

KAJIAN UJI KUAT LEKAT PADA BETON FLY ASH DENGAN KADAR FLY ASH 15%, 30%, DAN 40% DARI BERAT BINDER

Agus Setiya Budi¹⁾, Wibowo²⁾, Falih Fakhri³⁾

^{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 : falihfakhrisolo@gmail.com

Abstract

Cement production increases following higher cement demand. This event causes side effects. Which is harmful to global environmental conditions. To reduce these effects, many studies have been conducted on cement substitute materials. One of them is fly ash which is added to the concrete mixture. However, there are still few studies that examine the magnitude of the bond strength of concrete with fly ash as cement substitutes. The method used in this research is by using three variations of the levels of fly ash in fly ash concrete (FAC) with small doses of 15%, 30%, and 40% fly ash content from binder content, and then compared toward normal concrete. The specimens including are cylindrical with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. Testing is carried out using the Universal Testing Machine (UTM). From the specimen tests that has been done, the bond strength value of concrete with 15% fly ash content is 0.812 MPa, concrete with 30% fly ash content is 0.985 MPa, concrete with 40% fly ash content is 0.992 MPa, while normal concrete is 0.234 MPa. This indicates that the bond strength of the concrete increases with the increase of fly ash content.

Keywords: Bond strength, fly ash, Fly Ash Concrete (FAC)

Abstrak

Produksi semen meningkat mengikuti permintaan semen yang semakin tinggi. Hal tersebut menimbulkan efek samping. Yaitu membawa dampak buruk terhadap kondisi lingkungan global. Untuk mengurangi dampak tersebut, banyak penelitian yang diadakan mengenai material pengganti semen. Salah satunya yaitu fly ash yang ditambahkan pada campuran beton. Akan tetapi masih sedikit penelitian yang mengkaji tentang besarnya kuat lekat pada beton dengan material pengganti semen fly ash. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan 3 variasi kadar fly ash pada beton fly ash atau fly ash concrete (FAC) yaitu dengan kadar 15%, 30%, dan 40% dari berat binder, lalu dibandingkan dengan beton normal. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat Universal Testing Machine (UTM). Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan rata-rata nilai kuat lekat beton dengan kadar fly ash 15% sebesar 0,812 MPa, beton dengan kadar fly ash 30% sebesar 0,985 MPa, beton dengan kadar fly ash 40% sebesar 0,992 MPa, dan beton normal sebesar 0,234 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa kuat lekat beton meningkat seiring dengan bertambahnya kadar fly ash.

Kata kunci : Fly ash, Fly Ash Concrete (FAC), kuat lekat

PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan zaman, dunia konstruksi juga mengalami perkembangan yang sangat pesat. Pemerintah pusat semakin gencar untuk melakukan pembangunan baik itu jalan, bandara, gedung, pelabuhan, dan sarana umum lainnya. Dengan semakin gencarnya pembangunan infrastruktur tersebut menyebabkan permintaan semen sebagai bahan baku beton semakin tinggi. Dimana beton dipakai sebagai pilihan utama dalam elemen struktur bangunan. Karena sifatnya yang memiliki kuat tekan tinggi, lebih awet dan tahan lama, daya tahan terhadap air dan api yang tinggi, dan berbagai kelebihan lainnya.

Produksi semen yang sangat tinggi terjadi mengikuti permintaan semen yang semakin tinggi. Dengan terjadinya hal tersebut menimbulkan efek samping, yaitu membawa dampak buruk terhadap kondisi lingkungan global. Selain meyumbang emisi karbon dioksida (CO₂) yang besar, produksi semen juga menyebabkan pencemaran udara oleh debu. Debu akibat produksi semen dihasilkan pada waktu pengadaan bahan baku, selama proses pembakaran, dan pada saat pengangkutan bahan baku ke pabrik. Untuk mengurangi emisi gas karbon dioksida (CO₂) telah banyak dilakukan penelitian mengenai material pengganti semen seperti fly ash yang dicampurkan pada adonan beton.

