

## PENGARUH *BOTTOM ASH* SEBAGAI PENGGANTI PASIR DAN LIMBAH KARBIT SEBAGAI BAHAN TAMBAH SEMEN TERHADAP BERAT JENIS, KUAT TEKAN, DAN ABSORPSI BATAKO

Nur Ali<sup>1</sup>, Rofikatul Karimah<sup>2</sup>, H. E. Meiyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik – Universitas Muhammadiyah Malang  
Alamat korespondensi : Jalan Raya Tlogomas 246 Malang 65144

### *Abstract*

*Basically concrete brick is formed from cement, sand and water, than a breakthrough made in manufacturing of concrete brick with the utilization of wastes which have no economic value are also widely available in the environment than is waste of bottom ash an carbide. In this research, a normal concrete brick consist of cement, sand, and water which given variation of carbide waste ranging from 10%, 20%, and 30%, afterwards a replacement of sand by bottom ash is made with a given variation of carbide waste 10%, 20%, and 30%. Result of the research that applying sand as subtle aggregate and waste of carbide as additional material for cement gets the best result on the variation of carbide waste 30% with strength of compression 69,10 MPa and 3,58% absorption capacity, it is better rather than normal concrete brick on the variation of carbide waste 0% with compressive strength of 48,74 MPa and 5,49 absorption capacity. After wards, by doing replacement of sand with bottom ash as subtle aggregate and added waste carbide as its variations is obtained the best results in the variation of carbide waste 30% with compressive strength 52,37 MPa and 6,92 of absorption capacity better rather than 0% of variation carbide waste with strength of compression 19,64 MPa and 12,01 of absorption capacity.*

**Keyword:** Concrete Brick, bottom ash, waste carbide.

### Abstrak

Pada dasarnya batako terbentuk dari semen, pasir dan air, dari terobosan yang dibuat dalam pembuatan batako dengan pemanfaatan limbah yang tidak memiliki nilai ekonomis juga banyak tersedia di lingkungan daripada buang-buang bottom ash sebuah karbida. Dalam penelitian ini, batu batako normal terdiri dari semen, pasir, dan air yang diberikan variasi limbah karbida berkisar antara 10%, 20%, dan 30%, kemudian pengganti pasir oleh bottom ash dibuat dengan variasi tertentu karbida buang 10%, 20%, dan 30%. Hasil penelitian yang menerapkan pasir sebagai agregat halus dan limbah karbit sebagai bahan tambahan untuk semen mendapat hasil terbaik pada variasi limbah karbida 30% dengan kekuatan kompresi 69,10 MPa dan kapasitas penyerapan 3,58%, lebih baik daripada bata beton normal pada variasi limbah karbida 0% dengan kuat tekan 48,74 MPa dan kapasitas penyerapan 5,49. Setelah bangsal, dengan melakukan penggantian pasir dengan bottom ash sebagai agregat halus dan limbah ditambahkan carbide as variasinya diperoleh hasil terbaik pada variasi limbah karbida 30% dengan kuat tekan 52,37 MPa dan 6,92 dari kapasitas penyerapan yang lebih baik daripada 0% variasi limbah karbida dengan kekuatan compression 19,64 MPa dan 12,01 kapasitas penyerapan.

**Kata Kunci:** Batako, abu batu, limbah karbit.

### PENDAHULUAN

Seiring pesatnya perkembangan dalam bidang hal konstruksi, penelitian untuk mendapatkan bahan bangunan yang lebih kuat dan baik terus dilakukan. Serta Mengingat perkembangan saat ini, harga material cenderung mengalami kenaikan, maka dari itu dilakukan terobosan dalam pembuatan batako dengan pemanfaatan limbah-limbah yang tidak memiliki nilai ekonomis juga banyak tersedia di

lingkungan, dalam hal ini adalah *bottom ash* dan limbah karbit.

