

Pemanfaatan *Fly Ash* Sebagai Substitusi Sebagian Semen pada Papan Serat Ringan

ANNI SUSILOWATI^{1*}, KEVIN MUHAMMAD SATRIA¹, PRATIKTIO¹

¹Program Studi Teknik Konstruksi Gedung Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia
Email: anni_susilowati@yahoo.co.id

ABSTRAK

Papan serat ringan merupakan papan yang berasal dari pengolahan mortar yang terdiri dari campuran semen, pasir, air, foam, dan fly ash. Fly ash memiliki kandungan silica dan alumina yang mencapai 80%, dimana kandungan tersebut merupakan kandungan yang terdapat juga pada semen, sehingga fly ash dapat menjadi material alternatif sebagai pengganti semen. Penelitian dilakukan dengan menggunakan acuan pengujian sifat fisik dan mekanik berdasarkan SNI 15-0233-1989 dan SNI 01-4449-2006. Variasi yang digunakan adalah 0,6 – 1 PC: 0,1 – 0,4 fly ash: 1,2 Pasir: FAS 0,233 dengan ditambahkan serat gelas sebanyak 4 lapis serta ditambahkan foam agent guna menciptakan mortar busa dengan perbandingan mortar dan foam agent adalah 0,45: 0,55. Hasil analisis menunjukkan penggunaan fly ash menurunkan nilai kerapatan dan berat jenis papan serat ringan. Didapatkan papan serat ringan yang memiliki kemampuan dipaku yang baik serta nilai kuat lentur optimum didapatkan pada variasi 10% fly ash dengan nilai sebesar 67,19 kg/cm².

Kata kunci: *fly ash, mortar busa, papan serat ringan, serat gelas*

ABSTRACT

Lightweight fiberboard is a board derived from mortar processing, consisting of a mixture of cement, sand, water, foam, and fly ash. Fly ash contains a silica and alumina content of up to 80%, which is also present in cement, making fly ash a potential alternative material to replace cement. The research uses reference tests for physical and mechanical properties based on SNI 15-0233-1989 and SNI 01-4449-2006. The variations used are 0.6 – 1 PC: 0.1 – 0.4 fly ash: 1.2 Sand: FAS 0.233, with the addition of 4 layers of glass fibers and foam agent to create foam mortar with a mortar to foam agent ratio of 0.45: 0.55. The analysis results show that the use of fly ash decreases the density value and specific gravity of the light fiberboard. A lightweight fiberboard with good nail-holding capability is obtained, and the optimum flexural strength value is achieved at the 10% fly ash variation with a value of 67.19 kg/cm².

Keywords: *fly ash, foam mortar, lightweight fiberboard, fiberglass*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan bangunan gedung di Indonesia terus meningkat seiring berjalannya waktu. Hal tersebut berbanding lurus dengan kebutuhan komponen bangunan salah satunya adalah *plafond* bangunan. Papan serat ringan merupakan papan yang berasal dari pengolahan mortar yang terdiri dari campuran semen, pasir, air, *foam*, dan *fly ash*. Papan serat ringan dapat dijadikan *plafond* bangunan karena beratnya yang ringan. Sebagai salah satu komponen pembentuknya, semen termasuk dalam kategori sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Oleh karena itu, diperlukan penggantian dengan bahan yang memiliki fungsi serupa dengan semen. *Fly ash* mempunyai kandungan silika dan alumina yang mencapai 80%, kandungan ini juga terdapat pada semen sehingga *fly ash* dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen. [1]. Pemanfaatan *fly ash* berdasarkan penelitian terdahulu [1] didapatkan hasil kuat tekan tertinggi pada variasi substitusi 12,5% terhadap semen dengan nilai 404,03 kg/cm². *Fly ash* melimpah di Indonesia, menurut data Kementerian Perindustrian RI tahun 2021 menunjukkan produksi *fly ash* dan *bottom ash* dari PLTU mencapai 12 juta ton dan terus meningkat. [2]. Saat ini sedang dikembangkan panel semen ringan untuk konstruksi plafon mortar busa. Panel semen harus ringan mungkin untuk kemudahan pemasangan dan pemeliharaan. Pada penelitian sebelumnya [3] papan semen yang mengaplikasikan campuran mortar busa dan serat gelas sebanyak 13%, dengan menggunakan limbah *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) sebagai pengganti sebagian bahan semen, berhasil mencapai nilai kekuatan lentur optimum sebesar 90 kg/cm².

Berdasarkan latar belakang diatas, dilakukanlah penelitian mengenai penggunaan *fly ash* sebagai bahan substitusi sebagian semen pada pembuatan papan serat ringan. Pada penelitian ini bahan substitusi semen yang digunakan adalah *fly ash* dengan variasi persentase yang telah ditentukan dan jumlah serat gelas yang ditambahkan pada papan serat ringan adalah 4 lapis. Diharapkan produk yang dihasilkan pada penelitian ini dapat memenuhi persyaratan SNI 01-4449-2006 tentang sifat fisik dan mekanik papan serat [4].