Pada penelitian kali ini, bahan pengganti untuk mengurangi kadar semen sebagai binder dalam pembuatan beton yang digunakan adalah fly ash. Yang dimaksud dari fly ash atau abu terbang sendiri adalah partikel halus dengan

ukuran yang sangat kecil yaitu berukuran dari 1 - 150 mikrometer yang terbuat dari hasil limbah pembakaran batu bara (Siddique, 2004). Pengurangan penggunaan semen dengan material pengganti *fly ash* dalam jumlah tertentu menyebabkan perancangan komposisi campuran beton dengan material pengganti semen *fly ash* berbeda dengan perancangan *mix design* beton normal. Pada Saat ini perancangan *mix design* dengan material pengganti semen *fly ash* masih mengandalkan *trial mix* yaitu perancangan yang membutuhkan satu atau lebih percobaan guna mendapatkan kuat tekan yang direncanakan. *Trial mix* dilakukan dikarenakan panduan untuk perancangan *mix design* beton dengan material *fly ash* sebagai material pengganti semen belum tersedia seperti perancangan *mix design* beton normal.

Sudah banyak penelitian terdahulu yang mengkaji tentang kadar *fly ash* pada beton dengan *fly ash* sebagai material pengganti semen. Akan tetapi masih sedikit penelitian yang berhubungan tentang besarnya kuat lekat pada beton dengan *fly ash* sebagai material pengganti semen. Atas alasan tersebut maka akan dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui nilai kuat lekat pada beton dengan *fly ash* sebagai material pengganti semen usia 28 hari dengan variasi kadar *fly ash* yang digunakan adalah 15%, 30%, dan 40% dari berat *binder* yang kemudian dibandingkan dengan beton normal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya gaya cabut maksimal dan *displacement* maksimal tiap sampel selama pengujian, mengetahui nilai kuat lekat serta mengetahui hubungan *load-displacement* pada tiap sampel dengan variasi kadar *fly ash* yang berbeda, yang selanjutnya akan dibandingkan dengan beton normal.

Landasan Teori

Beton adalah Campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, air, agregat kasar, dan agregat halus, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI 2847:2019). Pada dasarnya beton terdiri dari dua bagian, dua bagian tersebut adalah agregat dan pasta. Untuk pasta sendiri terdiri dari campuran air dan semen Portland. Pasta tersebut memiliki fungsi mengikat agregat (pasir dan kerikil/batu pecah) menjadi suatu massa seperti batuan. Pada saat pasta tersebut mengeras karena reaksi kimia yang terjadi di antara semen dan air (Nugraha dan Antoni, 2007).

Penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambah memberikan dampak pada segi pembiayaan, *workability*, dan *durability* dari beton (Karin, 2019). Tanggapan yang kerap kali digunakan pada analisis dan perancangan struktur beton bertulang adalah bahwa ikatan antara baja tulangan dengan beton yang menyelimutinya berlangsung secara sempurna dengan tidak terjadi adanya pergeseran. Atas pandangan tersebut dan sebagai dampak lanjutan, di saat elemen struktur beton bertulang bekerja untuk menahan beban akan muncul tegangan lekat yang berbentuk *shear interlock* yang terdapat di permukaan singgung antara baja tulangan dengan beton (Dipohusodo, 1994).

Salah satu kelemahan beton adalah kuat tariknya yang rendah dan sifatnya yang getas, yang membuat penggunaannya terbatas. Salah satu upaya agar meningkatkan kuat tarik, biasanya beton diberikan baja tulangan sehingga struktur beton merupakan gabungan beton dengan baja atau biasanya dapat disebut beton bertulang. Dalam struktur beton bertulang terdapat beberapa persyaratan, salah satunya adalah adanya lekatan antara baja tulangan dengan beton sehingga apabila beton bertulang diberikan beban tidak akan terjadi *slip* antara beton dengan baja tulangan, dengan syarat terdapat panjang penyaluran yang mencukupi. (Sunarmasto, 2007).

METODE

Metode penelitian yaitu langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan dan hasil akhir terhadap penelitian ini. Metode yang digunakan dalam penelitian kali adalah metode eksperimental. Metode eksperimental adalah sebuah metode dengan cara melakukan percobaan di laboratorium untuk mendapatkan hasil pengujian yang valid.

Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian kali ini ialah *pull out test* pada *fly ash concrete* (FAC) dengan kadar *fly ash* 15%, 30%, dan 40% dari berat *binder* dengan usia beton 28 hari. Hasil pengujian pada penelitian ini adalah nilai gaya cabut maksimal dan *displacement* atau slip maksimal antara beton dengan tulangan, besarnya kuat lekat, dan hubungan *load* terhadap *displacement* pada setiap variasi beton yang kemudian dibandingkan dengan beton normal. untuk jumlah benda uji dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jumlah benda uji

No	Tipe Benda Uji	Jumlah (buah)
1	FAC 15 %	3
2	FAC 30 %	3
3	FAC 40 %	3
4	NC	3
Jumlah total		12

Mix Design

Mix design dibuat dengan tujuan untuk menghasilkan komposisi campuran material yang memenuhi persyaratan teknis agar mendapat kuat tekan beton yang diinginkan. Dimana pada penelitian ini kuat tekan yang direncanakan adalah 30 MPa. Mix design yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 2012 : 7656.

Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini pembuatan benda uji beton dilakukan dengan cara mencetak adukan beton ke dalam mould berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Untuk menguji seberapa besar kuat lekat beton digunakan baja polos berdiameter 12 mm dengan panjang tulangan tertanam 25 cm dan Panjang isolator 5 cm.

Perawatan Beton (Curing)

Pada tahapan ini curing dilakukan segera setelah beton mengeras. Tujuan dari curing sendiri adalah agar beton tidak terlalu cepat kehilangan kadar air atau agar proses hidrasi beton tidak terganggu serta menjaga kelembaban beton. Hal yang dikhawatirkan akan terjadi apabila tidak dilakukan curing adalah keretakan karena penguapan air yang terlalu cepat. Pada penelitian ini curing beton dilakukan dengan cara menutupi benda uji dengan karung goni basah dan dilakukan pengeringan selama 7 hari sebelum pengujian.

Pengujian Kuat Lekat

Pengujian yang dilakukan pada penelitian kali ini yaitu berupa pull-out test yang mengacu pada RILEM-CEB RC6 (1983), dengan mengacu pada aturan tersebut maka kuat lekat dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\tau = \frac{P}{La.\pi.D}$$

Keterangan

P = Beban pada saat displacement 0,25 mm (kN)

La = Panjang Penyaluran (mm)

D = Diameter Baja (mm)

τ = Kuat Lekat (MPa)

Pengujian pull-out test dilakukan dengan menggunakan Universal Testing Machine (UTM) yang ada di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret dengan benda uji usia 28 hari. Pengujian pull-out test menggunakan metode load control dilakukan dengan cara menarik tulangan baja yang ada pada beton yang kemudian dicatat displacement yang terjadi setiap load 100 kgf. Dengan pengecualian pada saat displacement 0,25 mm mencatat load yang terjadi, dikarenakan displacement 0,25 mm merupakan lekatan kritis antara beton dengan baja (ASTM C-234-91a). Untuk dial universal testing machine (UTM) yang digunakan pada penelitian ini menggunakan satuan kilogram force (kgf), sehingga dalam perhitungan kuat lekat load yang terjadi perlu dikonversikan terlebih dahulu dalam satuan kilo newton (kN). Load yang terjadi adalah beban tarik mesin universal testing machine (UTM).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tarik Baja

Pada penelitian ini baja tulangan yang digunakan adalah baja polos berdiameter 12 mm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin universal testing machine (UTM) mengacu pada standar ASTM. Hasil pengujian kuat tarik baja ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian kuat tarik baja

Kode Benda Uji	Diameter Baja (mm)	Luas Penampang (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	Kuat Tarik Leleh (MPa)	Kuat Tarik Maksimum (MPa)
A	12	113,097	33942,6	50913,9	300,11	450,17
B	12	113,097	34531,2	51208,2	305,32	452,77
Rata-rata					302,72	451,47

Mix Design

Acuan yang digunakan dalam perancangan *mix design* pada penelitian kali ini yaitu SNI 2012:7656. Berikut ditampilkan hasil perancangan *mix design* yang digunakan pada tabel 3.

Tabel 3. *Mix design* campuran beton

Kode	Persentase Fly Ash	Semen (kg/m ³)	Fly Ash (kg/m ³)	Kerikil (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Air (lt/m ³)
NC	-	284,72	-	924	842,99	205
FAC	15 %	242,01	42,71	924	842,99	205
FAC	30 %	199,31	85,42	924	842,99	205
FAC	40 %	170,83	113,89	924	842,99	205

Pengujian Beton Segar

Pada penelitian ini pengujian beton segar yang dilakukan yaitu *slump test*. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah kerucut *abrams* dan papan *slump*. Untuk Persyaratan pada *slump test* mengacu pada SNI 2012:7656. Data hasil pengujian beton segar ditampilkan pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Pengujian *slump*