*Bottom ash* adalah limbah pembakaran batu bara, sedangkan limbah karbit adalah limbah padat yang berasal dari proses pembuatan gas asetilen atau sisa-sisa dari proses pengelasan dengan las karbit, namun hingga saat ini limbah karbit belum di manfaatkan secara optimal.

Pada penelitian ini *bottom ash* akan di aplikasikan sebagai pengganti pasir, dan limbah karbit sebagai bahan tambah semen pada pembuatan benda uji batako. Diharapkan nantinya batako dengan bahan tambah berupa limbah karbit dan abu dasar *bottom ash* sebagai pengganti pasir dapat digunakan di kalangan umum serta tidak mengganggu lingkungan hidup disekitarnya.

### Batako

Batako merupakan bahan bangunan yang berupa bata cetak alternatif pengganti batu bata yang tersusun dari komposisi antara pasir, semen (*Portland*) dan air dengan perbandingan 1 semen : 4 pasir. Batako difokuskan sebagai konstruksi-konstruksi dinding bangunan nonstruktural. Supriyadi (1986: 5) mengatakan bahwa batako adalah “semacam batu cetak yang terbuat dari campuran tras, kapur, dan air atau dapat dibuat dengan campuran semen, kapur, pasir dan ditambah air yang dalam keadaan rekat (*pollen*) dicetak menjadi balok-balok dengan ukuran tertentu”. Batako yang baik adalah yang masing-masing permukaannya rata dan saling tegak lurus serta mempunyai kuat tekan yang tinggi. Persyaratan batako menurut PUBI 1982 pasal 6 antara lain adalah “permukaan batako harus mulus, berumur minimal satu bulan, pada waktu pemasangan harus sudah kering, berukuran panjang 400 mm, lebar 200 mm dan tebal 100-200 mm, kadar air 25-35 % dari berat, dengan kuat tekan antara 2-7 N/mm<sup>2</sup>”.

### Bahan – Bahan Penyusun Batako

Bahan-bahan penyusun beton ringan non-ringan diklasifikasikan sebagai berikut:

- Semen

Semen adalah suatu bahan yang mempunyai sifat adhesi dan kohesi yang memungkinkan melekatnya bahan-bahan menjadi suatu masa yang padat dan mengisi rongga-rongga diantara butiran-butiran agregat. Walaupun semen hanya mengisi lebih kurang 10% dari volume mortar (*Tjokrodimulyo, 1992*).

Semen dibuat dengan melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesif maupun kohesif. Semen diperoleh dengan

membakar secara bersamaan, suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung kalsium karbonat atau batu gamping) dan *argillaceous* (yang mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu. Secara mudahnya, kandungan semen portland ialah: kapur, silika dan alumina.

- Pasir

Pasir adalah bahan bangunan yang banyak dipergunakan dari struktur paling bawah hingga paling atas dalam bangunan. Baik sebagai pasir urug, adukan hingga campuran batako. Menurut standar nasional Indonesia (SK SNI – S – 04 – 1989 – F : 28) disebutkan mengenai persyaratan pasir atau agregat halus yang baik.

- Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting karena diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan mudah dipadatkan. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antar butiran agregat, agar dapat dengan mudah dikerjakan dan dipadatkan, air yang diperlukan sekitar 30% dari berat semen. FAS tidak kurang dari 0,35. kelebihan air ini yang dipakai sebagai pelumas. Air yang memenuhi persyaratan air minum memenuhi syarat pula untuk campuran beton, tetapi tidak berarti air campuran beton harus memenuhi syarat-syarat air minum.

- *Bottom ash*

*Bottom ash* adalah bahan buangan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada (*fly ash*). Oleh sebab itu *bottom ash* akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (*boiler*) dan terkumpul pada penampung debu (*ash hopper*) lalu dikeluarkan dari tungku dengan cara di semprot dengan air untuk kemudian dibuang atau dipakai untuk keperluan tertentu (Coal Bottom Ash / Boiler Slag-Material Description, 2000)

- Limbah Karbit

Limbah karbit adalah sisa dari reaksi karbit terhadap air yang menghasilkan gas asetilin. di golongkan dalam jenis kapur padam.

