

PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* TERHADAP KUAT TEKAN DAN TARIK PEREKAT BATA RINGAN

Michael Aditya Kariyanto¹, Andre Rachman Wijaya², Ir. Handoko Sugiharto, M.T.³

ABSTRAK : Perekat bata ringan adalah hasil inovasi dari perekat bata konvensional. *Fly ash* adalah pengganti semen karena sifat pozzolanik yang dimilikinya sama seperti semen dengan ukuran partikel yang kecil dan bulat. Pada penelitian ini penulis mencoba menggantikan semen dengan *fly ash* dengan beberapa variabel persentase *fly ash* dimana diharapkan akan didapatkan hasil yang lebih baik dan juga lebih murah dari segi ekonomi. Metode pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *compressive test* dan *pull off test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penambahan *fly ash* dengan kadar 30% dapat menghasilkan hasil yang lebih baik dan ekonomis dibandingkan dengan perekat bata ringan standar tanpa *fly ash*.

KATA KUNCI : pengaruh penambahan *fly ash*, persentase *fly ash*, *fly ash* sebagai solusi

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini dunia konstruksi telah berkembang pesat, kemajuan teknologi memungkinkan banyak bahan konstruksi baru yang dapat diciptakan. Hal ini juga memungkinkan pengembangan bahan konstruksi yang sudah ada.

Salah satu contohnya adalah pengembangan bata merah konvensional menjadi bata ringan yang akhir-akhir ini bukan hanya digunakan pada bangunan *high rise building* tetapi juga mulai digunakan pada perumahan. Bata ringan sendiri memiliki beberapa kelebihan yaitu beratnya yang ringan memudahkan pekerja untuk memindah dan memasang bata, bentuknya yang sangat homogen antar satu dengan yang lain sehingga diperlukan lebih sedikit perekat bata, dan juga bata ringan memiliki kekuatan yang paling tinggi dibanding batako maupun bata merah konvensional.

Oleh karena itu, di sini akan dibahas mengenai efek daripada penambahan *fly ash* pada perekat bata ringan, dalam hal ini menggunakan mortar, baik pada kuat tekan dan kuat tariknya. Mortar atau spesi merupakan salah satu bahan bangunan yang berfungsi untuk merekatkan pasangan batu bata, batako, plesteran dan sebagainya. Selama ini mortar masih menggunakan semen portland dan kapur sebagai bahan ikat utama yang harganya cukup mahal. Pada sisi lain penggunaan mortar tidak memerlukan persyaratan yang terlalu tinggi. Oleh karena itu diperlukan alternatif bahan ikat lain yang memiliki harga lebih murah dan diprediksikan dapat meningkatkan kuat tekan dan tarik mortar. Bahan ikat alternatif yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah sisa pembakaran batu bara, yaitu *fly ash*. Penggunaan *fly ash* diharapkan dapat menambah kekuatan perekat bata ringan, karena bentuk partikelnya yang sangat kecil

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, michael_mak7@yahoo.com.

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, andre.rachman@hotmail.com.

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, hands@peter.petra.ac.id.

sehingga dapat mengisi rongga-rongga kosong di dalam perekat bata ringan dan juga *fly ash* memiliki sifat pozzolan sama seperti semen.

Konsep penambahan *fly ash* ini sama seperti penambahan *fly ash* pada campuran beton basah sehingga dapat mengurangi penggunaan semen, sehingga dapat menekan biaya yang dikeluarkan. Konsep ini diperlukan trial dengan beberapa kali percobaan untuk mendapatkan hasil sesuai dengan yang diinginkan.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah persentase *fly ash* yang digunakan dalam mortar. Sedangkan variabel terikatnya adalah kuat tekan, tarik dan serapan air pada mortar.

2. STUDI LITERATUR

2.1. Bata Ringan

Ada 2 macam jenis bata ringan Aerated Lightweight Concrete /ALC) atau sering disebut juga (*Autoclaved Aerated Concrete / AAC*) dan *CLC (Cellular Lightweight Concrete)*.