Kode	Nilai Slump	Syarat	Keterangan
Beton Normal	9,5 cm	2,5 – 10 cm	Memenuhi
FAC 15%	8,5 cm	2,5 – 10 cm	Memenuhi
FAC 30%	10,0 cm	2,5 – 10 cm	Memenuhi
FAC 40%	9,0 cm	2,5 – 10 cm	memenuhi

Pengujian Kuat Tekan

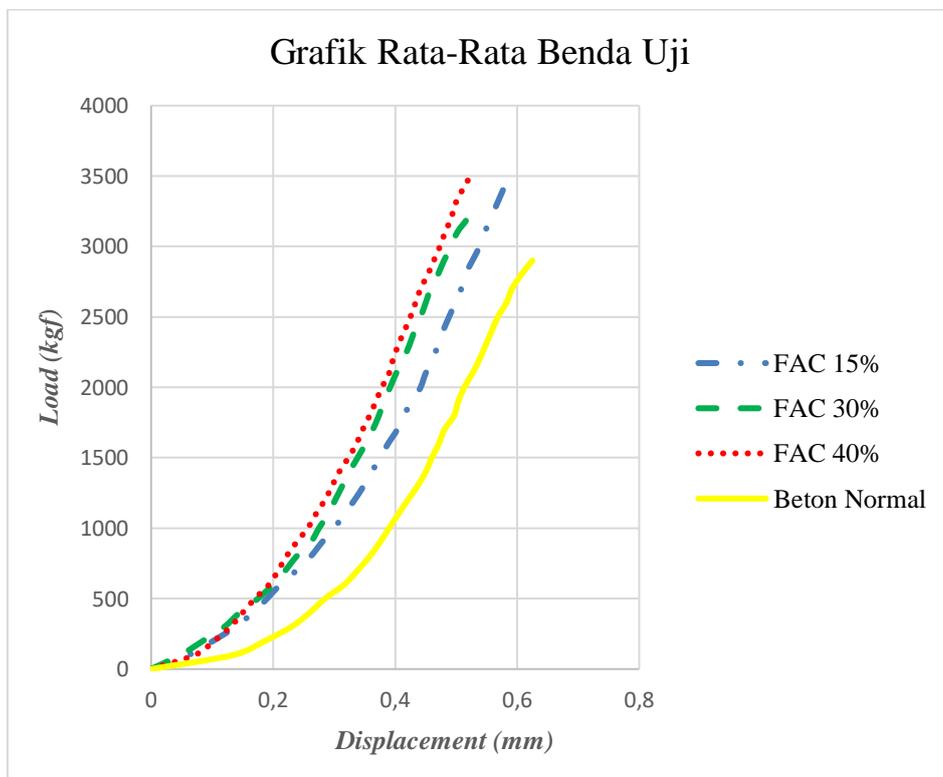
Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan menggunakan *universal testing machine* (UTM) yang berada di laboratorium bahan, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret. Berikut hasil pengujian kuat tekan beton ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian kuat tekan

Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata (MPa)
Beton Normal 1	27,45	
Beton Normal 2	30,56	30,09
Beton Normal 3	32,26	
FAC 15% 1	37,35	
FAC 15% 2	38,48	38,10
FAC 15% 3	38,48	
FAC 30% 1	33,10	
FAC 30% 2	33,95	34,05
FAC 30% 3	35,08	
FAC 40% 1	32,82	
FAC 40% 2	32,82	32,92
FAC 40% 3	33,10	

Pengujian Kuat Lekat

Pengujian *pull-out test* pada penelitian kali ini dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) yang dimodifikasi sedemikian rupa menggunakan *dial gauge* yang berfungsi untuk membaca besarnya *displacement* yang terjadi. Dari pengujian yang dilakukan menghasilkan data yang diolah menjadi grafik hubungan antara *load* terhadap *displacement*. Grafik hubungan antara *load* terhadap *displacement* ditampilkan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Grafik rata-rata hubungan *load* terhadap *displacement* pada setiap jenis beton

Dari grafik rata-rata hubungan *load* terhadap *displacement* pada setiap jenis beton di atas terlihat bahwa grafik beton FAC 15%, FAC 30%, dan FAC 40% semakin curam ke atas dibandingkan dengan beton normal. Hal tersebut menandakan bahwa peningkatan *displacement* pada ke tiga jenis tersebut lebih rendah dibandingkan dengan beton

normal. Untuk rekapitulasi hasil pengujian *load* kuat lekat (*load* saat *displacement* 0,25 mm), *load* maksimum, dan *displacement maksimum* ditampilkan pada tabel 6 - tabel 8 berikut.