Menurut Kirk dan Othmer yang dikutip P. Sumardi (1991 : 38) menyatakan bahwa karbit yang

diperdagangkan bukan senyawa murni tetapi merupakan campuran yang terdiri dari  $CaC_2$  kelebihan  $CaO$  dan sedikit zat pengotor. Kalsium karbit yang merupakan hasil sampingan pembuatan gas acetelin adalah berupa padatan berwarna putih kehitaman atau keabu-abuan dengan berat jenis sebesar 2.22. Awal dihasilkannya limbah karbit berupa *koloid* (semi cair) karena gas ini mengandung gas dan air. Setelah 3-7 hari, gas yang terkandung menguap perlahan seiring dengan penguapan gas dan air kapur limbah karbit mulai mengering, berubah menjadi gumpalan-gumpalan yang rapuh dan mudah di hancurkan serta dapat menjadi serbuk.

### Berat Jenis Batako

Mengacu pada SK SNI 03-1969-1990 tentang pengujian berat jenis. Prosedur pengujian meliputi tahapan sebagai berikut: keringkan dalam oven, kemudian dinginkan. Timbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk), timbang benda uji dalam air (Ba). Kemudian hitung dengan rumus:

$$B_j = \frac{B_k}{(B_k - B_a)}$$

Dimana :

$B_j$  = Berat jenis

$B_k$  = Berat benda uji kering oven

$B_a$  = Berat benda uji dalam air  
Kuat Tekan

Mengacu pada pada SK SNI M-14-1989-F tentang pengujian kuat tekan beton. Yang dimaksud kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu dihasilkan oleh mesin tekan. (Dinas Pekerjaan Umum, 1989: 4).

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Dimana :

$f'c$  = kuat tekan beton ( $kg/cm^2$ )

$P$  = beban maksimum yang mengakibatkan silinder hancur (kg)

$A$  = luas penampang tertekan benda uji ( $cm^2$ )

### Absorpsi

Absorpsi dihitung dengan berdasarkan SNI 03-6433-2000 sebagaimana terlihat dalam rumus dibawah ini :

$$\% \text{ absorpsi} = \left( \frac{B - A}{A} \right) \times 100\%$$

Dimana :

$B$  = Berat sampel basah

$A$  = Berat sampel kering

## METODE PENELITIAN

### Rancangan Penelitian

Pelaksanaan prapenelitian yang meliputi pemeriksaan serta pengujian bahan, perawatan dan pengujian batako dilakukan di Laboratorium Teknologi Beton Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Muhammadiyah Malang, J.L. Raya Tlogomas km. 8 Malang. Untuk pembuatan batakonya sendiri dilakukan di home industri yang ada di Desa Bocek Karang plosa – Malang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pemeriksaan Bahan

#### Semen

Pemeriksaan semen meliputi: pemeriksaan berat jenis. Dari hasil pengujian berat jenis semen di atas berat jenis semen rata-rata  $3.15 \text{ gram/cm}^3$  berarti telah memenuhi syarat berat jenis semen yaitu sekitar  $3,15 - 3.17 \text{ gram/cm}^3$ , dapat ditarik kesimpulan bahwa semen Portland type I produksi PT. Semen Gresik dinyatakan layak digunakan sebagai bahan pengikat campuran batako.

#### Pasir

Dari semua hasil pemeriksaan material agregat halus meliputi lolos saringan No. 200, analisa saringan, berat jenis, dan absorpsi dapat dikatakan bahwa pasir alam ini memenuhi syarat sebagai bahan campuran batako.

#### Bottom ash

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa uji pemeriksaan yaitu pemeriksaan gradasi agregat, berat jenis, dan penyerapan agregat.

**Limbah karbit**

Dalam penelitian ini semen dilakukan beberapa uji pemeriksaan antara lain kehalusan, berat jenis, dan setting time.