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi penggunaan *fly ash* sebagai bahan substitusi sebagian semen pada papan serat ringan.
2. Mendapatkan presentase penambahan *fly ash* yang optimum sebagai bahan substitusi sebagian semen pada papan serat ringan.
3. Mendapatkan karakteristik papan serat ringan dengan penggunaan *fly ash*.
4. Menganalisis pengaruh *fly ash* terhadap papan serat ringan.

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan fabrikasi benda uji secara eksperimental sesuai rencana desain campuran, mengacu pada dokumen ilmiah, melakukan percobaan dan petunjuk perancangan campuran mortar berpori ringan yang digunakan untuk pembangunan jalan oleh Kementerian PUPR [5]. Penelitian ini membuat 2 benda uji dengan ukuran 32 cm x 32 cm dengan tebal 1,5 dalam 5 variasi. Komposisi campuran adukan yang digunakan berupa perbandingan volume dalam 5 variasi yaitu:

1. 1 PC : 1,2 Pasir : FAS 0,233
2. 0,9 PC : 0,1 *Fly Ash* : 1,2 Pasir : FAS 0,233
3. 0,8 PC : 0,2 *Fly Ash* : 1,2 Pasir : FAS 0,233
4. 0,7 PC : 0,3 *Fly Ash* : 1,2 Pasir : FAS 0,233
5. 0,6 PC : 0,4 *Fly Ash* : 1,2 Pasir : FAS 0,233

Dalam penelitian ini digunakan *foam agent* guna membuat mortar menjadi mortar busa yang memiliki berat lebih ringan. Penggunaan *foam agent* digunakan dengan perbandingan mortar dan *foam agent* yaitu 0,45:0,55. Benda uji papan serat ringan juga ditambahkan serat *fiberglass* sebanyak 4 lapis pada setiap benda ujinya. Adapun kebutuhan bahan yang digunakan untuk 1 m³ papan serat dan kebutuhan bahan masing-masing variasi untuk 2 benda uji papan serat ringan dapat dilihat dalam **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Kebutuhan Bahan untuk Setiap 1 m³ Papan Serat Ringan

No.	Variasi Fly Ash [kg]	PC [kg]	PS [kg]	Air [liter]	Foam Agent [kg]	Total
1	0	250	318,102	58,375	54,867	681,344
2	25	225	318,102	58,375	54,867	681,344
3	50	200	318,102	58,375	54,867	681,344
4	75	175	318,102	58,375	54,867	681,344
5	100	150	318,102	58,375	54,867	681,344
Total	250	1.000	1.590,512	291,875	274,337	3.406,724

Tabel 2. Kebutuhan Bahan untuk Pembuatan Benda Uji

No.	Variasi Fly Ash [kg]	PC [kg]	PS [kg]	Air [liter]	Foam Agent [kg]	Total
1	0	0,845	1,075	0,197	0,185	2,302
2	0,084	0,760	1,075	0,197	0,185	2,302
3	0,169	0,676	1,075	0,197	0,185	2,302
4	0,253	0,591	1,075	0,197	0,185	2,302
5	0,338	0,507	1,075	0,197	0,185	2,302
Total	0,845	3,379	5,375	0,986	0,927	11,512

Dilakukan analisis regresi linier sederhana pada penelitian ini dengan bantuan aplikasi SPSS. Adapun variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi substitusi *fly ash* terhadap semen pada papan serat ringan dan variabel terikat pada penelitian ini adalah pengujian kerapatan, berat jenis, kemampuan dipaku, dan kuat lentur.

2.1 Bahan Papan Serat Ringan

Dalam pembuatan papan serat ringan pada penelitian ini dibutuhkan bahan-bahan yaitu *fly ash*, semen (PC), pasir, air, *foam agent*, dan serat *fiberglass*. Segala bahan yang digunakan dalam campuran harus memenuhi persyaratan yang berlaku.

2.1.1 Fly Ash

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tipe F yang berasal dari PLTU. Berdasarkan penelitian terdahulu diperoleh hasil kuat tekan beton yang optimal dengan variasi substitusi *fly ash* sebesar 25% dengan nilai 53,31 MPa dan dengan variasi substitusi yang lebih besar diperoleh kuat tekan beton yang lebih rendah. Pada penelitian ini, *fly ash* diuji berat jenis dan berat jenisnya [6].

2.1.2 Semen PCC

Penelitian ini memanfaatkan semen jenis portland PCC dengan merek Tiga Roda sebagai bahan utama. Campuran semen Portland merupakan bahan pengikat hidrolik yang dihasilkan dari penggilingan terak semen Portland dan gipsum dengan bahan anorganik lainnya. Pada penelitian ini, semen diuji berat jenis dan berat jenisnya [7].

