

KAJIAN KUAT LEKAT PADA SELF COMPACTING CONCRETE, FLY ASH CONCRETE DENGAN KADAR FLY ASH 15%, HIGH VOLUME FLY ASH CONCRETE DENGAN KADAR FLY ASH 50% DAN HIGH VOLUME FLY ASH-SELF COMPACTING CONCRETE DENGAN KADAR FLY ASH 50% DARI BERAT BINDER

Agus Setiya Budi¹⁾, Erik Wahyu Pradana²⁾, Rizki Nur Romadhon³⁾

^{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, Kentingan Surakarta 57126; Telp 0271-634524.
Email: rizkinurromadhon98@gmail.com

Abstract

The rapid development of infrastructure has led to a new concrete innovation, namely Self Compacting Concrete which can compact and dig independently without a vibrator. Fly ash is a material used as a substitute for cement because of its high silica content. The use of fly ash in concrete can increase the workability of fresh concrete. Fly ash can be used in small volumes or high volumes ($\geq 50\%$). The use of fly ash concrete can be combined with SCC to benefit from both. This study examines the bond strength of SCC (Self Compacting Concrete), FAC (Fly Ash Concrete) with 15% fly ash content, HVFAC (High Volume Fly Ash Concrete) with 50% fly ash content, and HVFA-SCC (High Volume Self Compacting Concrete) with 50% fly ash content, each aged 28 days, then compared with normal concrete. The test specimens are cylindrical with a height of 30 cm and a diameter of 15 cm each as many as 3 pieces. Based on the results of the research conducted, it was found that the use of fly ash can increase the bond strength of concrete compared to normal concrete. The bond strength of HVFAC 50%, FAC 15%, HVFA-SCC 50%, SCC, and Normal Concrete are 2,28 MPa, 2,05 MPa, 1,45 MPa, 1,35 MPa, and 1,05 MPa, respectively.

Keywords : Bond strength, fly ash, workability

Abstrak

Perkembangan infrastruktur yang pesat memunculkan sebuah inovasi beton baru yaitu *Self Compacting Concrete* yang dapat memadat dan mengalir secara mandiri tanpa vibrator. Fly ash adalah material yang dipakai sebagai pengganti semen karena kandungan silika yang tinggi. Penggunaan fly ash dalam beton dapat meningkatkan *workability* beton segar. Dalam penggunaannya fly ash dapat digunakan dalam volume kecil atau volume tinggi ($\geq 50\%$). Penggunaan beton fly ash juga dapat dikombinasikan dengan SCC untuk mendapatkan keuntungan dari keduanya. Penelitian ini mengkaji mengenai kuat lekat dari SCC (*Self Compacting Concrete*), FAC (*Fly Ash Concrete*) dengan kadar fly ash 15 %, HVFAC (*High Volume Fly Ash Concrete*) dengan kadar fly ash 50%, dan HVFA-SCC (*High Volume Fly Ash-Self Compacting Concrete*) dengan kadar fly ash 50% yang masing-masing berumur 28 hari, kemudian dibandingkan dengan beton normal. Benda uji berbentuk silinder berukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm masing-masing sebanyak 3 buah. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diperoleh hasil bahwa penggunaan fly ash dapat meningkatkan kuat lekat beton dibandingkan dengan beton normal. Kuat lekat pada HVFAC 50%, FAC 15%, HVFA-SCC 50%, SCC dan Beton Normal masing-masing sebesar 2,28 MPa, 2,05 MPa, 1,45 MPa, 1,35 MPa, dan 1,05 MPa.

Kata kunci : Fly ash, kuat lekat, workability

PENDAHULUAN

Infrastruktur merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi suatu negara termasuk di Indonesia. Kebutuhan akan infrastruktur di Indonesia terus mengalami peningkatan. Indonesia gencar melakukan pembangunan infrastruktur secara berkelanjutan untuk meningkatkan perekonomian negara. Karena pembangunan infrastruktur yang masif, maka perlu adanya metode kerja dan inovasi baru untuk mendukung pembangunan tersebut agar tujuan nasional dari pemerintah dapat tercapai.