Dari semua hasil limbah karbit diharapkan dalam pencampurannya dapat bersifat homogen dan dapat meningkatkan mutu batako.

**Perencanaan Campuran Batako**

Setelah hasil pengujian bahan telah diketahui, selanjutnya dilakukan perencanaan campuran batako, dari hasil campuran batako didapat volume campuran 1 benda uji kubus.

Tabel 1. Properti Benda Uji

No	Variasi Bahan Tambah Semen Limbah Karbit	Perbandingan Campuran			Jumlah Benda Uji	Kode Benda Uji
		Pc	Pasir	Bottom ash		
1	0%	1	8		3	A01, A02, A03
2	10%	1	8		3	A11, A12, A13
3	20%	1	8		3	A21, A22, A23
4	30%	1	8		3	A31, A32, A33
5	0%	1		8	3	B01, B02, B03
6	10%	1		8	3	B11, B12, B13
7	20%	1		8	3	B21, B22, B33
8	30%	1		8	3	B31, B32, B33
Jumlah Benda Uji					24	

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan bottom ash

Jenis pemeriksaan pada Bottom ash	Hasil Pengujian
Bahan lewat saringan No. 200	8,7%
Analisa Saringan	FM = 1,7
Berat Jenis	1,25 gr/cm <sup>3</sup>
Absorbsi	2,8 %

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Limbah karbit

Jenis pemeriksaan pada limbah karbit	Hasil Pengujian
Berat Jenis	2,27 gr/cm <sup>3</sup>
Kehalusan	2,50 %

Tabel 4. Perencanaan campuran Batako

Kebutuhan Pasir (kg)	Kebutuhan bottom ash (kg)	Kebutuhan Semen (kg)	Kebutuhan Limbah Karbit (kg)
10,99	-	1,73	-
10,99	-	1,73	0,125
10,99	-	1,73	0,250
10,99	-	1,73	0,375
-	5,51	1,73	-
-	5,51	1,73	0,125
-	5,51	1,73	0,250
-	5,51	1,73	0,375

**Hasil Pengujian dan Perhitungan Batako Berat Jenis Batako**

Hasil uji kuat tekan batako di dapat hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Berat jenis batako

No	Agregat Halus	Kode Benda Uji	Variasi LK (%)	(Bk) (Kg)	(Ba) (Kg)	Bk -Ba (Kg)	(Bj) (Kg)	(Bj) rata - rata (Kg)
1		A01	0%	11.35	5.95	5.4	2.10	

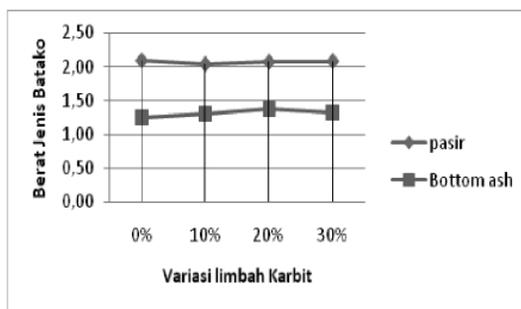
2		A02	0%	11.5	6.05	5.45	2.11	2.09
3		A03	0%	11.05	5.7	5.35	2.07	
4	P	A11	10%	11.1	5.7	5.4	2.06	
5	A	A12	10%	11.05	5.7	5.35	2.07	2.04
6	S	A13	10%	10.85	5.45	5.4	2.01	
7	I	A21	20%	10.7	5.35	5.35	2.00	
8	R	A22	20%	11.35	5.95	5.4	2.10	2.07
9		A23	20%	11.55	6.1	5.45	2.12	
10		A31	30%	11.15	5.8	5.35	2.08	
11		A32	30%	11.2	5.85	5.35	2.09	2.08
12		A33	30%	11.2	5.8	5.4	2.07	
13		B01	0%	5.75	1.15	4.6	1.25	
14	B	B02	0%	5.8	1.2	4.6	1.26	1.25
15	O	B03	0%	5.1	0.95	4.15	1.23	
16	T	B11	10%	6.7	1.75	4.95	1.35	
17	T	B12	10%	6.3	1.45	4.85	1.30	1.31
18	O	B13	10%	6.15	1.3	4.85	1.27	
19	M	B21	20%	6.95	1.8	5.15	1.35	
20		B22	20%	7.65	2.45	5.2	1.47	1.38
21	A	B23	20%	6.65	1.6	5.05	1.32	
22	S	B31	30%	7.3	2.05	5.25	1.39	
23	H	B32	30%	6.25	1.35	4.9	1.28	1.33
24		B33	30%	6.7	1.6	5.1	1.31	

