

SIFAT MEKANIS BATA RINGAN CLC (*CELLULER LIGHTWEIGHT CONCRETE*) DENGAN CAMPURAN FLY ASH

Azlansyah Mudahir Putra¹, Reni Suryanita² dan Harnedi Maizir³

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru, Riau, Indonesia

³Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Pekanbaru, Riau, Indonesia

Email: ¹azlansyah.mudahir7300@grad.unri.ac.id, ²reni.suryanita@eng.unri.ac.id, ³harnedi@sttp-yds.ac.id

ABSTRAK

Bata ringan salah satu alternatif bahan bangunan untuk dinding yang memiliki densitas lebih rendah daripada bata merah, sehingga bisa memperkecil beban yang diterima oleh struktur, dan dimensi strukturnya. Bata ringan dibuat dengan menambahkan bahan aditif berupa limbah fly ash yang bertujuan untuk meningkatkan mutu bata ringan sehingga dapat memikul beban lebih berat. Penggunaan limbah fly ash dalam campuran bata ringan untuk memanfaatkan hasil pembakaran batu bara karena fly ash berupa butiran yang lebih halus dibandingkan semen portland dan memiliki sifat pozzolan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kadar penggunaan fly ash yang optimum untuk mendapatkan bata ringan dengan kuat tekan maksimum. Penelitian ini menggunakan variasi komposisi dengan kadar fly ash sebesar 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 % dan 25 % dari berat semen pada sampel kubus dengan panjang sisi 10 cm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, 28 hari, sedangkan pengujian deformasi (penurunan) dilakukan pada umur 28 hari. Hasil kuat tekan dan penurunan kemudian digunakan untuk analisis nilai tegangan dan regangan pada bata ringan. Berdasarkan hasil penelitian variasi fly ash 10% pada umur 28 hari mendapatkan nilai kuat tekan yang paling besar yaitu sebesar 10.20 kN, nilai penurunan sebesar 9.440 mm, nilai tegangan sebesar 1.20 N/mm² dan nilai regangan sebesar 0,094. Dengan demikian penambahan fly ash 10 % dapat meningkatkan nilai kuat tekan bata ringan.

Kata kunci: Bata Ringan, Deformasi, *Fly Ash*, Kuat Tekan, Tegangan

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dengan pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi, sehingga kebutuhan infrastruktur, rumah tempat tinggal, dan gedung lainnya akan semakin meningkat dengan kebutuhan dan keinginan manusia. Indonesia memiliki tujuan untuk bergerak maju untuk pembangunan ke segala bidang. Salah satu pembangunan yang sangat penting yaitu pembangunan di bidang konstruksi, misalnya pembangunan konstruksi gedung, jalan, jembatan, bendungan dan lainnya yang bertujuan untuk kesejahteraan masyarakat dengan memperhatikan mutu suatu infrastruktur bangunan yang dibangun (Klarens, et al, 2017).

Selain memperhatikan mutu infrastruktur yang dibangun, saat ini lingkungan dan alam kita juga butuh perhatian, karena adanya aktifitas industri yang menyisakan limbah beracun dalam bentuk gas, cair maupun padat yang pastinya bisa merusak lingkungan. Penggunaan batu bara diperlukan dalam menunjang beberapa infrastruktur salah satunya yaitu pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). PLTU ini membutuhkan batu bara sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap dan menghasilkan listrik. Penggunaan batu bara ini juga berdampak negatif karena menyisakan limbah yang beracun, salah satunya yaitu abu terbang (*fly ash*). Pada kasus ini banyak limbah *fly ash* yang sudah ditumpuk oleh PLTU sampai bertahun-tahun lamanya tanpa ada pengolahan lanjutan, jika tidak ada pengolahan lanjutan maka limbah ini dapat berbahaya karena limbah ini memiliki kandungan logam berat yang dapat merusak dan mencemari lingkungan sekitar. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan dengan cara mengolah *fly ash* untuk menjadi bahan campuran bata ringan CLC (*Celluler Leighweight Concrete*) (Bella, et all , 2017)

Provinsi Riau adalah provinsi yang mempunyai lahan gambut terluas di Indonesia dengan luas 4.360.740 hektar untuk lahan gambut dan 3.275.420 hektar rawa gambut (Pangestu, 2020). Tanah gambut merupakan tanah yang lunak, jika di bangun sebuah bangunan diatas nya pastinya memerlukan pondasi yang dua kali lipat daripada bangunan tinggi di atas tanah pada umumnya. Untuk mengurangi beban struktur pada bangunan tersebut, diperlukan peralihan dari penggunaan bata konvensional menjadi bata ringan karena lebih ekonomis dan pengerjaan nya lebih cepat. Bata ringan merupakan campuran dari semen, pasir, air, *foam agent*, dan bahan adiktif lainnya yang

Corresponding Author

E-mail Address : reni.suryanita@eng.unri.ac.id

diperlukan. Penggunaan *foam agent* pada bata ringan membuat bata menjadi lebih ringan jika dibandingkan dengan beton mortar dengan ukuran yang sama. Bata ringan memiliki keunggulan yaitu lebih ringan dari pada bata merah yang berada pada 500-1600 kg/m³ sedangkan berat jenis bata merah kisaran 1500-2000 kg/m³ (Monica, Suryanita, dan Maizir, 2018). Penggunaan bata ringan bisa memperkecil beban yang diterima struktur bangunan tersebut.

