

KAJIAN KUAT LEKAT PADA BETON HIGH VOLUME FLY ASH (HVFA) DENGAN KADAR FLY ASH 50%, 60%, DAN 70% DARI BERAT BINDER

Agus Setiya Budi¹⁾, Erik Wahyu Pradana²⁾, Vincentius Baskoro Edwin Saputro³⁾

^{1),2)} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

³⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126. Telp: 0271-634524

Email : vincentbaskoro.vb@gmail.com

Abstract

The progress of concrete variations in each year will be different. One of the components of a familiar concrete mixture is fly ash. Fly ash itself has properties like cement, which binds the concrete mixture. Another use of fly ash is to increase the workability of concrete. Fly ash comes from the ash leftover from burning coal and is no longer used. The use of fly ash equal to or exceeding 50 of the binder content is classified as high volume fly ash concrete. This study will examine the ratio of the bond strength of HVFA concrete with fly ash content of 50%, 60%, and 70% against normal concrete which will be tested at 28 days. The test object is a cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. Each variation amounted to 3 samples of the test object. The results of the calculations and data analysis showed that the bond strength value of HVFA concrete was higher than normal concrete, namely HVFA 50% of 1.03 MPa, HVFA 60% of 1.05 MPa, HVFA 70% of 1.3 MPa, and concrete normal has the lowest value of 0.23 MPa.

Keywords : Bond strength , fly ash, HVFA

Abstrak

Kemajuan variasi beton pada setiap tahun akan berbeda-beda. Salah satu komponen dari campuran beton yang tidak asing lagi yaitu *fly ash*. *Fly ash* sendiri memiliki sifat seperti semen yaitu mengikat campuran beton. Kegunaan *fly ash* yang lain yaitu dapat meningkatkan *workability* beton. *Fly ash* berasal dari abu sisa pembakaran batu bara dan sudah tidak dimanfaatkan lagi. Penggunaan *fly ash* yang sama atau melebihi 50 dari kadar *binder* tergolong sebagai *high volume fly ash concrete*. Penelitian pada kali ini akan mengkaji perbandingan kuat lekat pada beton HVFA kadar *fly ash* 50%, 60%, dan 70% terhadap beton normal yang akan diuji pada umur 28 hari. Benda uji berupa silinder dengan dimensi diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Setiap masing-masing variasi berjumlah 3 sampel benda uji. Hasil dari perhitungan serta analisis data, diperoleh nilai kuat lekat pada beton HVFA lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal yaitu HVFA 50% sebesar 1,03 MPa, HVFA 60% sebesar 1,05 MPa, HVFA 70% sebesar 1,3 MPa, dan beton normal memiliki nilai paling rendah sebesar 0,23 MPa.

Kata kunci : *Fly ash*, HVFA, kuat lekat

PENDAHULUAN

Beton adalah material yang paling pokok untuk kebutuhan pembangunan. Perkembangan zaman sangat memengaruhi perkembangan jenis beton yang digunakan. Setiap pembangunan pasti ingin mengurangi biaya terkhususnya pada jumlah beton yang digunakan. Maka dari itu, adanya variasi beton dengan penambahan *fly ash* yang digunakan sebagai pengganti kadar *binder*. *Fly ash* salah satunya material yang mirip dengan semen, karena dapat mengikat campuran beton dengan kadar silika dan alumina.

Hasil dari olahan batu bara yang tidak bisa digunakan lagi yaitu *fly ash*. Selain dapat menggantikan semen, penggunaan *fly ash* juga dapat mengurangi dampak polusi yang terjadi akibat produksi semen yang sangat tinggi karena produksi semen meningkatkan pelepasan gas CO₂. Penggunaan *fly ash* yang sama atau lebih dari 50% kadar *binder* termasuk beton *High Volume Fly Ash*.

Penelitian ini dilakukan pengujian tentang nilai kuat lekat pada beton HVFA usia 28 hari dengan variasi pengganti kadar *fly ash* 50%, 60%, dan 70% dari berat semen yang dibutuhkan lalu dibandingkan dengan beton normal. Hasil dari penelitian ini adalah mengetahui besarnya gaya cabut maksimal dan *displacement* maksimal setiap sampel saat pengujian, mengetahui nilai kuat lekat dan mengetahui hubungan *load-displacement* pada setiap sampel dengan beberapa variasi kadar *fly ash* yang akan dibandingkan dengan beton normal.