Bata ringan AAC adalah beton selular dimana gelembung udara yang ada disebabkan oleh reaksi kimia, yaitu ketika bubuk aluminium atau aluminium pasta mengembang seperti pada proses pembuatan roti saat penambahan ragi untuk mengembangkan adonan. Material pembuatan bata ringan AAC memakai pasir khusus yaitu silika (> 95% SiO₂) dan harus digiling sampai ukuran mikro. Sama halnya seperti pada pembuatan roti pada AAC tingkat ekspansi adonan juga tidak bisa di kontrol secara tepat sehingga biasanya akan mengembang keluar dari cetakan. Oleh karena itu harus dipotong untuk mendapatkan dimensi yang dibutuhkan. Gelembung udara yang relatif banyak memungkinkan dihasilkannya AAC dengan kerapatan yang rendah yaitu sekitar 700 – 800 kg / m³.

Bata ringan CLC adalah beton selular yang mengalami proses curing secara alami, CLC adalah beton konvensional yang mana agregat kasar (kerikil) digantikan oleh udara, dalam prosesnya menggunakan busa organik yang sangat stabil dan tidak ada reaksi kimia ketika proses pencampuran adonan, foam/busanya berfungsi sebagai media untuk membungkus udara.

Pabrikasi dan peralatan yang digunakan untuk menghasilkan CLC juga standard, sehingga produksi dengan mudah dapat pula diintegrasikan ke dalam pabrikasi beton konvensional. Hanya pasir, semen, air dan foam yang digunakan dan kepadatan yang didapatkan dapat disesuaikan mulai dari 350 sampai 1.800 kg / m³ dan kekuatan dapat juga dicapai dari serendah 1,5 sampai lebih 30 N / mm².

Spesifikasi Bata Ringan :

- Berat jenis kering : 520 kg/m³
- Berat jenis normal : 650 kg/m³
- Kuat tekan : > 4,0 N/mm²
- Konduktivitas termis : 0,14 W/mK
- Tebal spesi : 3 mm
- Ketahanan terhadap api : 4 jam
- Jumlah per luasan per 1 m² : 22 - 26 buah.

2.2. Perekat Bata Ringan

Thin bed adhesive merupakan perekat yang digunakan khusus untuk bata ringan. Hal ini dikarenakan kemampuan thin bed adhesive untuk merekatkan bata ringan satu dengan yang lain dengan ketebalan hanya 3mm. Berbahan dasar semen, pasir pilihan, *filler* dan aditif yang tercampur secara homogen. Standar Acuan Produk yaitu EN 998:2003. Biasanya berwarna abu. Pasir yang digunakan adalah campuran pasir pilihan dengan besar butiran maksimum 0,6 mm. Semen yang digunakan semen Portland. Dengan Polymers sebagai zat adiktif. Dengan ketebalan 3mm itu maka dapat menghasilkan suatu

konstruksi bata ringan yang sesuai dengan konsep awalnya. Dan juga pengerjaan di lapangan menjadi lebih rapi dan terkontrol sehingga dapat menekan terjadi waste pada pekerjaan pemasangan batu bata ringan.

2.3. Fly Ash

Fly ash merupakan bahan sisa buangan yang berasal dari pembakaran batu bara yang biasanya digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap. Saat suhu pembakaran antara 1250°C sampai 1600°C, material-material yang tahan terhadap api akan bergabung membentuk butiran-butiran berbentuk bola seperti kaca dengan komposisi *silica* (SiO_2), *alumina* (Al_2O_3), *iron oxide* (Fe_2O_3), dan unsur-unsur minor lainnya. (Hidayat, 1986)

Komposisi dari *fly ash* bermacam-macam tergantung sumber pembakaran dan jenis batu bara yang digunakan. Berdasarkan ASTM C618, *fly ash* dibagi menjadi dua kelas yaitu *fly ash* kelas C dan *fly ash* kelas F, dimana komposisi peyusunnya berbeda seperti terlihat pada tabel 2.1 dan 2.2. Standar yang ditetapkan oleh ASTM adalah 75% dari *fly ash* harus berukuran lebih kecil dari 45 μm dan memiliki kandungan karbon serta *loss of igniton* dibawah 4%. (Hadi, 2000)

Pada **Tabel 1.** dicantumkan senyawa yang terkandung dalam *fly ash* tipe F, N dan C.