Proses pembuatan bata ringan cukup ramah lingkungan jika dibandingkan dengan pembuatan bata konvensional atau bata merah. Bata merah harus dibakar dalam suhu yang sangat tinggi, tentunya itu menimbulkan polusi udara di sekitar lokasi pabrik bata merah tersebut. Pada saat ini banyak sekali inovasi dan alternatif penggunaan bahan campuran bata ringan yaitu penggunaan abu sekam padi, abu terbang yang terbuat dari limbah lain sebagai pengganti semen (Muhardi, 2016). Penggunaan semen sebagai bahan pengikat bata ringan juga mempunyai dampak negatif jika digunakan terus menerus yaitu meningkatkan polusi udara dan emisi gas CO₂ dan pemborosan energi. Inovasi dalam penggunaan semen dalam pembuatan bata ringan yaitu dengan mencampurkan abu terbang (fly ash) ke dalam campuran material pembuatan bata ringan sebagai pengganti semen (Achmad, 2019).

Pemanfaatan limbah yang sering digunakan dalam konstruksi gedung untuk pengganti semen, yaitu penggunaan abu terbang (fly ash). Abu terbang (fly ash) ini memiliki sifat pozzolanik yang baik dengan ukuran butiran yang lebih halus jika dibandingkan dengan semen Portland (Widyastutik, 2018). Sebenarnya fly ash tidak memiliki kemampuan pengikat yang kuat seperti semen pada umumnya, akan tetapi senyawa silika, aluminium yang terkandung dalam abu terbang (fly ash) membuat kemampuan mengikat (non-cementitious) (Setiawan dan Febryandi, 2020). Abu terbang (fly ash) merupakan limbah dari hasil pembakaran kayu atau dari hasil pembakaran batu bara. Jika limbah abu terbang (fly ash) dibiarkan begitu saja maka dapat menimbulkan resiko masalah yang cukup besar bagi lingkungan dan alam sekitar (Fansuri, 2022). Abu terbang (fly ash) termasuk limbah B3 yang mengandung kromium (Cr) dan timah hitam (Pb) yang melebihi standar mutu, sehingga diperlukan pengolahan limbah tersebut untuk bisa lebih bermanfaat (Haryanti, 2015). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Anindita (2022) mendapatkan hasil kuat tekan bata ringan hanya berkisar 1 MPa, sehingga sifat ini merupakan salah satu kelemahan dari bata ringan. Salah satu metode dan langkah yang ditempuh untuk memperbaiki mutu bata ringan yaitu dengan menambahkan zat aditif. Bahan tambah atau bahan pengganti semen yang biasa digunakan pada bata ringan berasal dari limbah atau bahan kimia dan zat lainnya.

Limbah abu terbang dihasilkan akibat penggunaan batu bara sebagai bahan bakar untuk penggerak salah satu infrastruktur yang ada di Indonesia itu sendiri seperti infrastruktur pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uapnya. Pembakaran batu bara menyisakan salah satu limbahnya yaitu abu terbang (fly ash). Ketua Kebijakan Publik Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI) bahwa penggunaan batu bara pada tahun 2021 sebesar 113 juta ton dan apabila limbah yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran sebesar 6% dari jumlah batu bara maka terdapat 6-11 juta ton limbah FABA yang dihasilkan. Menurut kementerian lingkungan hidup dan kehutanan (KLHK) Tahun 2021 limbah yang dihasilkan dari pembakaran batu bara fly ash dan bottom ash (FABA), perusahaan penghasil limbah FABA memiliki kewajiban untuk mengelola limbah tersebut hingga memiliki standar yang telah ditetapkan.

Fly Ash juga memiliki sifat yang pozzolanik dan mempunyai kemampuan mengikat (non-cementitious) karena menyandung senyawa silika alumina yang terkandung di dalam fly ash membuat fly ash tersebut walaupun tidak sebaik semen, Wijaya (2021). Oleh karena itu, fly ash mulai banyak dimanfaatkan dalam dunia konstruksi sipil. Penggunaan bata ringan dalam sebuah konstruksi dari segi biaya bisa lebih murah dan ekonomis dari penggunaan bata konvensional pada umumnya, akan tetapi bata ringan ini memiliki kuat tekan yang lebih rendah dari pada bata mortar atau bata konvensional pada umumnya, dan bata ringan ini juga memiliki kuat tarik yang kecil dan juga terbatas (Kasella dan Hermana, 2020). Berdasarkan penjelasan pada latar belakang, maka penggunaan fly ash pada campuran material bata ringan diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanis bata ringan seperti kuat tekan, deformasi, dan mendapatkan gambar kontur tegangan, regangan.

2. METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium PT. Harista Karsa Mandiri, Pekanbaru. Nilai kuat tekan benda uji bata ringan diuji pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Tahap perencanaan campuran bata ringan dilakukan dengan menimbang material sesuai dengan yang direncanakan, lalu masukkan material pasir, semen, *fly ash*, *foam agent*, dan air ke dalam mixer sampai campuran merata setelah itu masukkan campuran material yang telah di mixer tadi kedalam cetakan kubus berukuran 10 cm.