Landasan Teori

Saat ini banyak penelitian tentang beton, khususnya HVFAC. HVFAC tersebut adalah campuran beton yang menggunakan bahan *fly ash* sebagai pengganti beton yang minimum penggunaannya 50% dari kadar semen yang digunakan. Dengan penggunaan *fly ash* ini dapat mengurangi polusi yang ditimbulkan oleh penggunaan semen, serta dapat mengurangi dari segi pembiayaan, *durability*, serta *workability* pada beton.

Fly ash merupakan produk dari sisa pembakaran batu bara dan bisa digunakan sebagai material pengganti semen. Menurut Galang (2017) senyawa silika yang tinggi pada *fly ash* akan mengikat kalsium hidroksida yang kemudian menghasilkan CSH yang membuat durabilitas beton meningkat. Selain sebagai pengganti semen, *fly ash* juga dapat berperan sebagai *filler* yang dapat mengisi ronggakapiler beton dan bereaksi dengan kalsium hidroksida membentuk CSH gel yang meningkatkan kekuatan dan kepadatan beton (Karin, 2019).

Kemampuan baja tulangan dan beton yang menyelimuti tersebut untuk menahan gaya lepasnya lekatan antara baja tulangan dan beton yaitu kuat lekat (Winter, 1993). Gaya lekat akan bertambah jika diameter tulangan juga bertambah karena gaya lekat merupakan tegangan lekat dikali luas permukaan tulangan yang tertanam pada beton. Rumus tersebut menjelaskan bahwa akan membutuhkan gaya yang lebih besar untuk menarik baja jika diameter yang digunakan lebih besar karena luas permukaan tulangan yang tertanam juga semakin besar (Sunarmasto, 2007). Kekuatan lekatan merupakan karakteristik dari hubungan beton dan baja tulangan tersebut. Panjang penjangkaran baja tulangan akan berpengaruh pada kekuatan lekatan pada beton dan baja, agar pada saat pembebanan baja tidak tercabut dari beton. Pengujian mengenai kuat lekat selama ini menggunakan *dial gauges* dan mesin uji tarik untuk meneliti hubungan antara tegangan lekat dengan slip (Tarigan, 2018).

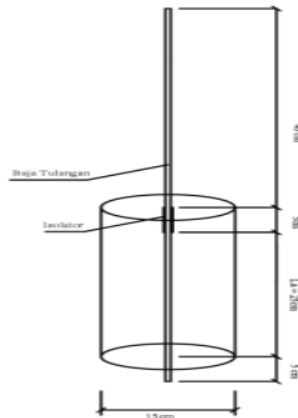
METODE

Pengujian beton segar menggunakan satu metode yaitu *slump test*, untuk mengetahui kekentalan pada beton *High Volume Fly Ash* dan beton normal. Alat uji untuk *slump test* berupa kerucut *abrams* dan papan *slump*. Benda uji penelitian ini silinder dengan dimensi 15 cm x 30 cm dengan baja tulangan dipasang pada bagian tengah bekisting. Benda uji dibuka setelah 2 x 24 jam penuangan pada bekisting. Setelah benda uji dibuka, dilakukan *curing* dengan menutupi seluruh permukaan benda uji dengan kain goni dan siram air setiap 2 x 24 jam agar kondisi benda uji lembab. Setelah kurang dari 7 hari sebelum pengujian, benda uji diangin-anginkan agar kondisi benda kering. Benda uji yang akan diteliti akan disajikan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Jumlah benda uji

No	Tipe Benda Uji	Jumlah (buah)
A.	HVFAC	
1	HVFAC 50%	3
2	HVFAC 60%	3
3	HVFAC 70%	3
	Jumlah Total	9
B.	Beton Normal	
	Jumlah Total	3

Untuk benda uji dan penanaman baja tulangan akan ditampilkan pada gambar 1. Untuk baja tulangan memiliki total panjang 75 cm, dengan bagian bawah benda uji 5 cm, baja tulangan yang tertanam pada beton 25 cm, pemasangan isolator pada 5 cm untuk mengetahui keruntuhan setelah pengujian, dan bagian atas 40 cm untuk proses pemasangan benda uji saat pengujian.