Sumber : Hasil Penelitian

Rumus Berat jenis :

$$B_j = \frac{B_k}{(B_k - B_\alpha)}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 1. Grafik hubungan antara berat jenis batako dengan variasi limbah karbit

Dari hasil pengujian berat jenis dapat di ketahui batako dengan menggunakan pasir sebagai agregat halusnya memiliki berat jenis 2,04 kg/cm<sup>3</sup> *bottom ash* pada variasi limbah karbit 10% sedangkan batako yang menggunakan sebagai agregat halunya memiliki berat jenis yang lebih ringan 1,25 kg/cm<sup>3</sup> pada variasi limbah karbit 0%. Pada pengujian ini pengaruh penambahan variasi limbah karbit terlihat tidak terlalu besar terhadap berat jenis batako.

### Kuat Tekan Batako

Hasil uji kuat tekan batako di dapat hasil sebagai berikut:

Tabel 6. Uji kuat tekan batako

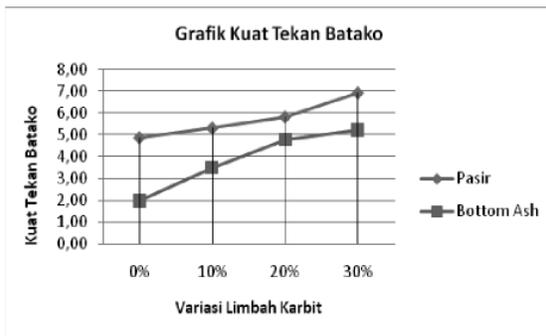
No	Agregat Halus	Kode Benda Uji	Variasi Penggantian LK (%)	Beban Max (KN)	Beban Max (N)	A (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan * (N/mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Ratarata (N/mm <sup>2</sup> )
1		A01	0%	136.364	136363.64	26037.5	5.24	
2		A02	0%	113.636	113636.36	26037.5	4.36	4.87
3		A03	0%	130.682	130681.82	26037.5	5.02	

4	P	A11	10%	142.045	142045.45	26037.5	5.46	
5	A	A12	10%	142.045	142045.45	26037.5	5.46	5.31
6	S	A13	10%	130.682	130681.82	26037.5	5.02	
7	I	A21	20%	159.091	159090.91	26037.5	6.11	
8	R	A22	20%	136.364	136363.64	26037.5	5.24	5.82
9		A23	20%	159.091	159090.91	26037.5	6.11	
10		A31	30%	181.818	181818.18	26037.5	6.98	
11		A32	30%	176.136	176136.36	26037.5	6.76	6.91
12		A33	30%	181.818	181818.18	26037.5	6.98	
13		B01	0%	56.818	56818.182	26037.5	2.18	
14	B	B02	0%	45.455	45454.545	26037.5	1.75	1.96
15	O	B03	0%	51.136	51136.364	26037.5	1.96	
16	T	B11	10%	102.273	102272.73	26037.5	3.93	
17	T	B12	10%	79.545	79545.455	26037.5	3.06	3.49
18	O	B13	10%	90.909	90909.091	26037.5	3.49	
19	M	B21	20%	130.682	130681.82	26037.5	5.02	
20		B22	20%	125.000	125000	26037.5	4.80	4.80
21	A	B23	20%	119.318	119318.18	26037.5	4.58	
22	S	B31	30%	142.045	142045.45	26037.5	5.46	
23	H	B32	30%	130.682	130681.82	26037.5	5.02	5.24
24		B33	30%	136.364	136363.64	26037.5	5.24	