2.1.3 Pasir

Penelitian ini memanfaatkan pasir tipe bangka. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran partikel maksimum 4,76 mm yang biasanya berasal dari alam atau modifikasi. Pada penelitian ini pasir diuji massa jenisnya, daya serap airnya, massa jenisnya, analisis ayakannya, kadar airnya, dan kadar lumpurnya [8].

2.1.4 Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini belum diuji karena tidak berbau, tidak berasa, tidak berwarna dan dapat diminum [9]. Setelah melewati tahapan trial and error FAS yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,233.

2.1.5 Foam Agent

Foam agent yang digunakan dalam penelitian ini adalah untuk pembuatan mortar busa, yang akan membuat berat benda uji lebih ringan. Bahan pembusa adalah larutan yang mengandung surfaktan yang bila dicampur dapat menghasilkan busa. Bahan pembusa sendiri digunakan pada beton ringan untuk membentuk gelembung udara pada mortar sehingga mengurangi kepadatan beton ringan [10]. Mortar busa merupakan mortar yang diberi tambahan *foam agent* yang membuat terciptanya ruang berongga pada beton sehingga kebutuhan pasir dan semen dalam pembuatan beton berkurang. Beton busa tergolong beton ringan karena mempunyai bobot yang lebih ringan dibandingkan beton biasa [11].

Penelitian dan hasil pendahuluan menunjukkan bahwa dengan perubahan laju penambahan bahan pembusa sebesar 5%, beton ringan mempunyai kuat tekan rata-rata sebesar 18,1335 MPa dengan massa jenis kurang lebih 1.576,79 kg/m³. Pada varian penambahan bahan pembusa 10%, kuat tekan beton ringan sebesar 15,96 MPa dengan massa jenis rata-rata 1.502,24 kg/m³. Namun pada variasi selanjutnya dengan jumlah bahan pembusa yang lebih besar maka kuat tekan dan berat jenis beton ringan yang dihasilkan akan berkurang [12].

2.1.6 Serat *Fiberglass*

Serat *fiberglass* yang digunakan dalam penelitian ini berupa lembaran yang berukuran 31 cm x 31 cm dan biasa digunakan untuk lapisan *waterproofing*. Berdasarkan penelitian terdahulu dinyatakan serat *fiberglass* merupakan bahan yang dapat meningkatkan kuat lentur pada papan semen. Semakin tinggi kadar *fiberglass* yang digunakan maka semakin tinggi pula nilai kuat lenturnya. Bahkan *fiberglass* mampu meningkatkan nilai kekuatan lentur hingga 10 kali lipat [13].

2.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Berikut alur penelitian ditunjukkan pada **Gambar 1**.

2.3 Tahapan Pengujian

Berikut alur pengujian terdiri dari pengujian kerapatan, berat jenis, kemampuan dipaku dan kuat lentur.