Beton merupakan material yang penting dalam pembangunan infrastruktur. Dalam praktik di lapangan, penggunaan beton masih memiliki beberapa kendala, salah satunya sering terjadi keropos pada beton dikarenakan beton kurang padat dan tidak maksimal dalam mengisi ruang-ruang antar tulangan. Kondisi tersebut dapat menurunkan durabilitas beton. Berdasarkan permasalahan tersebut muncullah suatu inovasi yaitu beton *Self Compacting Concrete* (SCC). Menurut EFNARC (2002), jumlah semen yang digunakan pada beton SCC berkisar antara

400-600 kg/m³ dari campuran beton. Penggunaan semen yang tinggi ini membuat produksi dari semen Portland juga tinggi, hal ini dapat meningkatkan polusi udara karena adanya pelepasan gas CO₂ ke atmosfer sebagai hasil dari proses produksi semen, maka perlu adanya bahan pengganti yang digunakan untuk menekan penggunaan semen.

Bahan pengganti yang dapat digunakan untuk menggantikan semen sebagai material beton salah satunya adalah *fly ash* karena mempunyai kadar silika dan alumina yang tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Ati (2002) menggunakan kadar *fly ash* yang tinggi, yaitu 50% dan 70% dari berat semen total, hasilnya *shrinkage* yang terjadi dapat berkurang hingga 30% dibandingkan beton tanpa *fly ash*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kuat lekat *Self Compacting Concrete*, *Fly Ash Concrete* dengan kadar *fly ash* 15%, *High Volume Fly Ash* dengan kadar *fly ash* 50%, dan *High Volume Fly Ash-Self Compacting Concrete* dengan kadar *fly ash* 50% pada usia 28 hari yang kemudian dibandingkan dengan beton normal. Hasil penelitian ini adalah mengetahui besarnya *load* kuat lekat dan *load* maksimal, *displacement* maksimal, kuat lekat serta hubungan *load-displacement* dari tiap jenis beton.

Landasan Teori

Beton merupakan campuran material berupa agregat kasar, agregat halus, semen, dan air serta dapat menggunakan atau tidak menggunakan bahan tambah (SNI 2013:2847). Agregat pada beton akan diikat oleh semen karena semen memiliki sifat mengikat jika bereaksi dengan air. Beton bertulang merupakan beton yang diberi tulangan baja dimana kedua material tersebut akan bekerja bersama untuk menahan gaya yang diterima.

Self Compacting Concrete (SCC) merupakan beton yang dapat mengisi ruang dan memadat tanpa adanya getaran (EFNARC, 2005). Beton SCC memiliki kemampuan untuk memadat secara mandiri tanpa alat bantu (*vibrator*) dan mengalir memenuhi ruang antar tulangan dengan memanfaatkan berat sendiri. Tambahan bahan *additive* atau *superplasticizer* membuat beton SCC memiliki *workability* dan *flowability* yang baik. Beton segar SCC harus memenuhi beberapa sifat yaitu *filling ability*, *passing ability* dan *segregation resistance*.

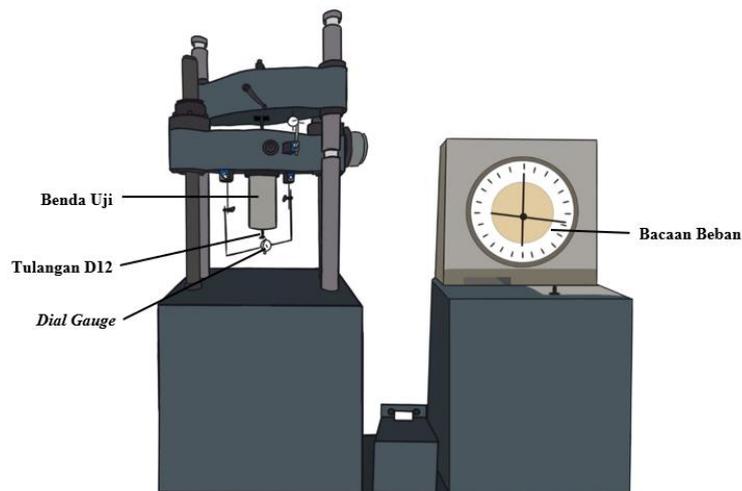
Fly ash merupakan produk dari sisa pembakaran batu bara dan bisa digunakan sebagai material pengganti semen. Menurut Galang (2017), senyawa silika yang tinggi pada *fly ash* akan mengikat kalsium hidroksida yang kemudian menghasilkan CSH yang membuat durabilitas beton meningkat. Selain sebagai pengganti 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).

