

# PENGARUH SUBSTITUSI CAMPURAN LIMBAH GYPSUM DAN FLY ASH TERHADAP KARAKTERISTIK *HOLLOW BLOCK*

Angga Saputra<sup>1,a</sup>, Endang Setyawati Hisyam<sup>2</sup>, dan Yayuk Apriyanti<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung, Balunijuk, Merawang, Kepulauan Bangka Belitung, 33172

<sup>2)</sup> Dosen Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung, Balunijuk, Merawang, Kepulauan Bangka Belitung, 33172

<sup>a)</sup> email korespondensi: wanganggasaputra147@gmail.com

## ABSTRAK

Batako merupakan salah satu bahan bangunan yang tersusun dari adukan semen dan pasir, salah satu jenis batako yaitu berlubang (*hollow block*). Pemanfaatan limbah merupakan solusi untuk mengurangi permintaan akan bahan bangunan, terutama bahan penyusun pembuatan *hollow block*. Limbah yang dimanfaatkan yaitu *fly ash* sebagai substitusi semen dan gypsum sebagai substitusi pasir. Penggunaan substitusi limbah *fly ash* dan gypsum terhadap *hollow block* bertujuan agar mengetahui pengaruh substitusi limbah tersebut terhadap karakteristik *hollow block* dan berapa persentase penggunaan limbah sehingga nilai kuat tekan dan daya serap air yang dibutuhkan sesuai mutu kelas II dalam SNI 03-0349-1989. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung dengan menggunakan sampel *hollow block* sebanyak 80 buah. Persentase *fly ash* yang digunakan yaitu 6%, 12%, dan 18% dihitung dari berat semen, sedangkan gypsum yaitu 6% dihitung dari berat pasir. Hasil yang didapatkan dari *hollow block* terhadap karakteristik masuk dalam nilai toleransi sesuai SNI 03-0349-1989. Penggunaan 6% limbah *fly ash* substitusi semen dengan nilai kuat tekan tertinggi yaitu 5,125 MPa sehingga memenuhi kuat tekan rencana mutu kelas II dengan nilai daya serap air masuk dalam mutu kelas I sesuai SNI 03-0349-1989.

**Kata kunci:** *hollow block*, *fly ash*, gypsum

## PENDAHULUAN

Batako merupakan salah satu bahan pengisi struktur pada bangunan gedung dan perumahan yang paling banyak digunakan saat ini, karena harganya yang terbilang relatif murah. Selain dari segi harga, batako juga memiliki ukuran dan hasil cetakan yang rapi sehingga menghasilkan dinding yang rapi juga. Kemajuan teknologi saat ini mempengaruhi inovasi bahan alternatif atau bahan tambah untuk memperbaiki karakteristik terhadap batako itu sendiri. Batako merupakan salah satu bahan bangunan yang tersusun dari campuran adukan semen dan pasir. Dilihat dari bentuknya, batako terdiri dari dua jenis yang umum digunakan, yaitu batako pejal dan batako berlubang atau *hollow block*.

Pemanfaatan limbah merupakan solusi untuk mengurangi permintaan akan bahan bangunan, terutama bahan penyusun pembuatan *hollow block*. Limbah yang dimanfaatkan yaitu *fly ash* sebagai substitusi semen dan gypsum sebagai substitusi pasir. *Fly ash* merupakan abu hasil pembakaran batu bara yang sudah tidak diperlukan lagi sehingga membentuk limbah buangan. *Fly ash* mengandung bahan kimia seperti SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, karena mengandung SiO<sub>2</sub> yang lumayan tinggi mencapai ±70% sehingga *fly ash* memenuhi sifat bahan yang sama dalam kandungan semen maka *fly ash* bisa dijadikan bahan pengganti semen (Munir, 2008). Gypsum atau CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O adalah bahan yang komponen utamanya terbentuk dari *hidratedcalcium*

*sulfate*, gypsum akan menjadi lebih kuat apabila mengalami penekanan seperti sifat dari mineral dan batu. Gypsum juga memiliki senyawa yang hampir serupa dengan semen, yaitu SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan CaO (Hidayat, 2023). Penggunaan limbah gypsum mampu menaikkan kualitas campuran perkerasan beraspal dimana limbah gypsum memiliki kandungan kapur (CaO) yang cukup tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian filler pada pasir (Hidayah & Hartantyo, 2021).