2.3.1 Pengujian Kerapatan

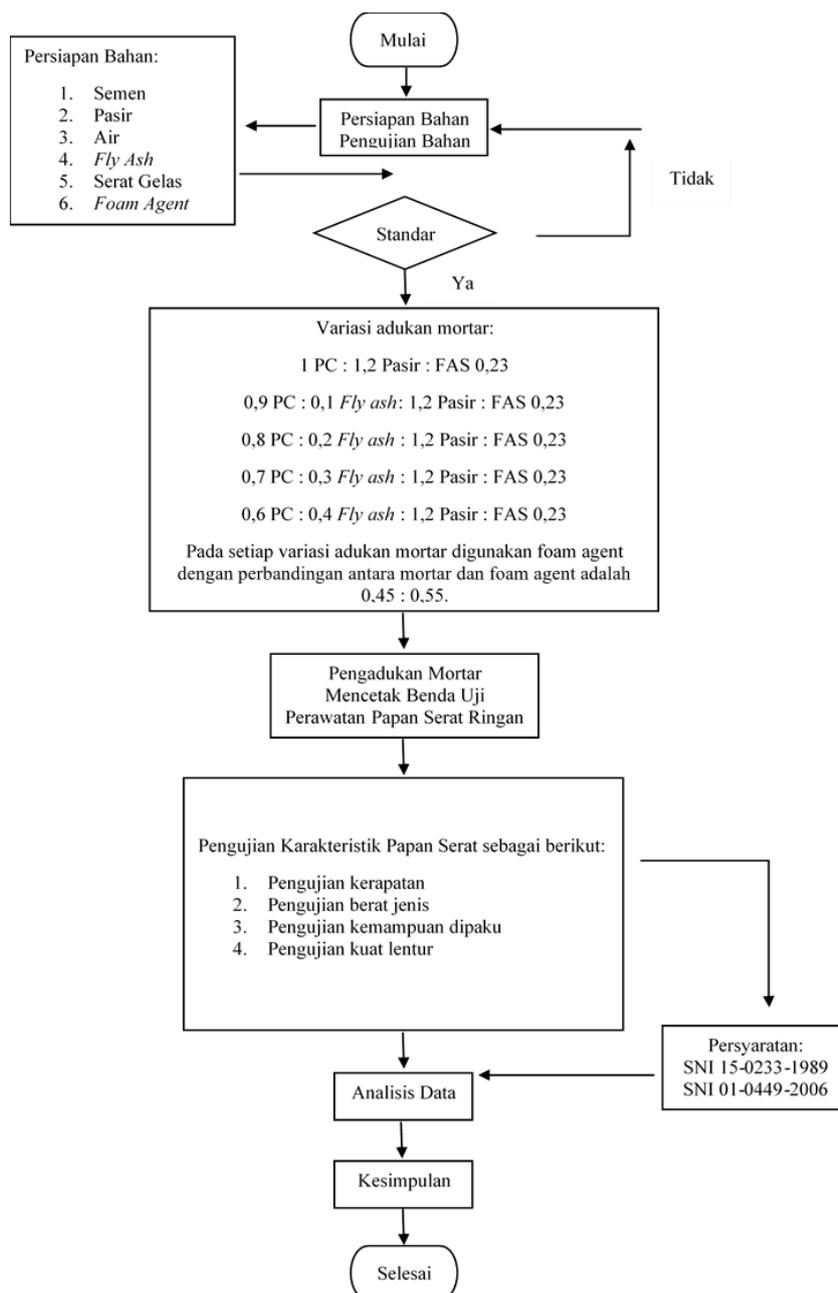
Pada pengujian kerapatan dibuat benda uji dengan ukuran 5 cm x 5 cm tebal 1,5 cm dengan jumlah 3 buah pada masing-masing variasi. Tahap pengujian, dimulai dengan mengukur dimensi panjang, lebar, dan tebal benda uji dengan jangka sorong. Kemudian menghitung volumenya dan menimbang berat benda uji dengan neraca dengan ketelitian 0,1 gr [4]. Nilai kerapatan papan serat dapat dihitung dengan **Persamaan 1**.

$$K = \frac{W}{p \times l \times t} \quad \dots(1)$$

dengan:

- K = kerapatan [gr/cm³],
- W = berat benda uji [gr],
- p = panjang benda uji [cm],
- l = lebar benda uji [cm],
- t = tebal benda uji [cm].

Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Substitusi Sebagian Semen pada Papan Serat Ringan



Gambar 1. Diagram alur penelitian

2.3.2 Pengujian Berat Jenis

Pada pengujian berat jenis dibuat benda uji dengan ukuran 10 cm x 5 cm tebal 1,5 cm dengan jumlah 3 buah pada masing-masing variasi. Tahap pengujian, dimulai dengan mengeringkan benda uji dalam oven, kemudian ditimbang dan dicatat. Selanjutnya benda uji di rendam dalam air selama 24 jam, setelah itu dilap permukaannya dengan kain sebelum ditimbang beratnya. Terakhir, benda uji ditimbang dalam kondisi didalam air menggunakan keranjang [14]. Berat jenis dapat dihitung dengan **Persamaan 2**.

$$BJ = \frac{W_6}{W_{13} - W_{16}} \quad \dots(2)$$

dengan:

- BJ = berat jenis [gr/cm³],
- W₆ = berat benda uji kering oven [gr],
- W₁₃ = berat benda uji setelah direndam air [gr],

W_{16} = berat benda uji [gr].

2.3.3 Pengujian Kemampuan Dipaku

Pada pengujian kemampuan dipaku dibuat benda uji dengan ukuran 30 cm x 10 cm tebal 1,5 cm dengan jumlah 3 buah pada masing-masing variasi. Tahap pengujian, dimulai dengan meletakkan papan serat ringan di atas papan kayu, kemudian memberi tanda pada papan serat ringan agar memudahkan pada saat memaku. Pemakuan dilakukan dengan menyisakan jarak sekitar 1,5 cm dari tepi papan serat ringan hingga penetrasinya. Jarak paku yang satu dengan paku yang lain adalah 15 cm [14].

2.3.4 Pengujian Kuat Lentur

Pada pengujian kuat lentur dibuat benda uji dengan ukuran 20 cm x 5 cm tebal 1,5 cm dengan jumlah 3 buah pada masing-masing variasi. Tahap pengujian, dimulai dengan mengukur dimensi dari benda uji menggunakan jangka sorong. Setelah itu, menempatkan benda uji di atas dua tumpuan dengan jarak 15 cm pada mesin Proving Ring. Beban diterapkan secara bertahap pada benda yang diuji sampai batas maksimum yang diijinkan tercapai. Perhatikan hasil beban maksimal yang diperoleh [15]. Kuat lentur dapat dihitung dengan **Persamaan 3**.

$$\sigma_l = \frac{P \times L}{l \times t^3} \quad \dots(3)$$

dengan:

