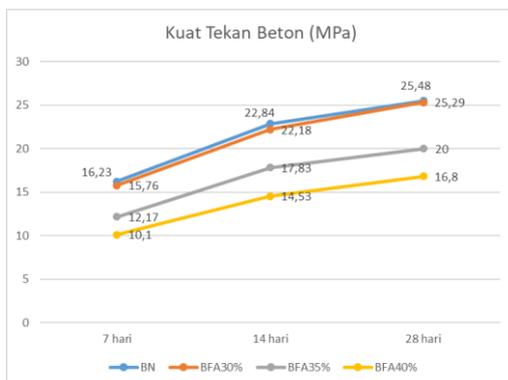
Volume Fly Ash (%)	Berat (kg)					
	Semen	Pasir	Split	Air	Fly Ash	LN
0	2,17	3,93	5,32	1,09	0,00	0,022
30	1,52	3,93	5,32	1,09	0,65	0,022
35	1,41	3,93	5,32	1,09	0,76	0,022
40	1,30	3,93	5,32	1,09	0,87	0,022

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat mekanik beton yang menggunakan abu terbang sebagai bahan pengganti sebagaimana semen dievaluasi. Kuat tekan dan kuat tarik belah beton ditampilkan di bawah ini.

Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur pemeliharaan 7, 14 dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rekap Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan data penelitian didapatkan nilai kuat tekan beton substitusi fly ash lebih rendah dibandingkan dengan beton kontrol pada semua periode pengamatan. Dibandingkan dengan kontrol, nilai kuat tekan beton dengan 30% fly ash pada 7 hari, 14 hari dan 28 hari berturut-turut hanya mengalami penurunan yang relatif kecil yaitu sebanyak 2.90%, 2.89% dan 0.75%. Persentase penurunan yang paling tinggi ditemukan pada perlakuan BFA40% dimana nilai kuat tekan beton pada waktu 7 hari, 14 hari dan 28 hari mengalami persentase penurunan berturut-turut sebesar 37.80%, 36.38% dan 34.06%. Hal ini dapat disebabkan karena adanya efek dilution (pengenceran) dari abu terbang yang dapat menurunkan proporsi relatif semen dan mengencerkan komponen aktif dalam pasta semen campuran [10]. Selama periode ini, abu terbang juga memiliki aktivitas reaksi pozzolan yang rendah. Seiring bertambahnya waktu, efek positif abu

terbang menjadi lebih signifikan dan bahkan cukup untuk mencegah penurunan kekuatan akibat efek pengenceran [11].

Beton dengan penggunaan abu terbang menunjukkan perkembangan kekuatan yang jauh lebih cepat dibandingkan beton kontrol setelah perawatan selama 7 hari, terutama untuk perlakuan BFA30%. Kuat tekan beton BFA30% umur 28 hari meningkat hingga 25.29 MPa, sebanding dengan nilai beton kontrol (25.48 MPa). Hal ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan BFA30% hampir mampu menyamai beton kontrol pada penelitian ini. Hasil yang sama dilaporkan dalam sebelumnya oleh Huang et al. [12]. Perkembangan kuat tekan beton dengan campuran abu terbang pada usia akhir ini dapat dikaitkan dengan “efek pozzolan” abu terbang. Kemungkinan aktivitas pozzolan abu terbang diaktivasi oleh kalsium hidroksida (CH) yang terbentuk selama hidrasi semen [13]. Jika SiO₂ dan Al₂O₃ amorf dalam abu terbang terus-menerus dilepaskan, keduanya akan bebas bereaksi dengan CH untuk membentuk gel C-S(A)-H sekunder dalam jumlah besar, menghasilkan struktur mikro yang lebih padat dan kompak, sehingga secara signifikan meningkatkan kekuatan tekan selanjutnya dari beton dengan kandungan abu terbang. Selain itu, abu terbang juga dapat membantu mengurangi akumulasi kristal CH di sekitar zona transisi antarmuka (interfacial transition zone/ ITZ) dan meningkatkan homogenitas di ITZ, sehingga menghasilkan peningkatan kuat tekan beton abu terbang secara bersamaan [14]. Penggunaan abu terbang dengan variasi tinggi mengakibatkan kelebihan kadar SiO₂ tidak dapat bereaksi lagi dengan kapur sehingga kuat tekan beton menurun karena tidak terbentuknya kapur hidrolis, kandungan zat organik yang tinggi dapat menyebabkan tidak sempurnanya proses hidrasi beton.

Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur pemeliharaan 7, 14 dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tarik belah beton ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rekap Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan karakteristik kuat tarik belah beton yang yang tertinggi pada variasi abu terbang 0% yaitu sebesar 2.85 MPa, sedangkan dengan variasi substitusi yang diterapkan yang mendekati kuat tarik belah beton normal pada variasi 30% sebesar 2.15 MPa, sedangkan peningkatan kadar abu terbang diatas 30% menyebabkan terjadinya penurunan kuat tarik belah beton, terlihat pada variasi abu terbang 40% dengan nilai kuat tarik belah sebesar 1.53 MPa.