Penggunaan substitusi limbah *fly ash* dan gypsum terhadap *hollow block* bertujuan agar mengetahui pengaruh substitusi limbah tersebut terhadap karakteristik *hollow block* dan berapa persentase penggunaan limbah sehingga nilai kuat tekan dan daya serap air yang dibutuhkan sesuai mutu kelas II dalam SNI 03-0349-1989.

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen terhadap *hollow block* menggunakan sampel *hollow block* sebanyak 80 buah dengan dimensi ukuran 40×10×20 cm. Persentase *fly ash* yang digunakan yaitu 6%, 12%, dan 18% dihitung dari berat semen, sedangkan gypsum yaitu 6% dihitung dari berat pasir. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian terhadap karakteristik, kuat tekan, dan daya serap air *hollow block*. Untuk pengujian yang dilakukan menggunakan standar SK

SNI terutama SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

Alat yang digunakan pada penelitian ini berupa saringan mengacu pada SNI ASTM C136:2012, mesin pengguncang saringan, timbangan, oven, cawan dan wadah, sendok semen, piknometer, kerucut terpacung dan batang penumbuk, gelas ukur, cetakan *hollow block*, stik penumbuk *hollow block*, bak perendaman, mixer atau alat pengaduk, alat uji kuat tekan, wadah cetak silinder. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu semen, *fly ash*, agregat halus (pasir), gypsum, dan air.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Saringan Agregat Halus

**Tabel 1.** Hasil pengujian analisis saringan agregat halus (pasir)

No. Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	Persen Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
No. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 8	2,36	25,80	25,80	5,16	94,84
No. 16	1,18	62,70	88,50	12,55	87,29
No. 30	0,60	75,70	164,20	15,15	67,14
No. 50	0,30	63,00	227,20	12,61	54,53
No. 100	0,15	219,20	446,40	43,87	10,67
No. 200	0,075	46,50	492,90	9,31	1,36
Pan		6,80	499,70	1,36	0,00
Jumlah		499,70		100	
Modulus Kehalusan Butir					<b>1,905</b>

Berdasarkan **Tabel 1** hasil pengujian analisis saringan terhadap pasir diperoleh nilai modulus halus butir agregat halus sebesar 1,905. Nilai tersebut memenuhi persyaratan agregat halus menurut SNI ASTM C 136:2012, yaitu untuk agregat halus harus memenuhi persyaratan modulus halus butir yaitu 1,50-3,80.

**Tabel 2.** Hasil pengujian analisis saringan agregat halus (gypsum)

No. Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	Persen Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
No. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 8	2,36	47,30	47,30	9,46	90,54
No. 16	1,18	88,90	136,20	17,78	72,76
No. 30	0,60	92,50	228,70	18,50	54,26
No. 50	0,30	144,80	373,50	28,96	25,30
No. 100	0,15	97,20	470,70	19,44	5,86
No. 200	0,075	27,50	498,20	5,50	0,36
Pan		1,80	500	0,36	0,00
Jumlah		500		100	
Modulus Kehalusan Butir					<b>2,513</b>

Menurut **Tabel 2** hasil pengujian analisis saringan terhadap gypsum diperoleh nilai modulus halus butir agregat halus sebesar 2,513. Nilai tersebut memenuhi persyaratan agregat halus menurut SNI ASTM C 136:2012, yaitu untuk agregat halus harus memenuhi persyaratan modulus halus butir yaitu 1,50-3,80.

### Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus

**Tabel 3.** Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (pasir)

Keterangan	Simbol/Rumus	Pengujian		Rata-Rata	Satuan
		I	II		
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	$B_j$	500	500	500	gr
Berat benda uji kering oven	$B_k$	492,9	490,8	491,85	gr
Berat piknometer di isi air (25°C)	$B_a$	693,3	693,3	693,30	gr
Berat piknometer + benda uji (SSD)+ air (25°C)	$B_t$	1000,9	1000,3	1000,6	gr
Berat jenis curah (Bulk)	$B_k/(B_a+B_j-B_t)$	2,562	2,543	<b>2,552</b>	gr
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	$B_j/(B_a+B_j-B_t)$	2,599	2,591	<b>2,595</b>	gr
Berat jenis semu (Apparent)	$B_k/(B_a+B_k-B_t)$	2,660	2,670	<b>2,665</b>	gr
Penyerapan air	$((B_j-B_k)/B_k) \times 100\%$	1,440	1,874	<b>1,657</b>	%

Berdasarkan **Tabel 3** hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (pasir), diperoleh nilai berat jenis curah (*bulk*) sebesar 2,552, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) sebesar 2,595, berat jenis semu (*apparent*) sebesar 2,665, dan nilai persentase penyerapan air sebesar 1,657%. Nilai tersebut masih memenuhi syarat spesifikasi menurut SNI 03-1970-2008, yaitu nilai minimum untuk berat jenis agregat halus yaitu 2,50 dan nilai maksimum untuk penyerapan air yaitu 3%.

**Tabel 4.** Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (gypsum)

Keterangan	Simbol/Rumus	Pengujian		Rata-Rata	Satuan
		I	II		
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	$B_j$	250	250	250	gr
Berat benda uji kering oven	$B_k$	245,10	244,90	245,00	gr
Berat piknometer di isi air (25°C)	$B_a$	693,30	693,30	693,30	gr
Berat piknometer + benda uji (SSD)+ air (25°C)	$B_t$	847,60	848,50	848,05	gr
Berat jenis curah (Bulk)	$B_k/(B_a+B_j-B_t)$	2,561	2,583	<b>2,572</b>	gr
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	$B_j/(B_a+B_j-B_t)$	2,612	2,637	<b>2,625</b>	gr
Berat jenis semu (Apparent)	$B_k/(B_a+B_k-B_t)$	2,699	2,730	<b>2,715</b>	gr
Penyerapan air	$((B_j-B_k)/B_k) \times 100\%$	1,999	2,082	<b>2,041</b>	%

Berdasarkan **Tabel 4** hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (gypsum), diperoleh nilai berat jenis curah (*bulk*) sebesar 2,572, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) sebesar 2,625, berat jenis semu (*apparent*) sebesar 2,715, dan nilai persentase penyerapan air sebesar 2,041%. Nilai tersebut masih memenuhi syarat spesifikasi menurut SNI 03-1970-2008, yaitu nilai minimum untuk berat jenis agregat halus yaitu 2,50 dan nilai maksimum untuk penyerapan air yaitu 3%.

### Berat Isi Agregat Halus

**Tabel 5.** Hasil pengujian berat isi agregat halus (pasir)

Keterangan	Kondisi berat isi			
	Lepas/Gembur		Padat	
	I	II	I	II
Volume wadah (V) (lt)	5.304	5.304	5.304	5.304
Berat wadah ukur (W <sub>1</sub> ) (kg)	10.410	10.409	10.410	10.409
Berat wadah ukur + Benda uji (W <sub>2</sub> ) (kg)	17.820	18.056	18.860	18.992
Berat benda uji (W <sub>2</sub> - W <sub>1</sub> ) (kg/lt)	7.410	7.647	8.450	8.583
Berat isi benda uji ((W <sub>2</sub> - W <sub>1</sub> )/V) (kg/lt)	1.397	1.442	1.593	1.618
Berat isi benda uji rata-rata (kg/lt)	<b>1.419</b>		<b>1.606</b>	

Berdasarkan **Tabel 5** untuk pengujian berat isi agregat halus (pasir) diperoleh nilai berat isi kondisi lepas/gembur sebesar 1,419 kg/lt, sedangkan untuk kondisi padat sebesar 1,606 kg/lt. Menurut SNI 03-1973-2008, nilai minimum berat isi untuk agregat halus harus berada pada rentang nilai 0,4-1,90 kg/lt.