- σ_l = kuat lentur [kg/cm²],
- P = beban maksimum [kg],
- L = jarak tumpu [cm],
- l = lebar benda uji [cm],
- t = tebal benda uji [cm].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini dilakukan pengujian berdasarkan persyaratan yang berlaku, untuk mengetahui kualitas bahan yang digunakan dan juga membantu dalam perhitungan kebutuhan bahan yang digunakan. Adapun hasil pengujian bahan ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Pengujian Bahan

Pengujian	Satuan	Hasil
Semen		
Berat Jenis	gr/cm ³	3,08
Berat Isi Lepas	kg/m ³	1.059,81
Berat Isi Padat	kg/m ³	1.169,25
Agregat Halus		
Berat Jenis	gr/cm ³	2,46
Penyerapan Air	%	2,84
Berat Isi Lepas	kg/m ³	1.374,72
Berat Isi Padat	kg/m ³	1.501,70
Angka Kehalusan		2,64

Tabel 3. Hasil Pengujian Bahan lanjutan

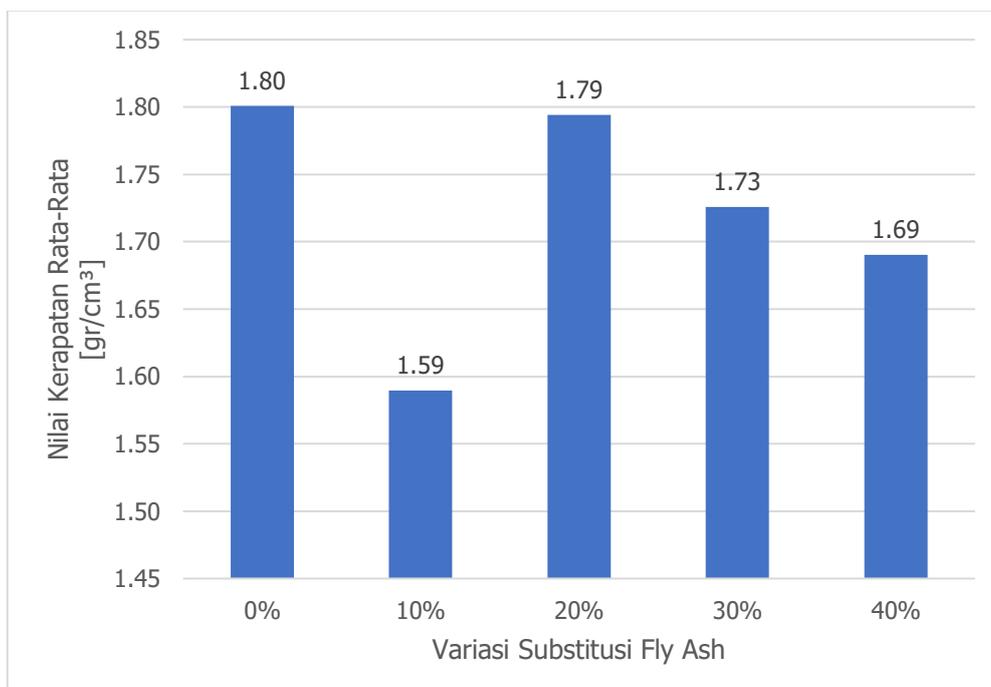
Pengujian	Satuan	Hasil
Kadar Lumpur	%	2,93
Kadar Air	%	2,3
<i>Fly Ash</i>		
Berat Jenis	gr/cm ³	2,86
Berat Isi Lepas	kg/m ³	1.424,91
Berat Isi Padat	kg/m ³	1.525,66

3.2 Hasil Pengujian Papan Serat Ringan

Hasil pengujian papan serat ringan ditampilkan dalam bentuk data tabel dan grafik hubungan antara variasi *fly ash* dengan nilai pengujiannya. Hasil pengujian kemudian dianalisis dengan regresi linier sederhana dengan aplikasi SPSS guna mengetahui seberapa berpengaruh variasi *fly ash* terhadap nilai pengujiannya.

3.2.1 Pengujian kerapatan

Pada **Tabel 4** didapatkan nilai hasil pengujian kerapatan rata-rata papan serat ringan dengan nilai tertinggi sebesar 1,8 gr/cm³ pada variasi 0% dan nilai terendah sebesar 1,59 gr/cm³ pada variasi 10% *fly ash*. Pada **Gambar 2** terdapat grafik hubungan antara substitusi variasi *fly ash* terhadap nilai hasil pengujian kerapatan papan serat ringan. Terlihat grafik tersebut menunjukkan tren yang menurun, sehingga dapat dipahami bahwa penambahan *fly ash* pada papan serat ringan akan menyebabkan nilai bobot komponen pada papan serat ringan semakin menurun. Berdasarkan SNI 01-4449-2006 [4], papan serat ringan yang dihasilkan peneliti termasuk dalam kategori papan serat kepadatan tinggi (PSKT) karena memiliki nilai kepadatan lebih besar dari 0,84 gr/cm³. Nilai densitas ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai densitas papan serat ringan pada saat ditambahkan campuran pencarian [16] dengan nilai optimum pada variasi admixture 0,8% dengan nilai sebesar 0,749 gr/cm³.