Gambar 1. Sketsa benda uji

Mix Design

Mix design mengacu SNI 7656 tahun 2012 untuk beton HVFA dan beton normal. Dan untuk acuan perhitungan HVFA 60%, dan 70% menggunakan mix design HVFA 50%. Dengan mutu beton untuk pengujian kuat tekan direncanakan 30 MPa. Rekapitulasi mix design akan ditampilkan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Mix design

Jenis Beton	Penggunaan Fly Ash	Total Semen (kg/m ³)	Total Fly Ash (kg/m ³)	Total Agregat Kasar (kg/m ³)	Total Agregat Halus (kg/m ³)	Total Air (lt/m ³)
HVFA	50 %	227,78	227,78	1008	641,26	205
HVFA	60 %	182,22	273,33	1008	641,26	205
HVFA	70 %	136,67	318,89	1008	641,26	205
NC	-	284,72	-	924	842,99	205

Pengujian Beton Segar

Pengujian *slump* bertujuan untuk mengetahui kekentalan dari beton yang telah dihasilkan. Kekentalan beton tersebut juga mempengaruhi nilai mutu beton itu sendiri. Apabila nilai *slump* tersebut kecil, maka beton tersebut sulit untuk dikerjakan. Namun sebaliknya apabila nilai *slump* beton tinggi, maka beton tersebut mudah dikerjakan.

Pengujian Kuat Lekat

Alat yang digunakan berupa UTM (*Universal Testing Machine*) dan mekanisme pengujian tersebut dengan menarik baja tulangan yang telah tertanam pada sampel yang berdimensi diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Untuk pembacaan *displacement* akan dibaca setiap interval *load* 100 kgf pada dial UTM, tetapi terkhusus untuk pada saat *displacement* 0,25 mm akan dibaca *load* pada dial UTM. Karena *displacement* 0,25 mm merupakan lekatan kritis dari baja tulangan dengan beton (ASTM C-234-91a). Data – data yang didapat berupa gaya beban maksimum, *displacement*, beban pada sesar 0,25 mm, serta menganalisis perilaku *load* terhadap *displacement* pada setiap sampel pada variasi kadar *fly ash* yang kemudian akan dibandingkan dengan beton normal. Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat lekat disajikan pada persamaan 1 berikut :

$$\tau = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot L_a} \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan :

- τ = Kuat lekat (MPa)
- d = Diameter baja tulangan (mm)
- P = *Load* maksimal (N)
- L_a = Panjang baja tulangan tertanam (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar hasil akan ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil *slump test*

Kode	Nilai <i>slump</i>	Syarat
HVFA 50%	11,5 cm	Memenuhi
HVFA 60%	8,50 cm	Memenuhi
HVFA 70%	8,50 cm	Memenuhi
Beton Normal	9,50 cm	Memenuhi

Pengujian beton segar HVFA 50%, HVFA 60%, HVFA 70%, dan beton normal pada pengujian *slump* memiliki rata-rata tinggi hasil *slump* 9,5 cm dan telah memenuhi persyaratan untuk ketinggian *slump test*. Persyaratan *slump test* menggunakan acuan SNI.