**Tabel 6.** Hasil pengujian berat isi agregat halus (pasir)

Keterangan	Kondisi berat isi			
	Lepas/Gembur		Padat	
	I	II	I	II
Volume wadah (V) (lt)	5.304	5.304	5.304	5.304
Berat wadah ukur (W <sub>1</sub> ) (kg)	10.410	10.409	10.410	10.409
Berat wadah ukur + Benda uji (W <sub>2</sub> ) (kg)	13.500	13.678	14.032	14.066
Berat benda uji (W <sub>2</sub> - W <sub>1</sub> ) (kg/lt)	3.090	3.269	3.622	3.657
Berat isi benda uji ((W <sub>2</sub> - W <sub>1</sub> )/V) (kg/lt)	0.583	0.616	0.683	0.689
Berat isi benda uji rata-rata (kg/lt)	<b>0.599</b>		<b>0.686</b>	

Berdasarkan **Tabel 6** untuk pengujian berat isi agregat halus (gypsum) diperoleh nilai berat isi kondisi lepas/gembur sebesar 0,599 kg/lt, sedangkan untuk kondisi padat sebesar 0,686 kg/lt. Menurut SNI 03-1973-2008, nilai minimum berat isi untuk agregat halus harus berada pada rentang nilai 0,4-1,90 kg/lt.

### Kadar Air Agregat Halus

**Tabel 7.** Hasil pengujian kadar air agregat halus (pasir)

Jenis Pengujian	Pengujian	
	I	II
Berat tempat (W <sub>1</sub> ) (gr)	258,9	177,4
Berat tempat + contoh awal (W <sub>2</sub> ) (gr)	758,9	677,4
Berat tempat + contoh kering (W <sub>4</sub> ) (gr)	730,6	647,1
Berat benda uji awal (W <sub>3</sub> = W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub> ) (gr)	500	500
Berat benda uji kering (W <sub>5</sub> = W <sub>4</sub> -W <sub>1</sub> ) (gr)	471,7	469,7
Kadar Air (%) = ((W <sub>3</sub> - W <sub>5</sub> )/ W <sub>5</sub> ) X 100	6,00	6,451
Kadar air rata-rata (%)	<b>6,225</b>	

**Tabel 8.** Hasil pengujian kadar air agregat halus (gypsum)

Jenis Pengujian	Pengujian	
	I	II
Berat tempat (W <sub>1</sub> ) (gr)	258,9	177,4
Berat tempat + contoh awal (W <sub>2</sub> ) (gr)	758,9	677,4
Berat tempat + contoh kering (W <sub>4</sub> ) (gr)	728,7	657,9
Berat benda uji awal (W <sub>3</sub> = W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub> ) (gr)	500	500
Berat benda uji kering (W <sub>5</sub> = W <sub>4</sub> -W <sub>1</sub> ) (gr)	469,8	480,5
Kadar air (%) = ((W <sub>3</sub> -W <sub>5</sub> )/W <sub>5</sub> ) x 100	6,428	4,058
Kadar air rata-rata (%)	<b>5,243</b>	

Berdasarkan **Tabel 7** untuk pengujian kadar air agregat halus (pasir) diperoleh nilai kadar air rata-rata sebesar 6,225%, sedangkan untuk pengujian kadar air agregat halus (gypsum) sesuai **Tabel 8** diperoleh nilai kadar air rata-rata sebesar 5,243%. Menurut SNI 03-1971-2011, nilai kadar air untuk agregat halus harus berada pada rentang nilai 2-8%.