Sumber : Hasil Penelitian

\* Rumus Kuat Tekan :  $f'c = \frac{P}{A}$

Dari hasil perhitungan didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik hubungan antara kuat tekan batako dengan variasi limbah karbit

Dari hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan dapat disimpulkan dengan semakin besarnya persentase agregat limbah karbit pada campuran batako maka kuat tekannya semakin bertambah. Kuat tekan tertinggi terjadi pada variasi 30% yaitu sebesar 69,10 MPa batako dengan menggunakan pasir sebagai agregat halus sedangkan batako yang menggunakan *bottom ash* kuat tekan terbaik terjadi pada variasi limbah karbit 30% yaitu sebesar 52,37 MPa.

**Absorpsi Batako**

Hasil absorpsi batako didapat seperti berikut:

Tabel 7. Uji absorpsi batako

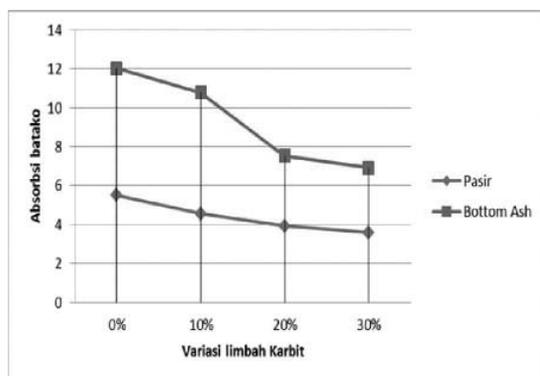
No	Agregat Halus	Kode Benda Uji	Persentase Variasi Limbah Karbit	Berat Kering	Berat Kering	Absorpsi (%)	Absorpsi rata-rata (%)
				Permukaan (kg)	Oven (kg)		
1		A01	0%	11.85	11.35	4.41	
2		A02	0%	11.9	11.5	3.48	5.49
3		A03	0%	12	11.05	8.60	
4	P	A11	10%	11.7	11.1	5.41	
5	A	A12	10%	11.5	11.05	4.07	4.54
6	S	A13	10%	11.3	10.85	4.15	
7	I	A21	20%	11.35	10.7	6.07	
8	R	A22	20%	11.65	11.35	2.64	3.92
9		A23	20%	11.9	11.55	3.03	
10		A31	30%	11.65	11.15	4.48	
11		A32	30%	11.7	11.2	4.46	3.58
12		A33	30%	11.4	11.2	1.79	
13		B01	0%	6.65	5.75	15.65	

14	B	B02	0%	6.3	5.8	8.62	12.01
15	O	B03	0%	5.7	5.1	11.76	
16	T	B11	10%	7.3	6.7	8.96	
17	T	B12	10%	6.8	6.3	7.94	10.78
18	O	B13	10%	7.1	6.15	15.45	
19	M	B21	20%	7.45	6.95	7.19	
20		B22	20%	8.25	7.65	7.84	7.52
21	A	B23	20%	7.15	6.65	7.52	
22	S	B31	30%	7.8	7.3	6.85	
23	H	B32	30%	6.7	6.25	7.20	6.92
24		B33	30%	7.15	6.7	6.72	

Sumber : Hasil Penelitian

Rumus absorpsi :  $\% \text{ absorpsi} = \left(\frac{B-A}{A}\right) \times 100\%$

Dari hasil perhitungan didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik hubungan antara absorpsi batako dengan variasi limbah karbit