Pemakaian *fly ash* pada *Fly Ash Concrete* (FAC) bisa kurang dari 50% dari berat *binder*. Menurut Tjokrodimulyo (1996), penggunaan *fly ash* dapat berkisar antara 10 - 35% dari berat total semen. Penggunaan *fly ash* pada FAC dapat membuat kuat tekan dan *density* dari beton meningkat. Pemakaian *fly ash* pada beton juga bisa dalam kadar yang tinggi atau *High Volume* ($\geq 50\%$ dari berat *binder*). Menurut Mehta (2005), HVFAC yang mengandung kadar *fly ash* $\geq 50\%$ akan memiliki *pumpability* dan *compactibility* yang baik, akan tetapi tidak bisa memiliki kuat tekan awal (*early strength*) yang tinggi. *High Volume Fly Ash - Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) merupakan gabungan dari HVFAC dan SCC agar mendapatkan manfaat dari ke dua beton tersebut. Tambahan *superplasticizer* pada beton ini akan mengurangi penggunaan air dalam pembuatan beton.

Kuat lekat adalah kemampuan antara baja tulangan dan beton yang menyelimutinya untuk menahan gaya yang menyebabkan lepasnya lekatan antara baja tulangan dan beton (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). Menurut ASTM C-234-91a tegangan lekat kritis adalah tegangan terkecil yang menyebabkan terjadinya penggelinciran pada beton sebesar 0,25 mm, sehingga sesar beton melebihi 0,25 mm maka beton bisa dianggap sudah runtuh. Pengujian kuat lekat dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) yang kemudian akan dihasilkan grafik hubungan antara *load* dan *displacement* yang terjadi.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental di mana masing-masing benda uji dibuat tiga buah. Metode ini dilakukan agar mendapatkan data yang akurat dengan batasan tertentu agar pengujian tetap terkontrol. Bentuk benda uji adalah silinder berdimensi 30 cm untuk tingginya dan 15 cm untuk diameternya dengan baja tulangan ulir diameter 12 mm. Pengujian dilakukan terhadap sampel umur 28 hari dengan *setting* benda uji dapat dilihat seperti gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. *Setting* pengujian

Mix Design

Perencanaan *mix design* pada penelitian ini mengacu pada pada SNI (Standar Nasional Indonesia) 7656 tahun 2012 untuk jenis beton normal dan EFNARC *Specification and Guidelines for Self Compacting Concrete* untuk jenis beton SCC. Perhitungan *mix design* secara lengkap disajikan dalam tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Rekapitulasi *mix design* per 1 m³

Kode	Kadar Fly Ash	Semen (kg/m ³)	Fly Ash (kg/m ³)	Kerikil (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Air (lt/m ³)	Superplasticizer (lt/m ³)
FAC	15%	242,01	42,71	924,00	847,20	205	0
HVFAC	50%	227,78	227,78	1008	630,95	205	0
HVFA-SCC	50%	240	240	753,40	987,10	134,4	9,6
SCC	-	450	0	701,32	1085,62	135	6,75
NC	-	284,72	0	924,00	847,20	205	0