Data Penelitian

Data penelitian didapatkan dengan pembuatan benda uji, setelah itu melakukan uji kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Nilai kuat tekan ditentukan ketika benda uji sudah mendapatkan beban maksimum dan benda uji mengalami keretakan dan

hancur. Untuk pengujian deformasi dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan alat *Linier Variable Displacement Transformer* (LVDT) Anindita (2022).

Pada penelitian ini menggunakan material campuran pasir yang didapatkan dari teratak buluh, pekanbaru. *Fly ash* didapatkan dari hasil pembakaran batu bara dari PLTU Ombilin, Sawahlunto, Sumatera Barat. *Foam agent* yang digunakan adalah jenis foam protein sedangkan semen menggunakan semen Portland.

Tabel 1. Komposisi Campuran Benda Uji

Variasi	Air	Pasir	Semen	Fly Ash	Foam
Komposisi %	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
Fly Ash 0	1,01	3,45	2,02	0	0,29
Fly Ash 5	1,01	3,45	1,92	0,11	0,29
Fly Ash 10	1,01	3,45	1,82	0,21	0,29
Fly Ash 15	1,01	3,45	1,72	0,31	0,29
Fly Ash 20	1,01	3,45	1,62	0,41	0,29
Fly Ash 25	1,01	3,45	1,52	0,51	0,29

Tabel 2 Perencanaan Jumlah Sampel

Variasi Komposisi %	Variasi Umur Mortar (Hari)			Jumlah Sampel	Total Sampel
	7	14	28		
Fly Ash 0	5	5	5	15	90
Fly Ash 5	5	5	5	15	
Fly Ash 10	5	5	5	15	
Fly Ash 15	5	5	5	15	
Fly Ash 20	5	5	5	15	
Fly Ash 25	5	5	5	15	

Metode Analisis Data

Untuk mengetahui nilai kuat tekan benda uji, alat pengujian memberikan tekanan maksimal pada benda uji berbentuk kubus sampai benda uji tersebut mengalami keretakan dan hancur (SNI, 03-6825-2002).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengumpulan Data

Pada penelitian ini menggunakan variasi campuran *fly ash* yaitu 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, dan 25 % dari berat total semen. Benda uji menggunakan cetakan kubus dengan ukuran 10 cm. untuk pengujian kuat tekan benda uji pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pengujian deformasi dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan alat *Linier Variable Displacement Transformer* (LVDT).

Pengujian Densitas Campuran

Menurut SNI 8640-2018, nilai densitas bata ringan berkisar antara 400-1400 kg.cm³.

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \dots\dots\dots 1$$

Dimana :

D = Densitas beton (kg/m³).

M_c = Masa wadah ukur yang diisi beton (kg).

M_m = Masa wadah ukur (kg).

V_c = Volume wadah ukur (m³).

Tabel 3. Nilai Densitas Basah Campuran

Campuran (%)	Densitas Basah (t/m ³)
FA 0	1,065
FA 05	1,027
FA 10	0,998
FA 15	0,817
FA 20	0,930
FA 25	0,971

Pada Tabel 3 memperlihatkan densitas campuran terkecil berada pada campuran *fly ash* 15 % dengan nilai densitasnya 0,817 t/m³, sedangkan nilai densitas terbesar berada pada campuran *fly ash* 0 %. Dengan nilai densitasnya 1,065 t/m³.

Hasil Perhitungan Nilai Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan pada benda uji diuji pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari (SNI 1974-2011), dan (SNI 03-2834-2000).

$$f_c = \frac{P}{A}$$

2

Dimana :

Fc = Kuat tekan mortar (Mpa).

P = Beban aksial (N).

A = Luas penampang benda uji (mm²).

Tabel 4. Pengujian Nilai Kuat Tekan Umur 7 hari

Variasi Campuran (%)	Umur Sampel (Hari)	Berat (Gram)	Berat Rata (Gram)	Luas	Nilai Kuat Tekan (kN)	Kuat Tekan
				Permukaan (mm ²)		Rata- Rata (kN)
FA 0% - 01	7	1037	1070,00	10000	7.8	7,64
FA 0% - 02		1079			7.4	
FA 0% - 03		1107			7.5	
FA 0% - 04		1018			8.5	
FA 0% - 05		1109			7	
FA 5% - 01	7	1010	1015,00	10000	8.15	8,89
FA 5% - 02		1025			9.2	
FA 5% - 03		1015			9.1	
FA 5% - 04		1005			9.1	
FA 5% - 05		1020			8.9	
FA 10% - 01	7	975	978,00	10000	10	10,03
FA 10% - 02		978			10.1	
FA 10% - 03		988			10.05	
FA 10% - 04		981			10.05	
FA 10% - 05		968			9.95	
FA 15% - 01	7	809	816,60	10000	5,45	5,32

Variasi Campuran (%)	Umur Sampel (Hari)	Berat (Gram)	Berat Rata (Gram)	Luas	Nilai Kuat Tekan (kN)	Kuat Tekan
				Permukaan (mm ²)		Rata- Rata (kN)
FA 15% - 02		811			5,30	
FA 15% - 03		813			5,10	
FA 15% - 04		824			5,40	
FA 15% - 05		826			5,35	
FA 20% - 01		920			4,80	
FA 20% - 02		927			4,90	
FA 20% - 03	7	937	933,20	10000	4,85	4,70
FA 20% - 04		939			4,95	
FA 20% - 05		943			4,00	
FA 25% - 01		978			2,70	
FA 25% - 02		971			2,90	
FA 25% - 03	7	964	972,40	10000	2,85	2,82
FA 25% - 04		980			2,80	
FA 25% - 05		969			2,85	