Tabel 6. Hasil pengujian *load* saat *displacement* 0,25 mm

Nama Benda Uji	No	Load Kuat Lekat (kgf)	Load Kuat Lekat (kN)	Load Kuat Lekat Rata-Rata (kN)
Beton Normal	1	260	2,551	2,207
	2	190	1,864	
	3	*900	*8,829	
FAC 15%	1	1100	10,791	7,652
	2	460	4,513	
	3	760	7,652	
FAC 30%	1	1300	12,753	9,287
	2	860	8,437	
	3	680	6,671	
FAC 40%	1	1200	11,772	9,352
	2	820	8,044	
	3	840	8,240	

* beton normal sampel ketiga memiliki nilai *load* kuat lekat yang sangat jauh jika dibandingkan dengan dua sampel lainnya, maka dari itu untuk rata-rata beton normal sampel ketiga tidak dihitung

Berdasarkan tabel 6 yaitu pembacaan *load* kuat lekat (*load* saat *displacement* 0,25 mm) didapatkan hasil pembacaan *load* kuat lekat rata-rata dari yang terkecil hingga yang terbesar yaitu beton normal sebesar 4,46 kN, FAC dengan kadar *fly ash* 15% sebesar 7,65 kN, FAC dengan kadar *fly ash* 30% sebesar 9,29 kN, dan FAC dengan kadar *fly ash* 40% sebesar 9,35 kN. Ini menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* dapat meningkatkan nilai *load* kuat lekat pada beton dibandingkan dengan beton normal.

Tabel 7. Hasil pengujian *load* maksimum

Nama Benda Uji	No	Load Maksimum (kgf)	Load Maksimum (kN)	Load Maksimum Rata-Rata (kN)
Beton Normal	1	2970	29,136	32,896
	2	3500	34,335	
	3	3590	35,218	
FAC 15%	1	3580	35,120	35,447
	2	3360	32,962	
	3	3900	38,259	
FAC 30%	1	3500	34,335	33,550
	2	3400	33,354	
	3	3360	32,962	
FAC 40%	1	3520	34,531	35,316
	2	3680	36,101	
	3	3600	35,316	

Berdasarkan tabel 7 yaitu pembacaan *load* maksimum yang terjadi antara baja tulangan dan beton didapatkan hasil pembacaan *load* maksimum rata-rata beton normal adalah 32,90 kN, FAC dengan kadar *fly ash* 15% sebesar 35,45 kN, FAC dengan kadar *fly ash* 30% sebesar 33,55 kN, dan FAC dengan kadar *fly ash* 40% sebesar 35,31 kN. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa beton dengan penambahan *fly ash* memiliki *load* maksimum yang lebih besar

ketika dibandingkan dengan beton normal. Ini menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* dapat meningkatkan *load* maksimum beton dibandingkan dengan beton normal.

Tabel 8. Hasil pengujian *displacement* maksimum

Nama Benda Uji	No	<i>Displacement</i>	<i>Displacement</i> Maksimum
		Maksimum (mm)	Rata-Rata (mm)
Beton Normal	1	0,835	0,685
	2	0,720	
	3	0,500	
FAC 15%	1	0,495	0,602
	2	0,615	
	3	0,695	
FAC 30%	1	0,420	0,542
	2	0,620	
	3	0,585	
FAC 40%	1	0,530	0,537
	2	0,595	
	3	0,485	

Berdasarkan tabel 8 didapatkan hasil *displacement* rata-rata yaitu beton normal sebesar 0,685 mm, FAC dengan kadar *fly ash* 15% sebesar 0,602 mm, FAC dengan kadar *fly ash* 30% sebesar 0,542 mm, dan FAC dengan kadar *fly ash* 40% sebesar 0,537 mm. Ini menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* dapat mengurangi *displacement* atau slip antara baja tulangan dan beton dibandingkan dengan beton normal.

Hasil Perhitungan Kuat Lekat

Dari hasil pengujian yang didapatkan pada setiap benda uji, maka dapat dihitung kuat lekat pada setiap benda uji. Untuk hasil perhitungan kuat lekat pada setiap benda uji ditampilkan pada tabel 9 berikut.