Pengujian Kuat Lekat

Alat yang digunakan dalam pengujian adalah *Universal Testing Machine* (UTM). Mekanisme pengujian dilakukan dengan menarik tulangan baja yang tertanam dalam benda uji lalu mencatat *displacement* yang terjadi (pembacaan dengan *dial gauge*) setiap pemberian *load* sebesar 100 kgf hingga mencapai *load* maksimum. Hasil yang didapatkan dari pengujian ini adalah *load* kuat lekat (saat *displacement* 0,25 mm), *load* maksimum dan *displacement* maksimum yang dapat digunakan untuk menggambarkan grafik hubungan antara *load* dan *displacement*. Berdasarkan *pull-out tests* RILEM-CEB RC6 (1983), rumus pengujian kuat lekat adalah sebagai berikut :

$$\tau = \frac{P}{La \times \pi \times D} \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan :

- P = *load* (N)
- La = panjang baja yang tertanam (cm)
- D = diameter baja (cm)
- τ = tegangan lekat (MPa)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Beton Segar

Hasil dari pengujian beton segar dapat dilihat pada tabel 2 sampai dengan tabel 5 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil *slump test* (jenis beton normal)

Beton	Slump Test	Syarat	Keterangan
FAC 15%	8,7 cm	2,5 - 10 cm	Memenuhi
HVFA 50%	9,3 cm	2,5 - 10 cm	Memenuhi
Normal Concrete	9 cm	2,5 - 10 cm	Memenuhi

Tabel 3. Hasil *slump flow test* (jenis beton SCC)

Beton	Slump Flow Test			Syarat Menurut EFNARC			Keterangan
	Diameter (mm)			Waktu (s)	d _{rata-rata} (mm)	T50 (s)	
	d1	d2	d _{rata-rata}	T50			
HVFA-SCC 50%	680	670	675	4,21	2 – 5	650-800	Memenuhi
SCC	740	730	735	3,27			Memenuhi

Tabel 4. Hasil *L-box Test* (jenis beton SCC)

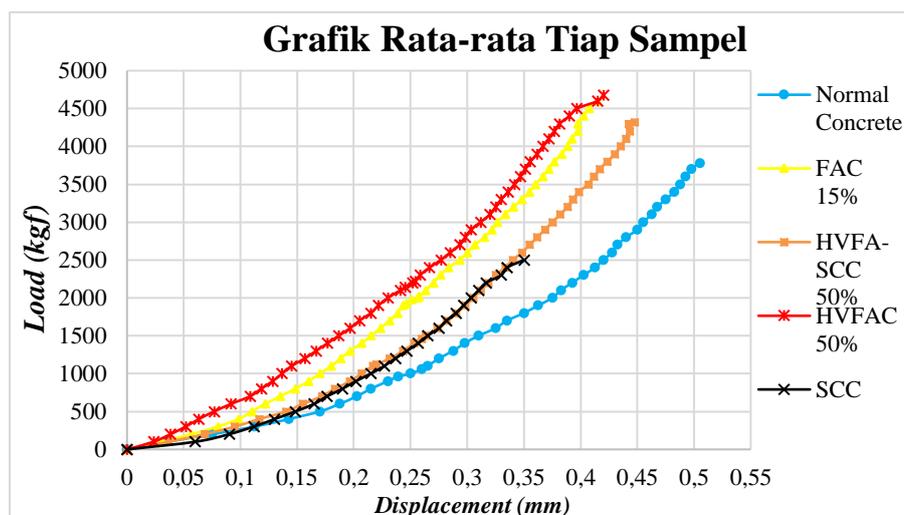
Beton	L-Box Shape			Syarat menurut EFNARC (h ₁ /h ₂)	Keterangan
	h1	h2	h ₁ /h ₂		
HVFA-SCC 50%	89	75	0,843	0,8 – 1,0	Memenuhi
SCC	80	67	0,838		Memenuhi

Tabel 5. Hasil *V-funnel Test* (jenis beton SCC)

Beton	V-Funnel Test (s)	Syarat (s)	Keterangan
HVFA-SCC 50%	17,09	9 - 25	Memenuhi
SCC	18,48		Memenuhi