Gambar 2. Grafik hubungan antara substitusi variasi *fly ash* terhadap kerapatan papan serat ringan

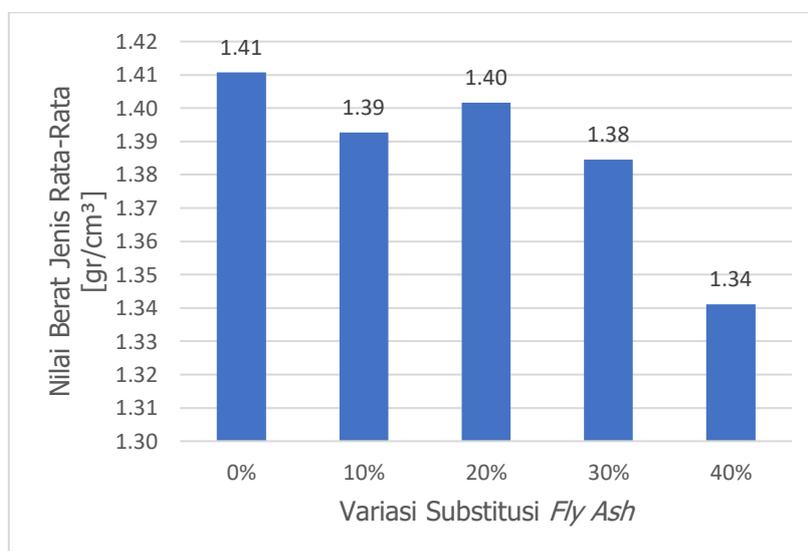
Tabel 4. Hasil Pengujian Kerapatan

Variasi Campuran	Kerapatan Rata-Rata [gr/cm ³]
Variasi 0%	1,80
Variasi 10%	1,59
Variasi 20%	1,79
Variasi 30%	1,73
Variasi 40%	1,69

Pengaruh penggunaan *fly ash* terhadap pengujian kerapatan mendapatkan nilai *R square* 0,022 yang artinya penggunaan *fly ash* berpengaruh 2,2 % terhadap nilai berat isi papan serat ringan dan dinyatakan belum baik karena nilainya masih dibawah 50%. Nilai signifikan yang didapat 0,812 > 0,05 artinya penggunaan *fly ash* tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai pengujian kerapatan papan serat ringan.

3.2.2 Pengujian berat jenis

Pada **Tabel 5** didapatkan nilai hasil pengujian berat jenis papan serat ringan dengan nilai tertinggi sebesar 1,41 gr/cm³ pada variasi 0% dan nilai terendah sebesar 1,34 gr/cm³ pada variasi *fly ash* 40%. Pada Gambar 3 terdapat grafik mengenai hubungan antara variasi substitusi *fly ash* terhadap nilai berat jenis pada papan serat ringan. Terlihat grafik tersebut menunjukkan tren yang menurun, sehingga dapat dipahami bahwa penambahan *fly ash* pada papan serat ringan akan menyebabkan nilai densitas papan serat ringan semakin menurun. Berdasarkan SNI 15-0233-1989 [14], Kepadatan fiberboard yang diperbolehkan adalah > 1,2 gr/cm³, artinya seluruh varian fiberboard ringan pada penelitian ini memenuhi syarat. Nilai berat jenis ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai berat jenis papan serat ringan pada penelitian [3] dengan nilai berat jenis tertinggi sebesar 1,54 gr/cm³ pada variasi 0% dan terendah sebesar 1,37 gr/cm³ pada variasi 80% GGBFS.



Gambar 3. Grafik hubungan antara variasi substitusi *fly ash* terhadap berat jenis papan serat ringan

Tabel 5. Hasil Pengujian Berat Jenis

Variasi Campuran	Berat Jenis Rata-Rata [gr/cm ³]
Variasi 0%	1,41
Variasi 10%	1,39
Variasi 20%	1,40
Variasi 30%	1,38
Variasi 40%	1,34

Pengaruh penggunaan *fly ash* terhadap pengujian berat jenis mendapatkan nilai *R square* 0,771 yang artinya penggunaan *fly ash* berpengaruh 77,1% terhadap nilai berat jenis papan serat ringan dan dinyatakan sudah baik karena nilainya masih diatas 50%. Nilai signifikan yang didapat $0,05 < 0,05$ artinya penggunaan *fly ash* berpengaruh signifikan terhadap nilai pengujian berat jenis papan serat ringan.