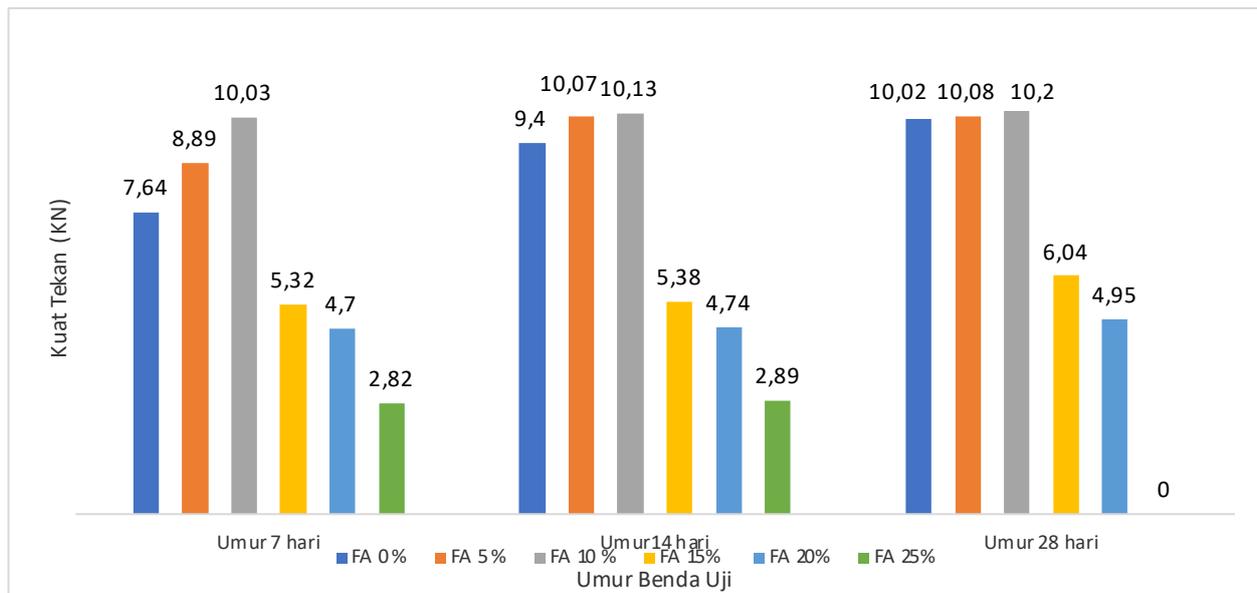
Tabel 5. Pengujian Nilai Kuat Tekan Umur 14 Hari

Variasi Campuran (%)	Umur Sampel (Hari)	Berat (Gram)	Berat Rata-Rata (Gram)	Luas	Kuat Tekan (kN)	Kuat Tekan
				Permukaan (mm ²)		Rata-Rata (kN)
FA 0% - 01		1073			9.4	
FA 0% - 02		1062			9.6	
FA 0% - 03	14	1087	1073,00	10000	9.2	9,40
FA 0% - 04		1076			9.25	
FA 0% - 05		1067			9.55	
FA 5% - 01		1077			10.15	
FA 5% - 02		1041			9.8	
FA 5% - 03	14	1072	1063,00	10000	10.2	10,07
FA 5% - 04		1059			10.05	
FA 5% - 05		1066			10.15	
FA 10% - 01		1000			10.15	
FA 10% - 02		998			9.95	
FA 10% - 03	14	1004	1008,00	10000	10.1	10,13
FA 10% - 04		1018			10.15	
FA 10% - 05		1020			10.3	
FA 15% - 01		824			5,60	
FA 15% - 02		806			5,55	
FA 15% - 03	14	818	817,20	10000	5,00	5,38
FA 15% - 04		820			5,30	
FA 15% - 05		818			5,45	
FA 20% - 01		930			4,85	
FA 20% - 02		929			4,95	
FA 20% - 03	14	926	930,80	10000	4,95	4,74
FA 20% - 04		929			4,85	

FA 20% - 05		940			4,10	
FA 25% - 01		975			2,95	
FA 25% - 02		968			2,90	
FA 25% - 03	14	968	971,80	10000	2,90	2,89
FA 25% - 04		975			2,80	
FA 25% - 05		973			2,90	