Pada **Tabel 2.** dicantumkan perbandingan komposisi *portland cement*, *class f fly ash*, *class c fly ash*, dan *silica fume*.

Tabel 1. Fly Ash Standar ASTM
Sumber: ASTM C618 – 96 Volume 04.02

Senyawa	Kelas campuran mineral		
	F	N	C
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, min, %	70	70	50
SO_3 , maks, %	4	5	5
Moisture content, maks, %	3	3	3
Loss of Ignition, maks, %	10	6	6
Alkali, Na_2O , maks, %	1.5	1.5	1.5

Tabel 2. Perbandingan Komposisi Portland Cement, Class F Fly Ash, Class C Fly Ash, dan Silica Fume

Sumber: Anon, *Fly ash*. Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Fly_ash.

Property	Portland Cement	Class F Fly ash	Class C Fly ash	Silica fume
SiO_2 (%)	21	52	35	85 to 97
Al_2O_3 (%)	5	23	18	
Fe_2O_3 (%)	3	11	6	
CaO(%)	62	5	21	<1
Fineness as surface area (m^2/kg)	370	420	420	15000 to 30000
Specific Gravity	3,15	2,38	2,65	2,22
General use in concrete	primary binder	Cement replacement	Cement replacement	property enhancer

2.4. Air

Air adalah salah satu material penyusun beton yang penting yang berfungsi untuk memicu proses kimiawi. Dalam penggunaannya, air yang dapat di minum dan tidak mengandung senyawa-senyawa kimia seperti minyak, garam, dan gula dapat dipakai.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu tahapan persiapan alat dan bahan, tahap pembuatan benda uji dan tahap pengujian.

3.1. Tahap Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang dipersiapkan adalah bekisting kubus ukuran 5 x 5 x 5 cm, bekisting silinder diameter 5 cm, *compression machine*, *pull off machine*, *mixer*, timbangan digital. Sedangkan bahan yang digunakan adalah perekat bata ringan, *fly ash*, air, lem epoxy, *paving block*.

3.2. Penelitian 1 (*Compressive Test*)

Benda uji dibuat dengan bekisting kubus ukuran 5 x 5 x 5 cm dengan rasio berat air : powder = 1 : ± 3.5 . Sembilan benda uji akan dibagi untuk diuji pada umur 3, 7, dan 28 hari. Ini digunakan untuk mencari kekuatan tekan perekat bata ringan tiap variabel.

Untuk proses pembuatan campuran, pertama-tama akan dilakukan pencampuran material-material kering, yaitu perekat bata ringan dan *fly ash*. Material-material kering ini akan diaduk selama 5 menit hingga tercampur secara merata. Lalu air ditambahkan ke dalam campuran dan diaduk lagi hingga rata. Dalam penelitian ini digunakan 6 variabel jumlah *fly ash* pada perekat bata ringan, yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%.

Setelah proses pembuatan campuran selesai, campuran dicetak ke dalam bekisting. Cetakan disimpan selama 24 jam hingga campuran mengeras dan setelah mengeras dapat dikeluarkan dari cetakan. Benda uji lalu siap untuk diuji dengan menggunakan *compression machine*.

3.3. Penelitian 2 (*Pull Off Test*)

Benda uji dibuat dengan bekisting silinder berdiameter 5 cm dengan rasio berat air : powder = 1 : ± 3.5 . Sembilan benda uji akan dibagi untuk diuji pada umur 3, 7, dan 28 hari. Ini digunakan untuk mencari kekuatan tarik perekat bata ringan tiap variabel.