Pengujian Kuat Lekat

Pengujian dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM) yang dipasangkan *dial gauge* untuk pembacaan *displacement*. Umur benda uji beton adalah 28 hari. Dari hasil pengujian kuat lekat dapat digambarkan grafik hubungan antara *load* dan *displacement* dari setiap benda uji. Untuk hasil dari grafik hubungan antara *load* dan *displacement* disajikan pada Gambar 2 dibawah ini



Gambar 2. Grafik rata-rata hubungan *load* dan *displacement* pada setiap sampel

Berdasarkan grafik rata-rata hubungan *load* dan *displacement* dapat dilihat bahwa beton HVFAC 50%, FAC 15%, HVFA-SCC 50% dan SCC memiliki grafik yang lebih curam keatas daripada beton normal, hal itu menandakan penambahan *displacement* tiap pembebanan (per 100 kgf) yang diberikan kepada keempat jenis beton tersebut lebih

kecil dari beton normal. Dari grafik juga dapat diketahui besarnya *load* kuat lekat (saat *displacement* 0,25 mm) yang digunakan untuk perhitungan kuat lekat antara baja dengan beton, serta *load* maksimum dan *displacement* maksimum yang digunakan untuk mengetahui tipe keruntuhan benda uji. Untuk hasil rekapitulasi data *load* kuat lekat (saat *displacement* 0,25 mm), *load* maksimum dan *displacement* maksimum dapat dilihat pada tabel 6 – tabel 8 dibawah ini.

Tabel 6. Hasil pengujian *load* kuat lekat (saat *displacement* 0,25 mm)

No	Nama Benda Uji	Load Kuat Lekat (kgf)	Load Kuat Lekat (kN)	Load Kuat Lekat Rata-rata (kN)
1	Normal Concrete	*890	*8,73	9,91
2		960	9,42	
3		1060	10,40	
1	FAC 15%	1920	18,84	19,36
2		2020	19,82	
3		1980	19,42	
1	HVFAC 50%	2200	21,58	21,45
2		2140	20,99	
3		2220	21,78	
1	HVFA-SCC 50%	1600	15,70	13,67
2		1460	14,32	
3		1120	10,99	
1	SCC	1400	13,73	12,75
2		1500	14,72	
3		1000	9,81	

* Data tidak dipakai karenanilai *load* maksimumnya berbeda jauh dari dua data lainnya

Berdasarkan tabel 6 yaitu pembacaan *load* kuat lekat (*load* saat *displacement* 0,25 mm) didapatkan hasil pembacaan *load* kuat yaitu HVFAC 50% sebesar 21,45 kN, FAC 15% sebesar 19,36 kN, HVFA-SCC 50% sebesar 13,67 kN, SCC sebesar 12,75 kN, beton normal sebesar 9,91 kN. Ini menunjukkan jika penggunaan *fly ash* bisa meningkatkan nilai *load* kuat lekat pada beton dibandingkan dengan beton normal, untuk beton SCC walau tidak ada penambahan *fly ash* tetapi memiliki *load* kuat lekat lebih besar dari beton normal karena agregat kasar yang digunakan berukuran kecil (lebih seragam) sehingga menghasilkan *load* kuat lekat yang lebih tinggi dari beton normal.

Tabel 7. Hasil pengujian *load* maksimum

No	Nama Benda Uji	Load Maksimum (kgf)	Load Maksimum (kN)	Load Maksimum Rata-rata (kN)
1	Normal Concrete	*4400	*43,16	36,20
2		3600	35,32	
3		3780	37,08	
1	FAC 15%	4300	42,18	42,18
2		4600	45,13	
3		4000	39,24	
1	HVFAC 50%	4420	43,36	44,28
2		4440	43,56	
3		4680	45,91	
1	HVFA-SCC 50%	4400	43,16	41,99
2		4320	42,38	
3		4120	40,42	
1	SCC	2500	24,53	22,99
2		2150	21,09	
3		2380	23,35	