3.2.3 Pengujian kemampuan dipaku

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 6 didapatkan sebagian besar papan serat ringan dari semua variasi memiliki kemampuan dipaku yang baik. Namun, terdapat 2 benda uji yaitu pada sampel 1 variasi 20% dan sampel 2 variasi 40% yang dinyatakan memiliki kemampuan dipaku yang kurang baik. Terjadi retakan dan patah pada kedua sampel tersebut setelah dilakukan pengujian. Berdasarkan SNI 15-0233-1989, papan serat ringan dapat dinyatakan mempunyai kemampuan paku yang baik apabila setelah dipaku pada benda yang diperiksa tidak ditemukan cacat atau retak lebih dari 20%. Performa pemakuan papan serat ringan ini sebanding dengan kinerja pemakuan papan serat ringan dengan penambahan variasi campuran pada penelitian [16] karena memiliki kemampuan dipaku yang baik.

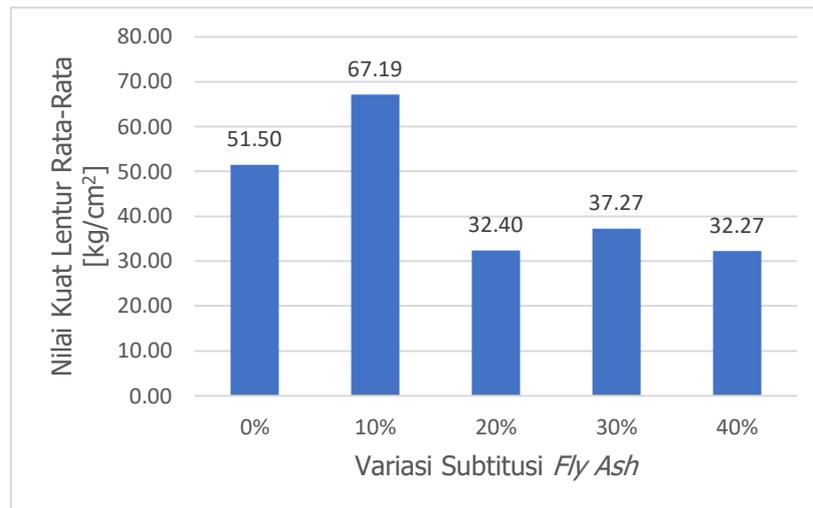
Tabel 6. Hasil Pengujian Kemampuan Dipaku

Variasi Campuran	Sampel	Kemampuan Dipaku
Variasi 0%	1	√
	2	√
	3	√
Variasi 10%	1	√
	2	√
	3	√
Variasi 20%	1	X
	2	√
	3	√
Variasi 30%	1	√
	2	√
	3	√
Variasi 40%	1	√
	2	X
	3	√

3.2.4 Pengujian kuat lentur

Pada Tabel 7 didapatkan nilai hasil pengujian kuat lentur papan serat ringan dengan nilai rata-rata tertinggi sebesar 67,19 kg/cm² pada variasi *fly ash* 10% dan nilai rata-rata terendah sebesar 32,27 kg/cm² pada variasi *fly ash* 40%. Pada Gambar 4 terdapat grafik yang menunjukkan hubungan antara variasi substitusi *fly ash* terhadap nilai kuat lentur pada papan serat ringan. Terlihat grafik menunjukkan tren yang menurun, namun pada variasi 10% substitusi *fly ash* terjadi kenaikan nilai kuat lentur papan serat ringan sebesar 15,69 kg/cm². Berdasarkan SNI 01-4449-2006, variasi 0% dan 10% masuk ke dalam papan serat kerapatan sedang (PSKS) tipe 5 dengan nilai ≥ 51 kg/cm² dan untuk variasi 20%, 30%, dan 40% masuk ke dalam papan serat kerapatan rendah (PSKR) tipe 3 dengan nilai $\geq 30,6$ kg/cm². Nilai kuat lentur optimal papan serat ringan lebih rendah dibandingkan dengan nilai kuat lentur optimal papan serat ringan pada penelitian [3] dengan nilai sebesar 90,09 kg/cm² pada variasi 20% GGBFS.

Pengaruh penggunaan *fly ash* terhadap pengujian kuat lentur mendapatkan nilai *R square* 0,513 yang artinya penggunaan *fly ash* berpengaruh 51,3 % terhadap nilai berat jenis papan serat ringan dan dinyatakan sudah baik karena nilainya masih di atas 50%. Nilai signifikan yang didapat $0,173 > 0,05$ artinya penggunaan *fly ash* tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai pengujian kuat lentur papan serat ringan.