### Analisis Saringan Fly Ash

**Tabel 9.** Hasil pengujian analisis saringan fly ash

Keterangan saringan	Berat tertahan (gr)	Berat lolos (gr)	Persentase lolos (%)	Persentase tertahan (%)	Syarat
Berat awal fly ash	50				
Saringan No. 100	0	50	100	0	= 0
Saringan No. 200	6,1	43,9	87,8	12,2	<22%
Pan	43,9	0	0	87,8	>78%

Berdasarkan **Tabel 9** hasil pengujian saringan limbah fly ash, diperoleh data persentase limbah fly ash yang lolos saringan no.100 sebesar 100% dan lolos saringan no.200 sebesar 87,8%. Menurut SNI 15-2530-1991 nilai tertahan pada saringan no.100 sebesar 0%, tertahan pada saringan no.200 maksimal 22%, dan tertahan pada pan sebesar minimal 78%. Pada pengujian analisis saringan fly ash benda uji yang tertahan pada saringan no.100 sebesar 0%, tertahan pada saringan no.200 sebesar 12,2%, dan tertahan pada pan sebesar 87,8%.

### Uji Karakteristik Hollow Block

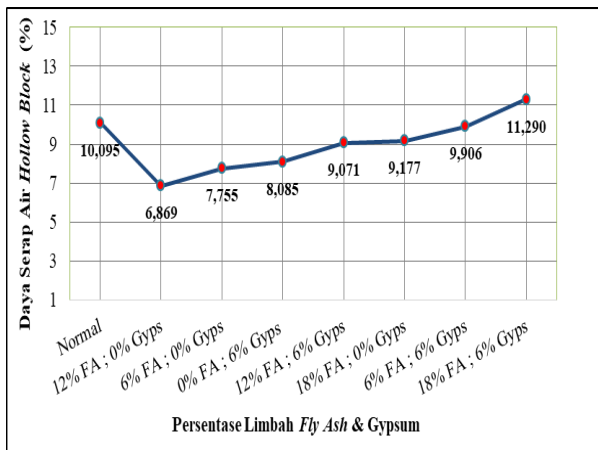
Pengujian karakteristik hollow block dilakukan seperti pengujian tampak dan ukuran hollow block. Menurut SNI 03-0349-1989 pengujian sifat tampak pada hollow block harus memenuhi persyaratan seperti sifat tampak pada hollow block tidak boleh cacat, rusak-rusuknya siku antara satu terhadap yang lainnya dan sudut rusuk tidak mudah dirapikan dengan kekuatan jari tangan. Hasil pengujian tampak pada hollow block dinyatakan bahwa hollow block masih dalam bentuk yang memenuhi standar sesuai SNI 03-0349-1989. Sedangkan pengujian ukuran hollow block bisa dilihat pada **Tabel 10**.

**Tabel 10.** Hasil pengujian ukuran *hollow block*

Ukuran	Satuan	Batako Normal	Persentase Fly Ash & Gypsum								Toleransi
			0% & 6%	6% & 0%	6% & 6%	12% & 0%	12% & 6%	18% & 0%	18% & 6%		
Panjang rata-rata	cm	39,6	39,8	39,8	39,8	39,9	39,9	39,8	39,8	39	+0,3 -0,5
Lebar rata-rata	cm	10,1	10,2	10,3	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10	+0,2 -0,2
Tinggi rata-rata	cm	19,2	18,9	18,9	18,8	18,8	18,8	18,8	18,7	19	+0,3 -0,5

Berdasarkan hasil pengujian ukuran pada **Tabel 10**, dapat disimpulkan bahwa ukuran *hollow block* (panjang, lebar, dan tinggi) *hollow block* normal dan variasi dengan cetakan manual *hollow block* 40×10×20 cm masih termasuk dalam nilai toleransi sesuai SNI 03-0349-1989 untuk panjang yaitu +0,3 dan -0,5 cm, lebar yaitu ±0,2 cm, dan tinggi yaitu +0,3 dan -0,5 cm. Terdapat pengurangan terhadap panjang dan tinggi *hollow block* dan penambahan terhadap lebar *hollow block* dari cetakan manual *hollow block*, ini disebabkan karena pembuatan *hollow block* dilakukan secara manual sehingga ukuran pada setiap *hollow block* berbeda-beda menjadi berkurang atau bertambah, tetapi ukuran lebar dan tinggi masih termasuk ukuran yang ditoleransi.