Tabel 6. Pengujian Nilai Kuat Tekan Umur 28 Hari

Variasi Campuran (%)	Umur Sampel (Hari)	Berat (Gram)	Berat Rata-Rata (Gram)	Luas	Kuat Tekan (kN)	Kuat Tekan
				Permukaan (mm ²)		Rata-Rata (kN)
FA 0% - 01		1069			10.4	
FA 0% - 02		1054			10.2	
FA 0% - 03	28	1035	1053,00	10000	9.85	10,02
FA 0% - 04		1046			10.1	
FA 0% - 05		1061			9.55	
FA 5% - 01		1006			10.05	
FA 5% - 02		1002			10.15	
FA 5% - 03	28	1005	1005,00	10000	10.1	10,08
FA 5% - 04		1003			10.05	
FA 5% - 05		1009			10.05	
FA 10% - 01		1007			10.15	
FA 10% - 02		1003			10.2	
FA 10% - 03	28	1015	1008,00	10000	10.25	10,20
FA 10% - 04		1014			10.3	
FA 10% - 05		1001			10.1	
FA 15% - 01		811			6,00	
FA 15% - 02		820			6,15	
FA 15% - 03	28	812	815,60	10000	6,10	6,04
FA 15% - 04		815			6,00	
FA 15% - 05		820			5,95	
FA 20% - 01		928			4,85	
FA 20% - 02		925			5,10	
FA 20% - 03	28	920	928.8	10000	5,00	4,95
FA 20% - 04		933			4,90	
FA 20% - 05		938			4,90	
FA 25% - 01		971			3,10	
FA 25% - 02		970			3,15	
FA 25% - 03	28	961	969,40	10000	3,05	3,10
FA 25% - 04		970			3,20	
FA 25% - 05		975			3,00	



Gambar 1. Grafik Batang Nilai Kuat Tekan Umur 7, 14, dan 28 Hari

Dari perhitungan Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 memperlihatkan pengujian Umur benda uji 7 hari, nilai kuat tekan maksimumnya berada pada campuran *fly ash* 10% dengan berat rata-rata 978 gram dan nilai kuat tekannya 10,03 kN. Umur benda uji 14 hari, nilai kuat tekan maksimumnya berada pada campuran *fly ash* 10% dengan berat rata-rata 1008 gram dan nilai kuat tekannya 10,13 kN. Umur benda uji 7 hari, nilai kuat tekan maksimumnya berada pada campuran *fly ash* 10% dengan berat rata-rata 1008 gram dan nilai kuat tekannya 10,20 kN. Nilai kuat tekan maksimum berada pada variasi campuran *fly ash* 10% umur 28 hari. Penambahan *fly ash* ke dalam campuran material bata ringan membuat nilai kuat tekan bata ringan menjadi naik, akan tetapi kenaikan tertinggi hanya sampai variasi campuran *fly ash* 10%, sedangkan pada variasi campuran *fly ash* 15%, 20%, dan 25% mengalami penurunan kuat tekan yang cukup signifikan.

Campuran *fly ash* 0% dari hari ke 7 sampai hari ke 28 mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 2,38 kN dari 7,64 kN di umur 7 hari menjadi 10,02 kN di umur 28 hari. Campuran *fly ash* 5% dari hari ke 7 sampai hari ke 28 mengalami peningkatan kuat tekan 1,19 kN dari 8,89 kN di umur 7 hari menjadi 10,08 kN di umur 28 hari. Campuran *fly ash* 10% dari hari ke 7 sampai hari ke 28 mengalami peningkatan kuat tekan 0,17 kN dari 10,03 kN di umur 7 hari menjadi 10,20 kN di umur 28 hari. Campuran *fly ash* 15% dari hari ke 7 sampai hari ke 28 mengalami peningkatan kuat tekan 0,72 kN dari 5,32 di umur 7 hari menjadi 6,04 kN di umur 28 hari. Campuran *fly ash* 20% dari hari ke 7 sampai hari ke 28 mengalami peningkatan kuat tekan 0,25 kN dari 4,70 kN di umur 7 hari menjadi 4,95 kN di umur 28 hari. Campuran *fly ash* 25% dari hari ke 7 sampai hari ke 28 mengalami peningkatan kuat tekan 0,28 kN dari 2,82 kN di umur 7 hari menjadi 3,10 kN di umur 28 hari.

Penambahan *fly ash* ke dalam campuran material bata ringan membuat kenaikan nilai kuat tekan yang cukup besar, untuk kenaikan nilai kuat tekan yang paling besar itu berada pada campuran *fly ash* 5% yang mana nilai kuat tekannya mengalami kenaikan sebesar 1,19 kN, akan tetapi untuk nilai kuat tekan maksimumnya berada pada campuran *fly ash* 10% dengan nilai kuat tekannya 10,20 kN.

Pengujian Deformasi

Pengujian perpindahan dilakukan dengan tujuan untuk menelaah perubahan bentuk (perpindahan) yang terjadi pada sampel benda uji saat diberi beban atau tekanan. Kuat tekan dan deformasi merupakan dua hal yang saling berkaitan jika menyangkut kekuatan dari benda uji. Deformasi dalam keadaan tertentu dapat dianggap sebagai batas dari kekuatan suatu sampel beton maupun bata ringan sebab parameter dari pengujian kekuatan tekan dari beton atau mortar ringan adalah pembebanan sedangkan pembebanan dikontrol oleh adanya perpindahan atau perubahan bentuk