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Berat jenis batako dengan menggunakan pasir sebagai agregat halus memiliki berat jenis 2.9 kg pada variasi limbah karbit 0% sedangkan batako yang menggunakan *bottom ash* sebagai agregat halunya memiliki berat jenis yang lebih ringan 1.25 kg pada variasi limbah karbit 0%.
- Batako normal dengan agregat halus menggunakan pasir memiliki kuat tekan 4.87 MPa kemudian diberikan variasi limbah karbit sebagai bahan tambah semen sebesar 10%, 20%, dan 30% maka didapat kuat tekan maksimal pada variasi 30% dengan kuat tekan 6.91 MPa. Kemudian agregat halus di ganti dengan *bottom ash* dengan variasi limbah

karbit 0% didapat kuat tekan 1.96 MPa, diberikan variasi limbah karbit 10%, 20%, dan 30% maka di dapat kuat tekan maksimal pada variasi limbah karbit 30% sebesar 5.23 MPa.

- Batako normal dengan agregat halus menggunakan pasir memiliki absorpsi 5,49% kemudian diberikan variasi limbah karbit sebagai bahan tambah semen sebesar 10%, 20%, dan 30% maka didapat absorpsi lebih kecil pada variasi 30% yaitu 3,58%. Kemudian agregat halus di ganti dengan *bottom ash* dengan variasi limbah karbit 0% didapat absorpsi 12,01%, diberikan variasi limbah karbit 10%, 20%, dan 30% maka di dapat absorpsi lebih kecil pada variasi limbah karbit 30% sebesar 6,92%.

### Saran

Untuk rekomendasi bagi penelitian selanjutnya, diberikan saran-saran sebagai berikut :

- Disarankan untuk mengadakan penelitian kembali dengan variasi ukuran butir pada agregat limbah batu bara *bottom ash*, untuk mengetahui ukuran butir yang dapat menghasilkan kekuatan batako yang optimum.
- Disarankan untuk mengadakan penelitian kembali dengan melakukan penggantian agregat halus pasir dengan limbah batu bara (*bottom ash*) untuk menghasilkan kekuatan batako yang optimum.
- Disarankan untuk mengadakan penelitian kembali dengan melakukan penambahan persentase variasi limbah karbit sehingga dapat menghasilkan kekuatan batako yang optimum.
- Dalam penelitian pada waktu pelaksanaan pembuatan batako, material dan alat-alat yang digunakan harus diupayakan dalam keadaan

SSD karena untuk mengatasi jumlah faktor air semen (FAS) yang benar-benar dibutuhkan oleh agregat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2010, "*Buku petunjuk praktikum Teknologi Beton*", Universitas Muhammadiyah Malang
- Asrori Mokh Rozaq, "*Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Pt. Samator Gas Industri Terhadap Besarnya Kuat Tekan Bebas (Qu) Pada Tanah Lempung Ekspansif*". Surabaya, Universitas Negeri Surabaya: Tidak diterbitkan
- Harvey, Ghafoori, 1998, *Coal Bottom Ash/Boiler Slag-Asphalt Concrete*, Jakarta
- Hendratmo Muji Utomo, 2010, "*Analisis Kuat Tekan Batako Dengan Limbah Karbit Sebagai Bahan Tambah*". Yogyakarta, Universitas Negeri Yogyakarta: Tidak diterbitkan
- Hermanus Patrick Adolf Yohanes, Lapu Andrias Sanda, 2001, "*Perilaku Penggunaan Bottom Ash Pada Campuran Aspal Beton*", Surabaya, Universitas Kristen Petra : Tidak diterbitkan
- Mulyono, T, 2003, "*Teknologi Beton*", Universitas Negeri Jakarta. Jakarta. 2003
- Suhilman Alex Budiarto, Santoso Christiano Budi, 2007, "*Pengaruh Limbah Karbit dan Fly Ash Terhadap Kekuatan Mortar*", Surabaya, Universitas Keristen Petra: Tidak diterbitkan
- Tjokrodinuljo Kardiyono, 1992, "*Kekuatan Pasta Semen dan Faktor Air Semen*", Yogyakarta Universitas Gajah Mada
- Tjokrodinuljo Kardiyono, 1996, "*Teknologi Beton*", Yogyakarta, Naviri