**Daya Serap Air Hollow Block**



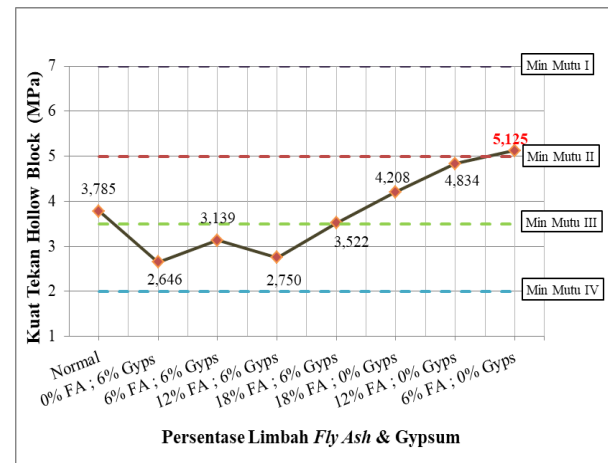
**Gambar 1.** Grafik hasil pengujian daya serap air rata-rata *hollow block*

Pada **Gambar 1** grafik tersebut, nilai daya serap air pada *hollow block* persentase 12% Limbah Fly Ash ; 0% Gypsum nilai daya serap air sebesar 6,869% merupakan nilai daya serap air terkecil dari seluruh persentase. Sedangkan persentase 18% Limbah Fly Ash ; 6% Gypsum dengan nilai daya serap air sebesar 11,290% dan nilai tersebut menjadi nilai daya serap air tertinggi dibandingkan dengan persentase yang lainnya, tetapi nilai daya serap air tersebut termasuk ke dalam tingkat mutu yang bagus yaitu mutu kelas I. Sehingga bisa disimpulkan bahwa nilai daya serap air dari setiap persentase masih termasuk ke dalam persyaratan SNI 03-0349-1989.

kenaikan penyerapan air tersebut terjadi akibat kandungan pada gypsum terdapat senyawa CaO yang

dapat mempengaruhi penyerapan air pada *hollow block*. Jumlah gypsum yang lebih tinggi akan membuat penyerapan air pada *hollow block* semakin bertambah, dikarenakan sifat gypsum yang mudah menyerap air dan kandungan kalsium pada *hollow block* yang terikat masih besar kemungkinan mengikat air di dalam *hollow block*. Nilai daya serap air di setiap persentase juga dipengaruhi oleh substitusi agregat halus (pasir) dan substitusi semen, karena akan membentuk pori-pori yang bervariasi (Rochmanto dalam Rifai, 2022). Bervariasi nya agregat halus akan mengisi pori-pori kecil sehingga massa beton menjadi padat, sedangkan agregat yang seragam menyediakan pori-pori. Semakin meningkatnya jumlah limbah fly ash juga bisa meningkatkan tingginya nilai daya serap air (Mulyono, 2004). Kemampuan fly ash dalam menyerap air didasarkan pada partikel amorf yang terkandung dalam fly ash lebih banyak daripada semen, dimana partikel semen didominasi oleh kristal. Partikel amorf dapat menyerap air saat proses absorpsi berlangsung karena memiliki bentuk yang tidak teratur, fly ash dikenal sebagai bahan pozzolan, yaitu bahan yang kaya silika dan alumina, yang mana serbuk tersebut jika terkena air maka bahan tersebut bereaksi secara kimia dengan Ca(OH)<sub>2</sub> akan membentuk senyawa yang mempunyai sifat semen (Rommel dkk, 2014).

**Kuat Tekan Hollow Block**



**Gambar 2.** Grafik hasil pengujian kuat tekan rata-rata *hollow block*

Pada **Gambar 2** saat persentase 6% FA ; 0% Gyps nilai kuat tekan *hollow block* sebesar 5,125 MPa, persentase ini menjadikan nilai kuat tekan *hollow block* tertinggi dibandingkan dengan persentase yang lainnya dan masuk kategori tingkat mutu kelas II sesuai rencana kuat tekan pada penelitian ini.