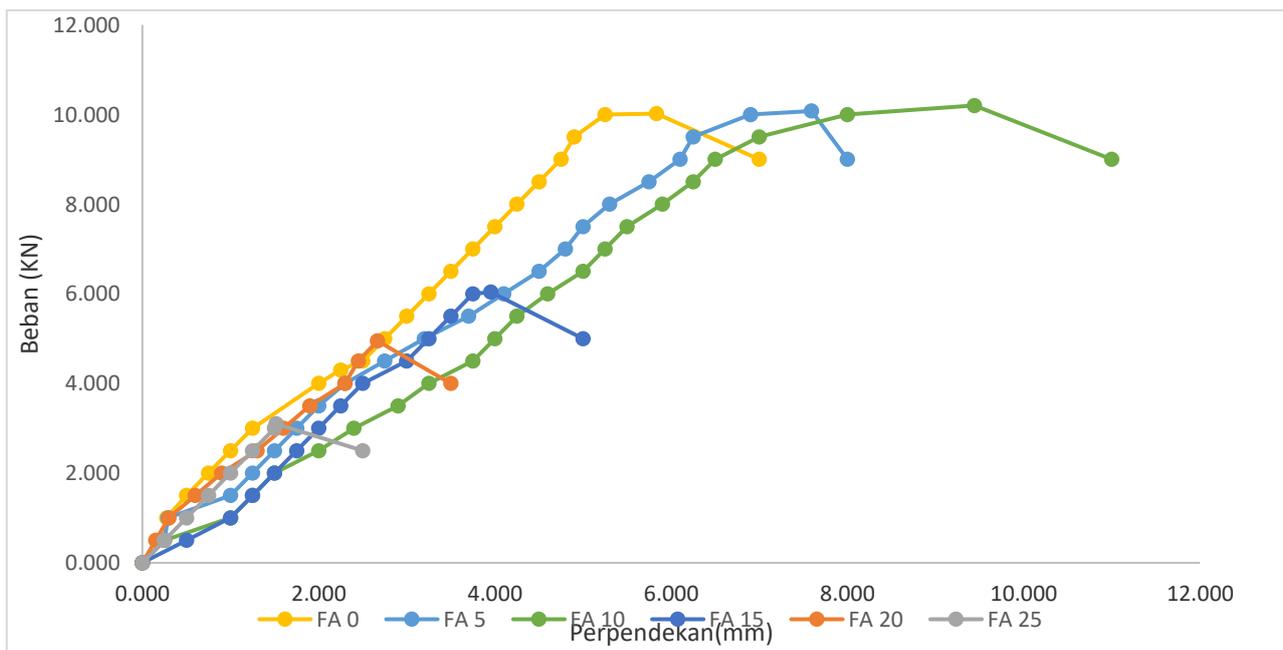
benda uji (deformasi). Pengujian perpendekan pada penelitian ini dilakukan pada benda uji mortar ringan ukuran 10 cm × 10 cm × 10 cm pada umur 28 hari dengan cara memberikan beban secara vertical (P) dari *load cell*.

Pengujian perpendekan dilakukan menggunakan alat *Linear Variable Displacement Transducer* (LVDT) yang dipasang ditengah bentang benda uji. Pengujian deformasi dilakukan menggunakan alat LVDT (*Linier Variabel Differential Transduce*). Prinsip pengujian ini yaitu dengan memberikan benda uji beban (P) secara vertikal dan bertahap dari *hidaulic jack* pad alat *load cell* yang diletakkan ditengah bentang tumpuan benda uji sampai benda uji mengalami keruntuhan. Perubahan ukuran (ΔL) diukur dan dibaca pada *switching box* dan diterjemahkan oleh *dial gauge* pada setiap penambahan beban yang diberikan pada benda uji.

Tabel 7. Persentase Peningkatan Benda Uji Tiap Variasi

Variasi (%)	Benda Uji 28 Hari		Peningkatan (%)	
	Beban (KN)	Perpendekan (mm)	Beban (KN)	Perpendekan (mm)
0	10.02	5.835	-	-
5	10.08	7.592	0.595	23.143
10	10.20	9.440	1.765	38.189
15	6.04	3.954	-65.894	-47.572
20	4.95	2.668	-102.424	-118.703
25	3.1	1.516	-223.226	-284.894

Tabel 7 memperlihatkan persentase dari peningkatan perpendekan dari benda uji yang menghasilkan nilai kuat tekan maksimum dari variasi benda uji secara berurutan. Persentase peningkatan dari perpendekan yang paling besar pada benda uji dengan penambahan *fly ash* berada di campuran *fly ash* 10 % dengan nilai perpendekan 9,440 mm dan mendapatkan peningkatan beban sebesar 1,765 %, sedangkan untuk nilai perpendekan mengalami peningkatan sebesar 38,18 %.



Gambar 2. Persentase Peningkatan Benda Uji

Gambar 2 memperlihatkan perbandingan persentase dari peningkatan benda uji setiap variasi semakin banyak penambahan *fly ash* pada benda uji membuat kuat tekan semakin rendah, dan semakin sedikit penambahan *fly ash* pada benda uji membuat nilai kuat tekan benda uji semakin besar. Untuk deformasi nya semakin besar nilai kuat tekan nya nilai deformasinya semakin besar, dan apabila nilai kuat tekan nya kecil maka nilai deformasi atau penurunan nya semakin kecil. Pada Gambar 2 dapat dilihat pengaruh beban terhadap perpendekan. Garis berwarna kuning menandakan campuran *fly ash* 0 % menghasilkan nilai kuat tekan yang tinggi dan nilai perpendekan yang sangat rendah, sehingga membuat benda uji cepat mengalami keretakan dan hancur ketika diberikan tekanan. Pada garis berwarna hijau atau campuran *fly ash* 10 %, menghasilkan nilai kuat tekan yang paling tinggi diantara campuran variasi yang digunakan pada penelitian ini, serta menimbulkan nilai deformasi yang paling besar. Nilai deformasi yang tinggi, disebabkan ketika beban diberikan pada benda uji, menghasilkan nilai kuat tekan semakin besar. Oleh karena, ketika diberikan tekanan ke benda uji tersebut, benda uji dapat menahan beban yang diberikan.