Kuat Lekat Beton

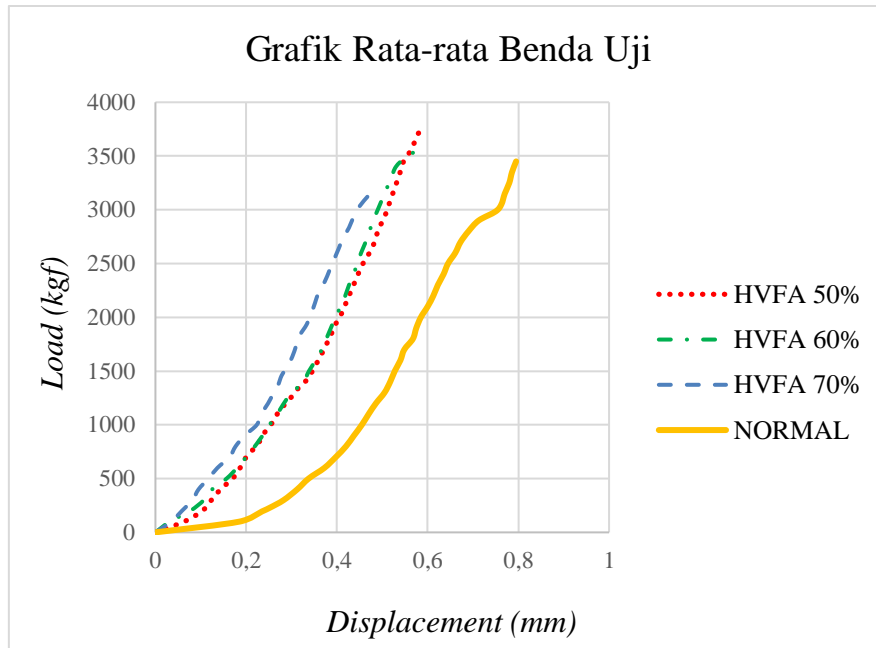
Hasil data besarnya kuat lekat pada sampel benda uji HVFA 50%, HVFA 60%, HVFA 70%, dan beton normal akan disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian kuat lekat

No.	Benda Uji	P sesar 0,25 mm (kN)	Kuat Lekat (τ) (MPa)	Kuat Lekat Rata-Rata (MPa)
1		11,77	1,25	
2	HVFA 50%	8,040	0,85	1,03
3		9,220	0,98	
1		7,460	0,79	
2	HVFA 60%	8,730	0,93	1,05
3		13,39	1,42	
1		14,52	1,54	
2	HVFA 70%	9,810	1,04	1,30
3		12,56	1,33	
1		2,55	0,27	
2	Beton Normal	1,86	0,20	0,24
3		*9,03	*0,96	

* Data tidak digunakan karena jauh dari rata-rata.

Berdasarkan tabel telah didapatkan hasil dari pengujian yaitu besarnya rata-rata kuat lekat pada masing-masing benda uji. Untuk hasil HVFA kadar *fly ash* 50% sebesar 1,03 MPa, HVFA kadar *fly ash* 60% sebesar 1,05 MPa, HVFA kadar *fly ash* 70% sebesar 1,30 MPa, dan beton normal sebesar 0,235 MPa karena untuk sampel beton normal ketiga memiliki perhitungan nilai kuat lekat yang sangat jauh dari rata-rata, maka dari itu untuk rata-rata beton normal sampel ketiga tidak dihitung. Dari perhitungan kuat lekat tersebut, *fly ash* sangat berpengaruh pada nilai kuat lekat beton. Semakin besar *fly ash* yang digunakan akan menambah nilai kuat lekat pada beton. Grafik rata-rata hasil dari pengujian kuat lekat akan disajikan pada gambar 1 berikut.



Gambar 2. Grafik rata-rata benda uji

Berdasarkan grafik hubungan *load* dan *displacement* rata-rata setiap sampel benda uji diatas, untuk hasil grafik HVFA 50% dan 60% memiliki nilai *load* maksimum yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal, tetapi untuk HVFA 70% memiliki nilai *load* maksimum lebih rendah. Sebaliknya, untuk beton normal memiliki nilai *displacement* yang lebih tinggi dibandingkan dengan HVFA 50%, 60%, dan 70%. Dan beton HVFA 50%, 60%, dan 70% memiliki tren grafik yang curam ke atas daripada beton normal. *Displacement* pada HVFA memiliki nilai kecil dikarenakan *fly ash* mengandung SiO_2 yang dapat bereaksi dengan CaOH_2 kemudian menghasilkan CSH baru yang mana CSH merupakan senyawa utama pembangun kekuatan pada beton.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Load* Maksimal (P_{maks})

Benda Uji	P_{maks} (kN)			
	HVFA 50%	HVFA 60%	HVFA 70%	Normal
1	37,47	33,94	31,20	29,14
2	36,20	34,73	31,98	34,34
3	35,51	35,12	30,21	35,22
Rata-rata	36,39	34,60	31,13	32,90

Dari tabel 5 mengenai hasil pengujian *load* maksimal didapatkan hasil yang dari terbesar ke terkecil yaitu HVFA 50% dengan 36,39 kN, HVFA 60% dengan 34,60 kN, Beton Normal dengan 32,90 kN, dan paling terkecil HVFA 70% dengan 31,13 kN. Untuk hasil *load* maksimal ini tidak berpengaruh dalam perhitungan kuat lekat, karena perhitungan kuat lekat menggunakan *load* saat sesar 0,25 mm.