Grafik pada **Gambar 2** dapat ditarik kesimpulan, jika *hollow block* mengandung persentase limbah fly ash yang semakin kecil maka nilai kuat tekan akan mengalami kenaikan, tetapi jika *hollow block* mengandung limbah gypsum ditambah dengan persentase limbah fly ash yang semakin kecil maka nilai kuat tekan akan semakin turun. Terjadinya penurunan nilai kuat tekan akibat pada saat limbah fly ash menjadi substitusi semen yang semakin banyak

akan mengurangi kandungan CaO pada semen. Senyawa CaO yang terdapat pada semen merupakan senyawa yang dapat meningkatkan nilai kuat tekan pada beton. Sehingga banyaknya persentase limbah *fly ash* pada *hollow block* akan membuat nilai kuat tekan menurun. Kandungan limbah gypsum sebagai substitusi agregat halus pada *hollow block* menyebabkan nilai kuat tekan mengalami penurunan akibat kandungan CaO yang tinggi terhadap pasir membuat penyerapan air pada *hollow block* menjadi lebih tinggi dan mengakibatkan pori-pori *hollow block* menjadi renggang sehingga nilai kuat tekan menjadi rendah (Temuujin dkk, 2009). Proses pencetakan manual *hollow block* juga mempengaruhi nilai kuat tekan yang dihasilkan karena tingkat kepadatan agregat halus (pasir) pada *hollow block* juga mempengaruhi kuat tekan nya.

## KESIMPULAN

*Hollow block* terhadap tampaknya, penggunaan limbah gypsum sebagai bahan substitusi sebagian pasir dan limbah *fly ash* sebagai bahan substitusi sebagian semen pada *hollow block* tidak berpengaruh, karena pemeriksaan cacat dan retak permukaan, pemeriksaan rusuk siku, dan pemeriksaan sudut tidak mudah dirapikan saat diuji pemeriksaannya terlihat baik pada *hollow block*. Pada pengujian ukuran *hollow block*, dari delapan variasi persentase ukuran rata-rata panjang dan tinggi *hollow block* terdapat pengurangan ukuran, sedangkan untuk ukuran rata-rata lebar *hollow block* terdapat penambahan sedikit ukuran. Adanya pengurangan ukuran *hollow block* disebabkan oleh proses pemadatan saat pencetakan manual *hollow block*, sedangkan untuk penambahan ukuran disebabkan oleh cetakan *hollow block* yang dipakai sedikit longgar karena faktor umur cetakan *hollow block*, tetapi ukuran lebar dan tinggi masih termasuk ukuran yang ditoleransi.

*Hollow block* terhadap daya serap air, penggunaan limbah gypsum sebagai bahan substitusi sebagian pasir dan limbah *fly ash* sebagai bahan substitusi sebagian semen pada *hollow block* sangat berpengaruh. Daya serap air untuk persentase *hollow block* normal yaitu 10,095%, persentase 0% limbah FA; 6% Gyps yaitu 8,085%, persentase 6% limbah FA; 0% Gyps yaitu 7,755%, persentase 6% limbah FA; 6% Gyps yaitu 9,906%, persentase 12% Limbah FA; 0% Gyps yaitu 6,869%, persentase 12% Limbah FA; 6% Gyps yaitu 9,071%, persentase 18% Limbah FA; 0% Gyps yaitu 9,177%, dan persentase 18% Limbah FA; 6% Gypsum yaitu 11,290%. Setiap persentase daya serap air pada *hollow block* tergolong tingkat mutu kelas I dengan maksimum nilai daya serap air sebesar 25% sesuai SNI 03-0349-1989.

*Hollow block* terhadap kuat tekan, penggunaan limbah gypsum sebagai bahan substitusi sebagian pasir dan limbah *fly ash* sebagai bahan substitusi sebagian semen pada *hollow block* sangat berpengaruh. Hasil pengujian kuat tekan *hollow block* menggunakan limbah gypsum sebagai bahan substitusi sebagian pasir