Untuk proses pembuatan campuran, pertama-tama akan dilakukan pencampuran material-material kering, yaitu perekat bata ringan dan *fly ash*. Material-material kering ini akan diaduk selama 5 menit hingga tercampur secara merata. Lalu air ditambahkan ke dalam campuran dan diaduk lagi hingga menyatu. Dalam penelitian ini digunakan 6 variabel jumlah *fly ash* pada perekat bata ringan, yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%.

Setelah proses pembuatan campuran selesai, campuran dicetak ke dalam bekisting. Cetakan disimpan selama 24 jam hingga campuran mengeras dan setelah mengeras dapat dikeluarkan dari cetakan. 1 hari sebelum dites kuat tariknya, perekat bata ringan yg telah mengeras ditempelkan ke substrat yaitu *paving block* dengan menggunakan lem epoxy di bagian bawah dan dibagian atasnya ditempelkan ke doli dengan menggunakan lem epoxy. Benda uji lalu siap diuji dengan menggunakan *pull off machine*.

4. HASIL DAN ANALISA

Dijelaskan hasil pengujian serta analisa hasil dari percobaan-percobaan yang telah dilakukan untuk menjawab permasalahan mengenai pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kekuatan gaya tarik dan tekan perekat bata ringan serta persentase terbaik penambahan *fly ash* terhadap kekuatan gaya tarik dan tekan perekat bata ringan.

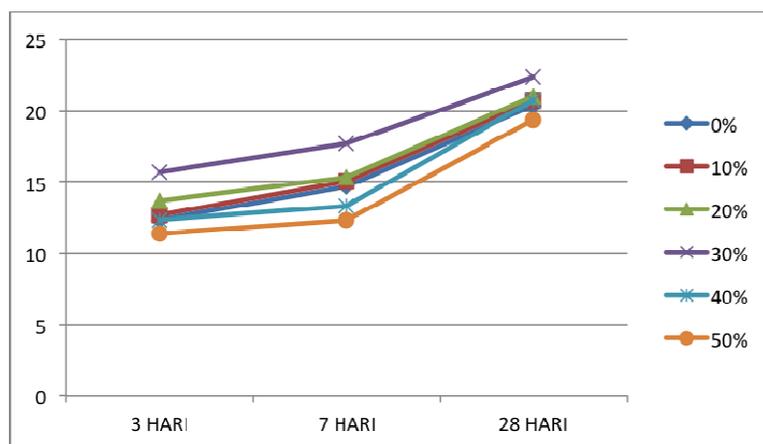
Pengujian *compressive test* dilakukan di Laboratorium Konstruksi Beton Universitas Kristen Petra, sedangkan pengujian *pull off test* dilakukan dengan alat yang dipinjam dari Sika Indonesia, Surabaya. Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik agar pengaruh dari perbedaan persentase *fly ash* pada penelitian yang dilakukan dapat terlihat dengan jelas dan akurat, sehingga dapat mempermudah dalam menganalisa data dan pengambilan keputusan langkah penelitian selanjutnya.

4.1. Compressive Test

Berikut dilampirkan hasil *compressive test* dan grafik perbandingan pada benda uji berumur 3, 7, 28 hari dengan variable persentase *fly ash* sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%. **Tabel 3.** Adalah hasil dari berat dan test tiap sample yang telah diuji. Di **Gambar 1.** hasil *compressive test* disajikan dalam bentuk grafik agar lebih mudah membandingkan tiap jenis sample.