Tabel 6. Hasil pengujian *displacement* saat P_{maks}

Benda Uji	<i>Displacement</i> (mm)			
	HVFA 50%	HVFA 60%	HVFA 70%	Normal
1	0,54	0,56	0,48	0,84
2	0,60	0,62	0,50	0,72
3	0,61	0,53	0,45	0,50
Rata-rata	0,58	0,57	0,48	0,69

Dari tabel 6 mengenai hasil *displacement* saat P_{maks} didapatkan hasil beton HVFA 50% dengan 0,58 mm, beton HVFA 60% dengan 0,57 mm, beton HVFA 70% dengan 0,48 mm, dan beton normal 0,69 mm. Dengan hasil tersebut penggunaan *fly ash* dapat mengurangi *displacement* pada pengujian ini. Penggunaan *fly ash* yang lebih dari 50% dari kadar *binder* dapat meningkatkan nilai dari lekatan dan mengurangi *displacement* yang terjadi pada beton dan baja tulangan.

Tipe Keruntuhan Benda Uji

Untuk pengujian kuat lekat pada penelitian ini akan dilihat hasil dari beton yang setelah diuji untuk mengetahui keruntuhan yang terjadi pada beton setelah pengujian kuat lekat. Pada penelitian ini semua benda uji memiliki tipe keruntuhan yang sama yaitu *slip* pada tulangan baja yang tertanam dan mengalami retakan-retakan kecil di sekitar tulangan baja. Keruntuhan benda uji dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Keruntuhan Benda Uji

SIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisis penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Penambahan *fly ash* pada beton dengan kadar sesuai dengan penelitian ini meningkatkan kuat lekat pada beton. Karena fungsi dari *fly ash* itu selain dapat menggantikan semen, *fly ash* juga dapat menjadi *filler* pada beton yang akan meningkatkan kekuatan pada beton.
2. Penambahan *fly ash* pada beton dengan kadar sesuai dengan penelitian ini dapat memperkecil pergeseran pada *displacement* daripada beton normal.
3. Variasi beton HVFA 50%, 60%, dan 70% yang telah diteliti memiliki grafik *load* dan *displacement* lebih curam keatas daripada beton normal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih ini teruntuk Agus Setiya Budi, S.T., M.T dan Erik Wahyu Pradana, S.T., M. Eng. atas pendampingan selama ini dan kepada rekan-rekan yang telah belajar bersama dengan semangat untuk mengerjakan penelitian ini.

REFERENSI

- Hardjito D. dan Rangan B.V., 2005, "Development and Properties Of Low-Calcium Fly Ash-Based Geopolymer Concrete". *Research Report*, Faculty of Engineering. Curtin University of Technology. Perth.
- Lintang, K. S., 2019, "Kajian Kuat Lekat Pada Beton High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete (HVFA-SCC) Dengan Kadar Fly Ash 50% dan 60%", Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Pamungkas, G. N., 2017, "Influence of Specimen Height to Diameter Ratio (h/d) on The Stress-Strain Response of High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete under Uniaxial Compressive Loading", Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Standar Nasional Indonesia, 2013, "(SNI) 2847-2013 : Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional".
- Standar Nasional Indonesia, 2012, "(SNI) 1726-2012 : Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa".
- Sunarmasto, 2007, "Tagangan Lekat Baja Tulangan (Polos dan Ulir) Pada Beton", Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Tarigan, G., 2018, "Analisis Perbandingan Kuat Lekat Tulangan Polos Dengan Tulangan Berulir", Universitas Islam Sumatra Utara.