* Data tidak dipakai karenanilai *load* maksimumnya berbeda jauh dari dua data lainnya

Berdasarkan tabel 7 yaitu pembacaan *load* maksimum yang terjadi antara baja tulangan dan beton didapatkan hasil pembacaan *load* maksimum rata-rata yaitu HVFAC 50% sebesar 44,28 kN, FAC 15% sebesar 42,18 kN, HVFA-SCC 50% sebesar 41,99 kN, beton normal sebesar 36,20 kN, dan SCC sebesar 22,99 kN. Ini menunjukkan jika penggunaan *fly ash* bisa meningkatkan nilai *load* maksimum pada beton dibandingkan beton normal, untuk beton SCC karena tidak ada penambahan *fly ash* memiliki *load* maksimum lebih kecil dari beton normal karena agregat kasar yang digunakan berukuran kecil (lebih seragam), sehingga ketika baja tulangan mengalami *slip* ikatan antar agregat terhadap baja lebihkecil, berbeda dengan beton normal yang memiliki agregat kasar yang lebih besar (lebih

beragam) sehingga ketika baja tulangan *slip* masih ada *lock* satu sama lain atau ikatan agregat terhadap baja jauh lebih besar.

Tabel 8. Hasil pengujian *displacement* maksimum

No	Benda Uji	<i>Displacement</i> Maksimum (mm)	<i>Displacement</i> Maksimum Rata-rata (mm)
1	Normal Concrete	*0,500	0,500
2		0,500	
3		0,500	
1	FAC 15%	0,375	0,408
2		0,440	
3		0,410	
1	HVFAC 50%	0,365	0,400
2		0,415	
3		0,420	
1	HVFA-SCC 50%	0,445	0,453
2		0,450	
3		0,465	
1	SCC	0,350	0,326
2		0,300	
3		0,330	

* Data tidak dipakai karenanilai *load* maksimumnya berbeda jauh dari dua data lainnya

Berdasarkan *displacement* maksimum yang terjadi pada tiap jenis beton yang disajikan pada tabel 8 didapatkan hasil *displacement* rata-rata yaitu beton normal sebesar 0,500 mm, HVFA-SCC 50% sebesar 0,453 mm, FAC 15% sebesar 0,408 mm, HVFAC 50% sebesar 0,400 mm, dan SCC sebesar 0,326 mm. Ini menunjukkan jika penggunaan *fly ash* akan mengurangi nilai *displacement* yang terjadi, untuk beton SCC walau tidak ada penambahan *fly ash* tetapi memiliki *displacement* yang lebih kecil dari beton normal karena agregat kasar yang digunakan berukuran kecil (lebih seragam) sehingga di awal-awal pembebanan akan menghasilkan lekatan yang tinggi, tetapi karena agregat yang seragam itu pula setelah beton *slip* ikatan antar agregat terhadap baja lebihkecil yang menyebabkan *load* maksimum yang dicapai lebih rendah dari beton normal.

Perhitungan Kuat Lekat

Dari data *load* kuat lekat yang didapatkan, maka dapat digunakan untuk menghitung kuat lekat pada setiap sampel beton. Untuk hasil perhitungan kuat lekat pada setiap sampel beton dapat dilihat pada tabel 9 dibawah ini.

Tabel 9. Hasil perhitungan kuat lekat

No	Benda Uji	<i>Load</i> Kuat Lekat (kN)	Kuat Lekat (MPa)	Kuat Lekat Rata-rata (MPa)
1	Normal Concrete	*8,73	*0,93	1,05
2		9,42	1,00	
3		10,40	1,10	
1	FAC 15%	18,84	1,998	2,05
2		19,82	2,10	
3		19,42	2,06	
1	HVFAC 50%	21,58	2,29	2,28
2		20,99	2,23	
3		21,78	2,31	
1	HVFA-SCC 50%	15,70	1,67	1,45
2		14,32	1,52	
3		10,99	1,17	
1	SCC	13,73	1,46	1,35
2		14,72	1,56	
3		9,81	1,04	