Penggunaan substitusi fly ash terhadap semen dalam campuran beton mempengaruhi terhadap peningkatan nilai kuat tarik belah beton, karena semakin besar penggunaan substitusi fly ash terhadap semen dalam campuran beton maka semakin menurun nilai kuat Tarik belah beton. Hal ini dikarenakan fly ash cenderung memiliki partikel yang lebih halus dan permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan semen biasa. Ketika fly ash ditambahkan ke campuran beton, partikel halus ini cenderung menyerap lebih banyak air, yang pada gilirannya dapat mengurangi kandungan air yang tersedia untuk reaksi hidrasi semen, dan hal ini juga didukung dari penggunaan jenis semen yang mana semen yang digunakan merupakan semen yang beredar di masyarakat yakni semen pcc, dimana menurut SNI 15-0302-2004 menjelaskan bahwasanya tipe semen tersebut mengandung 6% -40% kadar pozzolan dimana hal tersebut sangat mempengaruhi nilai kuat tarik belah beton dengan substitusi yang penulis terapkan dan juga dapat dipengaruhi oleh kadar SiO₂ yang cukup tinggi dari fly ash yang penulis gunakan berdasarkan pengujian laboratorium, semakin tinggi kadar SiO₂ dapat mengurangi kekuatan tekan beton karena dapat menyebabkan kekurangan adhesi (daya tarik atau daya rekat) antara agregat dan pasta semen, dan penurunan kekuatan mekanis beton disebabkan oleh kelebihan partikel halus yang dapat mengganggu interlock antara agregat dan pasta semen. Penggunaan abu terbang dengan variasi tinggi mengakibatkan kelebihan kadar SiO₂ tidak dapat bereaksi lagi dengan kapur sehingga kuat Tarik belah beton menurun karena tidak terbentuknya kapur hidrolis, kandungan zat organik yang tinggi dapat menyebabkan tidak sempurnanya proses hidrasi beton.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penggantian semen dengan abu terbang sebanyak 30% menghasilkan kuat tekan yang dapat menyamai kuat tekan beton normal pada umur 7, 14 dan 28 hari. Penggunaan abu terbang sebanyak 35% dan 40% sebagai pengganti semen menghasilkan kuat tekan yang semakin menurun dibanding beton normal. Perlakuan penggantian semen dengan 30% fly ash menghasilkan nilai kuat tarik belah yang paling mendekati beton kontrol pada umur 7, 14 dan 28 hari. Persentase penggunaan abu terbang sebesar 35% dan 40% sebagai pengganti semen mengakibatkan nilai kuat tarik

belah semakin menurun dibanding beton normal pada semua periode pengamatan.

Saran

Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh substitusi limbah fly ash dan superplasticizer terhadap durabilitas, kuat tarik lentur dan modulus elastisitas beton. Diperlukan adanya penelitian penambahan fly ash dengan persentase 20% - 30% terhadap kuat tekan dan Tarik belah beton.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bheel N, Abbasi RA, Sohu S, Abbasi SA, Abro AW and Shaikh ZH. 2019. Effect of tile powder used as a cementitious material on the mechanical properties of concrete. *Engineering, Technology & Applied Science Research*. 9(5): 4596-4599.
2. Bambang, S. 2014. Toward Green Concrete for Better Sustainable Environment. *Procedia Engineering*. 95: 305-320. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.190>.
3. Ramasamy, VW. 2012. Compressive strength and durability properties of rice husk ash concrete. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 16(1): 93-102.
4. Kad N and Vinod M. Review research paper on influence of rice husk ash on the properties of concrete. *International Journal of Research*. 2(5): 873-877.
5. Jaturapitakkul C, Kiattikomol K and Sata V. 2004. Use of ground coarse fly ash as a replacement of condensed silica fume in producing high-strength concrete. *Cement and Concrete Research*. 34(4):549-555. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(03\)00150-9](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(03)00150-9).
6. Juan R. 2019. Uses, Benefits and Drawbacks of Abu terbang in Construction. Available online: <https://www.thebalancesmb.com/fly-ash-applications-844761>.
7. Sathyan D and Anand KB. 2019. Influence of superplasticizer family on the durability characteristics of fly ash incorporated cement concrete. *Construction and Building Materials*. 204:

864–874.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.171>.

8. Law DW et al. 2014. Long term durability properties of class F fly ash geopolymer concrete, *Mater. Struct.* 48 (3): 721–731.
9. Lisantono A dan Jenifer WY. 2020. Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Sifat Mekanik Beton Memadat Mandiri Dengan Serat Serabut Kelapa. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 12.* 5(3): 248–253.
10. Taylor HFW. 1997. *Cement chemistry*. 2nd ed. London: Thomas Telford.
11. Sun J, Shen X, Tan G and Tanner E. 2019. Compressive strength and hydration characteristics of high-volume fly ash concrete prepared from fly ash. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry.* 136: 565–580. <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7578-z>.
12. Huang C-H, Lin S-K, Chang C-S, Chen H-J. 2013. Mix proportions and mechanical properties of concrete containing very high-volume of Class F fly ash. *Constr Build Mater.* 46: 71–8. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.04.016>.
13. Moon GD, Oh S, Choi YC. 2016. Effects of the physicochemical properties of fly ash on the compressive strength of high-volume fly ash mortar. *Constr Build Mater.* 124: 1072–80. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.148>.
14. Wang G, Kong Y, Sun T, Shui Z. 2013. Effect of water–binder ratio and fly ash on the homogeneity of concrete. *Constr Build Mater.* 38(Supplement C): 1129–34. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.09.027>.