Tegangan dan Regangan

Tegangan (*stress*) berdasarkan rumusnya didefinisikan sebagai gaya (F) pada suatu benda persatuan luas penampang benda tersebut (A). Tegangan (*stress*) secara sederhana merupakan gaya yang diperlukan oleh suatu benda untuk kembali kebentuk semula. Perubahan yang secara relatif dalam ukuran pengujian tegangan regangan berhubungan dengan pengujian kuat tekan, Widyastutik (2018).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad 3$$

Dimana :

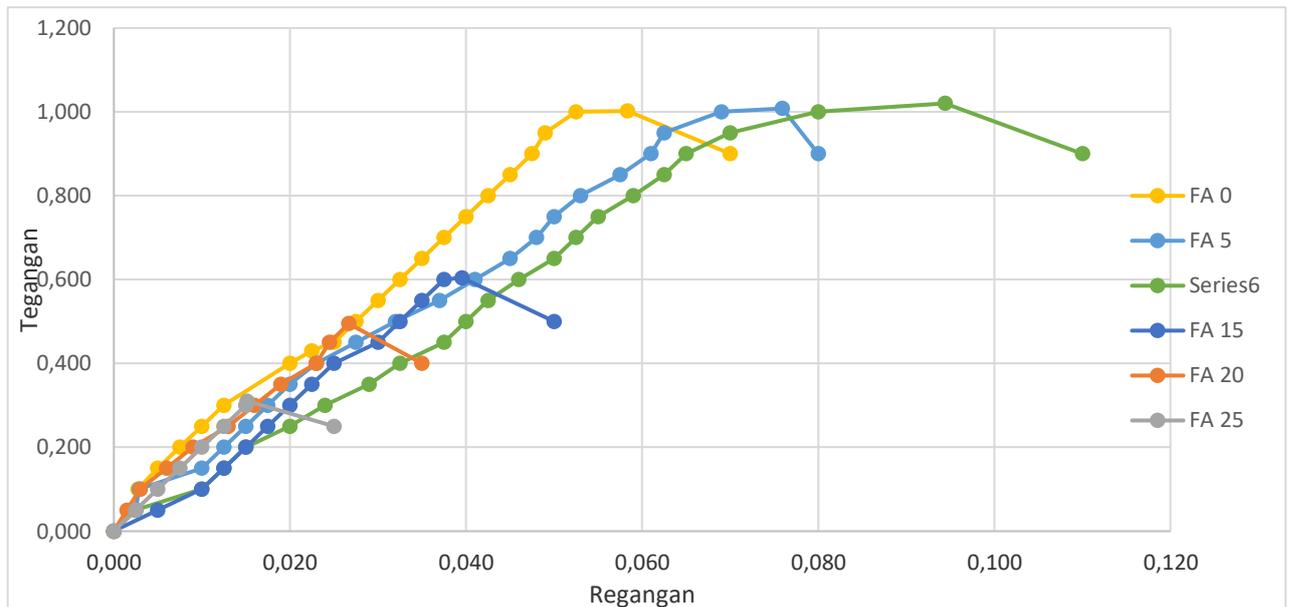
- σ = Tegangan (N/mm²)
- F = Gaya tekan (N)
- A = Luas penampang (mm²)

Perubahan bentuk (ukuran atau bentuk) yang dialami oleh sebuah benda karena adanya tegangan disebut regangan (*strain*). Pengertian regangan berdasarkan rumusnya adalah perbandingan antara perubahan panjang suatu benda (ΔL) terhadap panjang awal suatu benda (L)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad 4$$

Dimana :

- ε = Regangan
- ΔL = Perubahan Panjang (mm)
- L = Panjang awal



Gambar 3. Perbandingan Tegangan dan Regangan

Pada Gambar 3 memperlihatkan perbandingan tegangan dan regangan, dapat dilihat semakin besar nilai nilai kuat tekan akan mempengaruhi nilai tegangan dan regangan nya. Nilai tegangan yang besar akan mempengaruhi nilai regangan yang menjadi semakin besar pula. Garis berwarna kuning menyatakan campuran *fly ash* 0 %, grafik nya lebih tinggi dan lebih konsisten kenaikan grafiknya dari pada yang lain, akan tetapi tidak membuatnya bisa menahan beban lebih lama atau menjadikan nilai kuat tekan semakin besar. Campuran *fly ash* 10 % yang ditandai dengan garis berwarna hijau di Gambar 3, memperlihatkan kenaikan nilai tegangan dan regangan yang cukup elastik, dan membuat nilai kuat tekan pada variasi *fly ash* 10 % ini semakin besar dan tentunya lama bisa menahan beban

tekanan. Pada Gambar 3 dapat diambil kesimpulan bahwa nilai kuat tekan, dan deformasi sangat mempengaruhi nilai tegangan dan regangannya.