* Data tidak dipakai karenanilai *load* maksimumnya berbeda jauh dari dua data lainnya

Berdasarkan tabel 9 didapatkan hasil perhitungan kuat lekat rata-rata tiap sampel beton dari yang terbesar ke yang terkecil, yaitu HVFAC 50% sebesar 2,28 MPa, FAC 15% sebesar 2,05 MPa, HVFA-SCC 50% sebesar 1,45 MPa, SCC sebesar 1,35 MPa, dan beton normal sebesar 1,05 MPa. Ini menunjukkan jika penggunaan *fly ash* dapat

meningkatkan nilai kuat lekat pada beton dibandingkan dengan beton normal, untuk beton SCC walau tidak ada penambahan *fly ash* tetapi memiliki kuat lekat lebih besar dari beton normal karena agregat kasar yang digunakan berukuran kecil (lebih seragam) sehingga akan menghasilkan lekatan yang tinggi di awal pembebanan yang berakibat tinggi nya kuat lekat beton.

Tipe Keruntuhan

Semua benda uji memiliki tipe keruntuhan yang sama, yaitu terjadi *pull out failure/slip pada* baja tulangan dan terjadi retakan kecil di sekitar baja tulangan. Tipe keruntuhan benda uji dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Tipe keruntuhan benda uji

SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tersebut adalah:

1. Penambahan *fly ash* dapat meningkatkan *load* kuat lekat (saat *displacement* 0,25 mm), meningkatkan *load* maksimum dan mengurangi *displacement* maksimum dari beton dibandingkan beton normal, untuk beton tanpa *fly ash* (SCC) nilai *load* kuat lekat (saat *displacement* 0,25 mm) meningkat dan *displacement* maksimum berkurang tetapi nilai *load* maksimum menurun dibandingkan beton normal karena agregat yang digunakan lebih seragam.
2. Nilai kuat lekat dari beton dengan tambahan *fly ash* lebih besar dibandingkan beton normal, untuk beton tanpa *fly ash* (SCC) nilai kuat lekat juga lebih besar dari beton normal karena agregat yang digunakan lebih seragam.
3. Semua jenis beton yang diteliti memiliki grafik hubungan *load* dan *displacement* yang lebih curam ke atas dibandingkan dengan beton normal, ini menunjukkan bahwa semua jenis benda uji mengalami penambahan *displacement* lebih kecil dari beton normal setiap penambahan *load* yang diberikan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Rasa terima kasih diucapkan untuk Bapak Agus Setiya Budi, S.T., M.T. dan Bapak Erik Wahyu Pradana, S.T., M. Eng. atas bimbingannya dan juga kepada rekan satu tim yang telah bekerjasama dengan baik untuk melakukan dan menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- American Standard Testing and Material, 1991, "(ASTM) C 234-91a -1991 : Standard Test Method for Comparing Concretes on the Basis of the Bond Developed with Reinforcing Steel".
- Ati, 2002, "High-Volume Fly Ash Concrete with High Strength and Low Drying Shrinkage", ASCE. Turki.
- EFNARC, 2005, "Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete".
- 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.
- Malhotra V. M. & Mehta, P. K., 2005, "High Performance, High-Volume Fly ash Concrete: materials, mixture proportioning, properties, construction practice, and case histories", Supplementary Cementing Materials for Sustainable Development Inc. Ottawa.
- 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.
- Rilem T. C., 1994, "RC 6 Bond test for reinforcement steel. 2. Pull-out test, 1983". RILEM recommendations for the testing and use of constructions materials, pp. 218-220.
- Standar Nasional Indonesia, 2013, "(SNI) 2847-2013 : Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung".

Standar Nasional Indonesia, 2012, “(SNI) 7656:2012 : 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.

Tjokrodimuljo K., 1996, “Teknologi Beton”, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

Winter G., and Nilson A. H., 1993, “Perencanaan Struktur Beton Bertulang”, Pradnya Paramita. Jakarta.