Tabel 3. Hasil Compressive Test Sample Berumur 3, 7, 28 hari

Compressive Test 3 Hari			Compressive Test 7 Hari			Compressive Test 28 Hari		
Jenis	Berat	Test (kN)	Jenis	Berat	Test (kN)	Jenis	Berat	Test (kN)
0%	218.021	11	0%	223.152	15	0%	216.516	20
	230.199	13		233.317	14		234.400	20
	224.493	13		221.215	15		217.302	21
10%	219.885	13	10%	229.751	15	10%	236.121	20
	215.120	13		223.998	15		226.991	22
	224.228	12		224.371	15		224.480	20
20%	230.184	12	20%	233.797	16	20%	230.250	20
	227.044	14		236.080	16		233.050	22
	223.348	15		231.475	14		233.043	21
30%	231.564	14	30%	234.935	18	30%	225.556	22
	229.630	16		228.902	17		226.050	22
	230.665	17		227.547	18		230.890	23
40%	217.722	12	40%	216.625	14	40%	232.631	21
	222.831	13		226.004	14		228.865	21
	217.085	12		219.482	12		224.380	20
50%	223.980	12	50%	223.275	13	50%	238.096	19
	221.536	11		227.348	12		235.134	20
	223.608	11		227.999	12		238.057	19



Gambar 1. Grafik Compressive Test Sample Berumur 3, 7, 28 hari

Dari **Gambar 1.** yang merupakan grafik hasil *compressive test*. Dapat dilihat dengan jelas bahwa sample dengan kadar *fly ash* 30% memiliki nilai rata-rata tekan yang paling tinggi mencapai 15,667 kN pada umur 3 hari, 17,667 kN pada umur 7 hari, dan 22,333 kN pada umur 28 hari. Sedangkan nilai rata-rata terendah dihasilkan melalui kadar *fly ash* sebesar 50% yaitu 11,333 kN pada umur 3 hari, 12,333 kN pada umur 7 hari, dan 19,333 kN pada umur 28 hari.

Dibandingkan dengan sample dengan kadar 0% *fly ash* yang merupakan sample perekat bata ringan standar yang memiliki nilai rata-rata tekan yaitu 12,333 kN pada umur 3 hari, 14,667 kN pada umur 7 hari, dan 20,333 kN pada umur 28 hari, sample dengan kadar 30% *fly ash* memiliki nilai tekan yang lebih baik. Hal ini disebabkan karena tekstur *fly ash* yang sangat kecil dan bulat sehingga dapat mengisi rongga yang ada di dalam adonan sehingga sample menjadi lebih padat.

Sample dengan kadar *fly ash* 50% memiliki nilai rata-rata tekan yang paling rendah dengan nilai rata-rata tekan yaitu sebesar 11,333 kN pada umur 3 hari, 12,333 kN pada umur 7 hari, dan 19,333 kN pada umur 28 hari, hal ini disebabkan karena terlalu banyak jumlah *fly ash* melebihi jumlah maksimum yang dapat mengisi rongga kosong diantara partikel yang lain, hal ini juga disebabkan karena *fly ash* memiliki kemampuan pozzolanik yang lebih rendah daripada semen.