dan limbah *fly ash* sebagai bahan substitusi sebagian semen dengan *hollow block* normal yaitu 3,785 MPa, persentase 0% Limbah FA; 6% Gyps yaitu 2,646 MPa, persentase 6% Limbah FA; 0% Gyps yaitu 5,125 MPa, persentase 6% Limbah FA; 6% Gyps yaitu 3,319 MPa, persentase 12% Limbah FA; 0% Gyps yaitu 4,384 MPa, persentase 12% Limbah FA; 6% Gyps yaitu 2,750 MPa, persentase 18% Limbah FA; 0% Gyps yaitu 4,208 MPa, persentase 18% Limbah FA; 6% Gyps yaitu 3,522 MPa. Pada pengujian kuat tekan *hollow block* yang telah dilakukan dengan hasil kuat tekan rata-rata untuk setiap persentase, masuk kategori tingkat mutu kelas IV, tingkat mutu kelas III, dan tingkat mutu kelas II sesuai SNI 03-0349-1989.

Variasi persentase penggunaan limbah gypsum dan *fly ash* terhadap *hollow block* untuk mendapatkan nilai kuat tekan rencana yaitu mutu kelas II sesuai SNI 03-0349-1989 adalah dengan variasi persentase limbah gypsum 0% dan limbah *fly ash* 6% didapatkan nilai kuat tekan sebesar 5,125 MPa, sedangkan untuk nilai daya serap airnya yaitu sebesar 7,755% dan termasuk kategori mutu kelas I untuk penyerapan air pada *hollow block*.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penelitian ini, bisa menggunakan cetakan *hollow block* mesin press agar bisa mengetahui perbedaan antara cetakan dan agar bisa mendapatkan kuat tekan mutu kelas I sesuai SNI 03-0349-1989.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Endang Setyawati Hisyam, S.T., M.Eng. (Dosen Pembimbing)
2. Yayuk Apriyanti, S.T., M.T. (Dosen Pembimbing)
3. Keluarga, terutama kedua orang tua
4. Teman-teman angkatan 2018

## REFERENSI

### 1. Referensi Jurnal:

- Hidayah, A., & Hartantyo, S.D. 2021. *Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Gypsum sebagai Bahan Pengganti Filler Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course*. Jurnal Profil Vol 4 Nomor 3 Agustus 2021. Fakultas Teknik. Universitas Islam Lamongan. Lamongan.
- Munir, M. 2008. *Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) Untuk Hollow Block Yang Bermutu Dan Aman Bagi Lingkungan*. Tesis, Jurusan Ilmu Lingkungan FT Universitas Diponegoro. Semarang.
- Mulyono & Wijaya, Y.S. 2020. *Pengaruh Limbah Gypsum Pada Kuat Tekan Beton*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil FT Universitas Semarang. Semarang.
- Maharani, R.P., dkk. 2022. *Pengaruh Variasi Penambahan Fly Ash Batu Bara Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Bata Ringan*. Jurnal Profil Vol 3 Nomor 2 September 2022. Fakultas Teknik. Universitas Muara Bungo. Jambi.

- Rifai, A.S. 2022. Pemanfaatan Limbah Flue Gas Desulfurization Gypsum sebagai Substitusi Parsial Semen untuk Pembuatan Batako. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil FT Universitas Bangka Belitung, Bangka.
- Rommel, E., Kurniawati, D., Pradibta, A.P. 2014. *Perbaikan Sifat Fisik Dan Reaktifitas Fly Ash Sebagai Cementitious Pada Beton*. Jurnal UMM, Nomor 2 Volume 12 Halaman 111-118.
- Temuujin, J., Riessen, A. Van, & Williams, R. 2009. *Influence of Calcium Compounds on the Mechanical Properties of Fly Ash Geopolymer Pastes*. Journal of Hazardous Materials 167. Halaman 82-88.
- 2. Referensi Buku:**
- Frick, H., & Koesmartadi, C. 1999. *Ilmu Bahan Bangunan : Eksploitasi, Pembuatan, Penggunaan dan Pembuangan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Andi. Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton (Edisi Pertama)*. Biro Penerbit KMTS FT UGM. Yogyakarta.
- SNI 03-0349-1989. 1989. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-2530-1991. 1991. *Metode Pengujian Kehalusan Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-1970-2008. 2008. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-1973-2008. 2008. *Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-1971-2011. 2011. *Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI ASTM C136. 2012. *Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.