KESIMPULAN

Campuran *fly ash* 10 % dengan nilai kuat tekan tertinggi beradapada umur 28 hari yaitu dengan nilai kuat tekan maksimum 10,20 kN. Untuk nilai deformasinya campuran *fly ash* 10% yang mengalami penurunan yang cukup besar sebesar 9,440 mm. untuk nilai tegangan dan regangannya yang paling besar berada pada campuran *fly ash* 10 % dengan nilai tegangan 1,20 N/mm², sedangkan nilai regangannya 0,094. Pada penelitian ini menunjukkan batas maksimum penambahan *fly ash* yaitu 10 %, jika menambahkan *fly ash* lebih dari itu akan membuat nilai kuat tekannya semakin rendah. Untuk nilai deformasinya semakin besar nilai kuat tekan maka nilai deformasinya semakin besar, dan jika nilai kuat tekannya kecil maka nilai deformasinya akan semakin kecil juga. Nilai tegangan regangan sangat bergantung kepada nilai kuat tekan dan deformasinya. Semakin besar nilai kuat tekan akan membuat nilai tegangan dan regangan semakin besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. Harista Karsa Mandiri yang berlokasi di Pekanbaru, Riau, yang telah membantu dalam kelancaran pelaksanaan dan pengujian penelitian bata ringan dengan campuran *fly ash* ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, K., Darmawan, M. dan Ain, 2019, Penambahan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Normal, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Politenik Negeri Balikpapan, Kalimantan Timur. Dewobroto, W. (2005). *Aplikasi rekayasa konstruksi dengan Visual Basic 6.0 : analisis dan desain penampang beton bertulang sesuai SNI 03-2847-2002*. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta
- Anindita, V. M, 2022, Perubahan Sifat Mekanis Bata Ringan CLC Akibat Substitusi Abu Terbang (*Fly Ash*) Terhadap Semen, Tugas Akhir, Teknik Sipil, Universitas Riau
- Holland, J. H. (1992). *Adaptation in natural and artificial systems*. MIT Press, Mass.
- Bella, R. A., Pah, J. J. S., & Ratu, A. G. (2017). Perbandingan Presentase Penambahan Fly Ash terhadap Kuat Tekan Bata Ringan Jenis CLC. *Jurnal Teknik Sipil*, VI(2), 199–204.
- Fansuri, D. A., Teknik, F., & Riau, U. (2022). Prediksi Kuat Tekan Bata Ringan Pasca Paparan Panas dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan. In *Teknik Sipil Universitas Riau*.
- Haryanti, N. H. (2015). Kuat Tekan Bata Ringan dengan Bahan Campuran Abu Terbang PLTU Asam-Asam Kalimantan Selatan. *Jurnal Fisika FLUX*, 12 (1), 20-30.
- Kasella & Hermana (2020). Pengaruh Substitusi *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Bata Beton Ringan Celluler (*Celluler Lighweight Concrete*). *Jurnal Bidang Ilmu Teknik Sipil dan Keairan, Transportasi, dan Mitigasi Bencana Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar* 5 (4).
- Klarens, K., Indranata, M., & Hardjito, D. (2015). Pemanfaatan Bottom Ash dan Fly Ash Tipe C Sebagai Bahan Pengganti Dalam Pembuatan Paving Block.
- KLHK. (2022). *Tim Koordinasi Nasional Penanganan Sampah Laut / TKN PSL.SIPSN*. <https://sampahlaut.id/>
- Muhardi, (2016). Karakteristik Abu terbang dan Abu Dasar dalam Geoteknik. *Jurnal Ilmiah APTEK (Aplikasi Teknologi)*, 8 (2), 18-27.
- Monica, T., Suryanita, R., & Maizir, H.2021. Pengaruh Penggunaan Styrene *Infrastructure and Civil Engginering*, I(1), 35-45
- Pangestu. (2020). *Pengaruh Penambahan Foam Agent Pada Pembuatan Beton*
- Setiawan, R., & Febryandi, 2020. Karakteristik Beton Busa Akibat Varisai Foamed dan Substitusi *Fly Ash* Terhadap Semen. *Jurnal Tekno Global*, 09(2), 73.
- SNI 03-283-2000.(2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. In *Badan Standar Nasional Indonesia*
- SNI 1974-2011. (2011). Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozzolan Alam Mentah atau yang Telah Dikalsinasi untuk Digunakan Dalam Beton In *Badan Standar Nasional Indonesia*.
- SNI 8640:2018. (n.d).Spesifikasi Bata Ringan Untuk Pemasangan Dinding hak. In *Badan Standar Nasional Indonesia*
- Widyastutik,. A. R. (2018). Pengaruh Persentase Foam Terhadap Kuat Tekan dan Berat Volume Beton Ringan Celluler (CLC) dengan Menggunakan Bahan Tambah Superplasticizer In *Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya (Issue Clc)*. Universitas 17 agustus 1945 Surabaya.

Wijaya, R. A., Astuti, Y., & Wijayant, S (2021). Pemanfaatan *Fly Ash* Limbah Pembakaran Batu Bara Sebagai Zat Mineral Tambahan Terhadap Perbaikan Kualitas dan Kuat Tekan Semen. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 27 (1), 2021, 127-134.