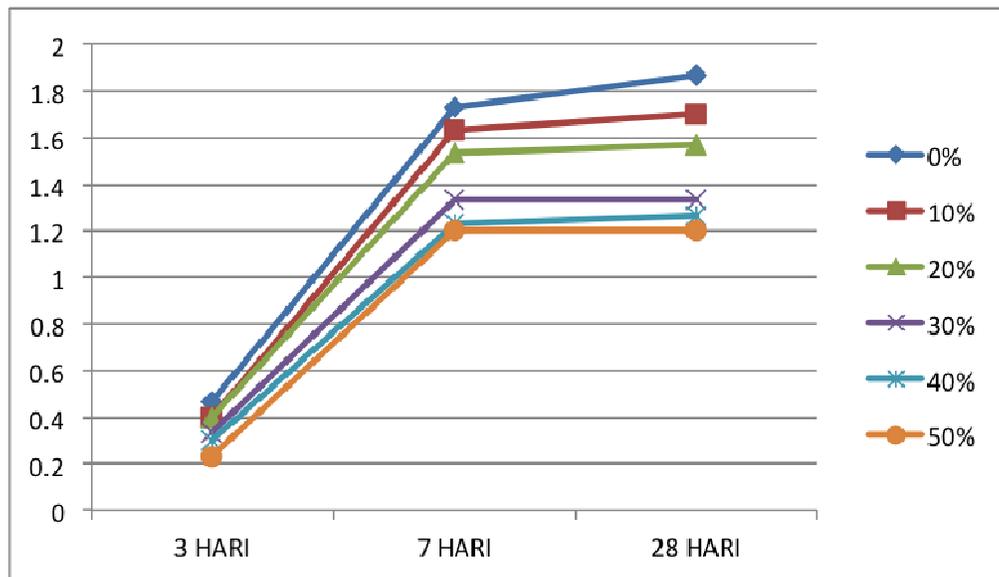
4.2. Pull Off Test

Berikut dilampirkan hasil test *pull off* dan grafik perbandingan pada benda uji berumur 3, 7, 28 hari dengan variable persentase *fly ash* sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%.

Tabel 4. adalah tabel untuk hasil tes *pull off* setiap sample. Sedangkan **Gambar 2.** adalah hasil tes tes *pull off* dalam bentuk grafik.

Tabel 4. Hasil Pull Off Test Sample Berumur 3, 7, 28 hari

Pull Off	3 Hari	Pull Off	7 Hari	Pull Off	28 Hari
Jenis	Test (kN)	Jenis	Test (kN)	Jenis	Test (kN)
0%	0.5	0%	1.7	0%	1.9
	0.5		1.7		1.8
	0.4		1.8		1.9
10%	0.4	10%	1.7	10%	1.7
	0.5		1.6		1.7
	0.3		1.6		1.7
20%	0.4	20%	1.5	20%	1.6
	0.4		1.6		1.5
	0.4		1.5		1.6
30%	0.3	30%	1.3	30%	1.4
	0.4		1.4		1.3
	0.3		1.3		1.3
40%	0.3	40%	1.2	40%	1.2
	0.3		1.2		1.3
	0.3		1.3		1.3
50%	0.2	50%	1.1	50%	1.2
	0.3		1.3		1.2
	0.2		1.2		1.2



Gambar 2. Grafik Pull Off Test Sample Berumur 3, 7, 28 hari

Dari **Gambar 2.** yang merupakan grafik hasil *pull off test*. Dapat dilihat bahwa sample dengan kadar *fly ash* 0% memiliki nilai rata-rata tarik yang paling tinggi mencapai 0,467 kN pada umur 3 hari, 1,733 kN pada umur 7 hari, dan 1,867 kN pada umur 28 hari. Sedangkan nilai rata-rata terendah dihasilkan melalui kadar *fly ash* sebesar 50% yaitu 0,233 kN pada umur 3 hari, 1,2 kN pada umur 7 hari, dan 1,2 kN pada umur 28 hari.

Sample dengan kadar 0% *fly ash* yang merupakan sample perekat bata ringan standar yang memiliki nilai rata-rata tarik tertinggi yaitu 0,467 kN pada umur 3 hari, 1,733 kN pada umur 7 hari, dan 1,867 kN pada umur 28 hari, dibandingkan dengan sample dengan kadar *fly ash* 50% memiliki nilai rata-rata tekan yang paling rendah dengan nilai rata-rata tarik yaitu sebesar yaitu 0,233 kN pada umur 3 hari, 1,2 kN pada umur 7 hari, dan 1,2 kN pada umur 28 hari. Hal ini disebabkan karena *fly ash* memiliki sifat pozzolan yang lebih rendah daripada semen, sehingga tidak membuat hasil test uji tarik menjadi lebih baik.

4.4. Analisa Keseluruhan

Dari hasil *compressive test* dan *pull off test* didapatkan hasil yang terbaik yaitu :

1. Sample dengan kadar *fly ash* 30% memiliki nilai rata-rata tekan yang paling tinggi mencapai 15,667 kN pada umur 3 hari, 17,667 kN pada umur 7 hari, dan 22,333 kN pada umur 28 hari.
2. Sample dengan kadar *fly ash* 0% memiliki nilai rata-rata tarik yang paling tinggi mencapai 0,467 kN pada umur 3 hari, 1,733 kN pada umur 7 hari, dan 1,867 kN pada umur 28 hari.