Gambar 3. Grafik hubungan antara variasi substitusi *fly ash* terhadap berat jenis papan serat ringan

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Variasi Campuran	Kuat Lentur Rata-Rata [kg/cm ²]
Variasi 0%	51,50
Variasi 10%	67,19
Variasi 20%	32,40
Variasi 30%	37,27
Variasi 40%	32,27

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan di atas, diketahui hal-hal berikut:

1. Penggunaan *fly ash* pada papan serat ringan menurunkan nilai kerapatan papan serat ringan. Semua variasi papan serat ringan masuk ke dalam kategori papan serat berkerapatan tinggi (PSKT) karena memiliki nilai kerapatan yang lebih besar dari 0,84 gr/cm³. Berdasarkan analisis regresi linier sederhana penggunaan *fly ash* pada papan serat ringan tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai kerapatannya.
2. Penggunaan *fly ash* pada papan serat ringan menurunkan nilai berat jenis papan serat ringan. Semua variasi papan serat ringan memenuhi persyaratan yaitu > 1,2 gr/cm³. Berdasarkan analisis regresi linier sederhana penggunaan *fly ash* pada papan serat ringan berpengaruh signifikan terhadap nilai berat jenisnya.
3. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan sebagian besar papan serat ringan dari semua variasi memiliki kemampuan dipaku yang baik. Papan serat dinyatakan memiliki kemampuan dipaku yang baik apabila tidak terjadi retak atau cacat lebih dari 20% setelah pengujian.
4. Penggunaan *fly ash* pada papan serat mendapatkan nilai kuat lentur optimum variasi 10% dengan nilai 67,19 kg/cm². Berdasarkan SNI 01-4449-2006, variasi 0% dan 10% masuk ke dalam papan serat kerapatan sedang (PSKS) tipe 5 dengan nilai ≥ 51 kg/cm² dan untuk variasi 20%, 30%, dan 40% masuk ke dalam papan serat kerapatan rendah (PSKR) tipe 3 dengan nilai ≥ 30,6 kg/cm². Berdasarkan analisis regresi linier sederhana penggunaan *fly ash* pada papan serat ringan tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai kuat lenturnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Program Studi Teknik Konstruksi Gedung, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta yang telah membantu memfasilitasi terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Setiawati, "Fly ash sebagai bahan pengganti semen pada beton," Prosiding Semnastek, 2018.
- [2] Ashady Hanafie, "Penggunaan Fly Ash Dan Bottom Ash (Faba) Pada Industri Semen," Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2021.
- [3] A. C. Imam and A. Susilowati, "PENGARUH GROUND GRANULATED BLAST FURNACE SLAG SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN PADA PAPAN SERAT RINGAN," Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan, vol. 9, no. 1, 2022.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, SNI 01-4449-2006, Papan Serat. Jakarta, 2006.
- [5] KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT REPUBLIK INDONESIA, Surat Edaran No. 44/SE/M/2015 tentang Pedoman Perancangan Campuran Material Ringan Dengan Mortar Busa Untuk Konstruksi Jalan. 2015.
- [6] R. M. Mohamad, A. Rachman, and R. Mointi, "Kuat tekan beton untuk mutu tinggi 45 MPa dengan fly ash sebagai bahan pengganti sebagian semen," RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi, vol. 8, no. 1, pp. 25–33, 2020.
- [7] Badan Standardisasi Nasional, SNI 15-7064-2004, Semen Portland Komposit. 2004.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-6820-2002, Spesifikasi Agregat Halus untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen. 2002.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, SNI 2847:2019, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. 2019.
- [10] Y. H. M. Amran, N. Farzadnia, and A. A. A. Ali, "Properties and applications of foamed concrete; a review," Constr Build Mater, vol. 101, pp. 990–1005, 2015.
- [11] Y. L. Salu, H. Parung, M. W. Tjaronge, and R. Irmawaty, "Karakteristik Beton Busa Yang Mengalami Beban Tarik," in Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil, 2020, pp. 87–94.
- [12] M. S. Firdaus, F. N. Abdi, and T. S. P. Arifin, "PENGARUH PENAMBAHAN FOAM AGENT TERHADAP KUAT TEKANBETON RINGAN STRUKTURAL AGREGAT BATU APUNG," Teknologi Sipil, vol. 6, no. 2, pp. 87–93, 2022.
- [13] A. Susilowati, R. S. Rizal, and Pratikto, "VARIASI SERAT GELAS PADA PAPAN SEMEN DENGAN MORTAR BUSA: VARIASI SERAT GELAS PADA PAPAN SEMEN DENGAN MORTAR BUSA," Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan, vol. 8, no. 2, 2022.
- [14] Badan Standardisasi Nasional, SNI 15-0233-1989, Kuat Lentur dan Cara Uji Lembaran Serat Semen. 1989.
- [15] American Standard Testing and Material, ASTM C78-02, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete. 2002.
- [16] P. Pratikto, A. Susilowati, and E. Wiyono, "Kajian Pengaruh Admixture Pada Papan Semen Berserat Berbusa Ringan," Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil, vol. 27, no. 1, pp. 56–64, 2022.