Tabel 9. Hasil perhitungan kuat lekat

No.	Benda Uji	Load Kuat Lekat (kN)	Kuat Lekat (τ) (MPa)	Kuat Lekat Rata-Rata (MPa)
1	Beton Normal	2,551	0,271	0,234
2		1,864	0,198	
3		*8,829	*0,937	
1	FAC 15%	10,791	1,145	0,812
2		4,513	0,479	
3		7,652	0,812	
1	FAC 30%	12,753	1,353	0,985
2		8,437	0,895	
3		6,671	0,708	
1	FAC 40%	11,772	1,249	0,992
2		8,044	0,854	
3		8,240	0,874	

* : beton normal sampel ketiga memiliki perhitungan nilai kuat lekat yang sangat jauh jika dibandingkan dengan dua sampel lainnya, maka dari itu untuk rata-rata beton normal sampel ketiga tidak dihitung

Berdasarkan hasil analisis data dari perhitungan kuat lekat yang disajikan tabel 9 didapatkan hasil kuat lekat rata-rata tiap sampel beton dari yang terkecil ke yang terbesar, yaitu beton normal sebesar 0,234 MPa, FAC dengan kadar *fly ash* 15% sebesar 0,812 MPa, FAC dengan kadar *fly ash* 30% sebesar 0,985 MPa, dan FAC dengan kadar *fly ash* 40% sebesar 0,992 MPa. Dari hasil pengujian tersebut penambahan *fly ash* pada beton dapat meningkatkan lekatan antara beton dan baja tulangan sehingga meningkatkan kuat lekat beton.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dari pengujian yang sudah dilakukan mengenai uji kuat lekat pada beton dengan material pengganti semen *fly ash* dengan kadar 15%, 30%, dan 40% dari berat *binder* yang dibandingkan dengan beton normal, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian yang dilakukan dihasilkan nilai gaya cabut kuat lekat dari *Fly Ash Concrete* memiliki nilai gaya cabut kuat lekat meningkat seiring dengan bertambahnya kadar *fly ash*. Nilai gaya cabut maksimum rata-rata *Fly Ash Concrete* lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal. Sedangkan untuk *displacement* maksimum *Fly Ash Concrete* menurun seiring dengan bertambahnya kadar *fly ash*.
2. Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai kuat lekat *fly ash concrete* meningkat seiring dengan bertambahnya kadar *fly ash*.
3. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui perilaku hubungan *load* terhadap *displacement* pada pengujian kuat lekat, dimana untuk FAC dengan kadar *fly ash* 15%, 30% dan 40% menunjukkan grafik yang lebih curam ke atas dari pada beton normal. Ini menunjukkan bahwa ketiga jenis beton itu mengalami penambahan *displacement* yang lebih kecil dan penambahan *load* lebih besar dibandingkan dengan beton normal.

REKOMENDASI

Perlu adanya saran dan masukan yang harus ditindaklanjuti agar penelitian berikutnya memperoleh hasil yang lebih *valid*. Adapun saran - saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Perlu meningkatkan metode pengujian kuat lekat dengan alat UTM agar memperoleh data yang lebih akurat.
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan tujuan untuk mengetahui kuat lekat yang terjadi menggunakan panjang, diameter tulangan tertanam, serta variasi jumlah *fly ash* yang berbeda.
3. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan rentang umur beton yang berbeda yaitu dengan rentang 56 atau 90 hari untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* sesuai umur pengujian.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih saya tujukan kepada Bapak Agus Setiya Budi, S.T., M.T. dan Bapak Wibowo S.T., DEA. Atas bimbingannya serta saya ucapkan juga kepada rekan satu kelompok atas kerjasamanya yang kompak untuk menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- Dipohusodo, I., 1994, "Struktur Beton Bertulang". PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- 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.
- Nugraha P. dan Antoni, 2007, "Teknologi Beton", Andi Offset. Yogyakarta.
- RILEM/CEB/FIP-RC6/83, 1983, "Bond Test for Reinforcement Steel: 2. Pull- Out Test (Revised Edition)". *CEB Manual on Concrete Reinforcement Technology*.
- Standar Nasional Indonesia, 2012, "(SNI) 7656-2012 : Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa".
- Standar Nasional Indonesia, 2019, "(SNI) 2847-2019 : Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung".
- Siddique, R., 2004, "Performance Characteristics of High-Volume Class F Fly Ash Concrete", Thapar Institute of Engineering and Technology.
- Sunarmasto, 2007, "Tegangan Lekat Baja Tulangan (Polos dan Ulir) Pada Beton", Universitas Sebelas Maret. Surakarta.