Dari hasil ini untuk mendapatkan produk perekat bata ringan yang terbaik adalah dengan mencocokkan data hasil *compression test* dan *pull off test*. Dalam analisa ini perekat bata ringan dengan kadar 30% *fly ash* sebagai yang terbaik dari pencocokan hasil dua test. Hal ini dikarenakan perekat bata ringan ini yang merupakan mortar dimana kekuatan tekan lebih diutamakan daripada kekuatan tarik sama seperti beton lainnya. Dan juga hasil *pull off test* daripada perekat bata ringan dengan kadar *fly ash* 30% tidak terpaud jauh daripada hasil terbaik yang dihasilkan oleh perekat bata ringan dengan kadar *fly ash* 0%.

Dalam hal harga, *fly ash* juga memiliki harga yang jauh lebih murah daripada harga semen, sehingga dapat menghasilkan produk perekat bata ringan yang lebih ekonomis dengan kekuatan yang baik.

Penelitian ini memilih perekat bata ringan dengan kadar *fly ash* 30% sebagai yang terbaik baik dari segi kekuatan dan segi ekonomi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa yang didapat dengan melakukan pengujian pada benda uji yang dibuat, secara umum dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Melalui penelitian ini dapat dihasilkan perekat bata ringan yang memiliki kekuatan tekan yang lebih baik daripada perekat bata ringan standard. Dalam hal ini adalah perekat bata ringan dengan kadar *fly ash* 30% merupakan yang terbaik nilai tekannya dibanding persentase yang lain.
2. Melalui penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa *fly ash* tidak menambah kekuatan tarik daripada perekat bata ringan dan bahkan membuat kekuatan tarik perekat bata ringan turun. Dikarenakan *fly ash* memiliki sifat pozzolanik yang lebih rendah daripada sifat pozzolanik semen.
3. Penggunaan *fly ash* dalam *compressive test* maksimal diberikan dalam jumlah 30% dari jumlah semen untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pemberian *fly ash* diatas 30% akan mengurangi kekuatan tekan perekat bata ringan dikarenakan tidak adanya sisa rongga kosong didalam perekat bata ringan dan sifat pozzolanik *fly ash* yang masih lebih rendah daripada sifat pozzolanik semen.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian berikutnya mengenai pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kekuatan gaya tarik dan tekan perekat bata ringan adalah :

1. Penelitian ini akan menjadi lebih baik apabila didukung dengan peralatan yang lebih memadai. Dikarenakan pembacaan pada alat *Pull Off* masih analog tanpa digit desimal sehingga tidak dapat dibaca lebih detail.
2. Dalam pembuatan perekat bata ringan dengan *fly ash* ini, pemadatan dilakukan secara manual sehingga lebih baik pada penelitian berikutnya dilakukan dengan bantuan alat pemadat yaitu vibrator untuk menghindari rongga di dalam benda uji.
3. Ruang lingkup penelitian ini masih bisa dikembangkan, yaitu dengan persentase jumlah *fly ash* dan jenis *fly ash* yang lainnya.

6. DAFTAR REFERENSI

- Hadi, S. (2000). "*Pengaruh Ukuran Butir dan Komposisi Abu Terbang PLTU sebagai Pengisi dan Pozolan.*" Surabaya.
- Hidayat, S. Y. (1986). "Penelitian Pendahuluan Pemanfaatan Abu Terbang (*Fly ash*) untuk Campuran Beton di Indonesia". *Jurnal Litbang* Vol. III No. 4-5 April dan Mei 1986, Jakarta.
- Anon, *Fly ash*. Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Fly_ash.
- <http://www.rudydewanto.com/2012/01/antara-bata-merah-dengan-bata-ringan.html>
- <http://pradinipus.wordpress.com/2012/01/27/batako-vs-bata-merah-vs-bata-ringan/>