

## PENGARUH PENGGUNAAN ABU SERBUK KAYU TERHADAP KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR PADA PAVING BLOCK

Lis Ayu Widari<sup>1)</sup>, Fasdarsyah<sup>2)</sup> Iva Debrina<sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh

Email: lisayuwidari@gmail.com

### Abstrak

*Paving block* terdiri dari campuran semen, air dan agregat halus. Ketika semen dicampur dengan air maka proses hidrasi semen menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH), panas dan kalsium hidroksida ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Unsur  $\text{Ca(OH)}_2$  bersifat basa kuat sehingga menurunkan kuat tekan *paving block*. Unsur tersebut dapat direaksikan kembali dengan *pozzoland* untuk menghasilkan unsur CSH kembali. Namun dengan biaya yang relatif mahal, timbul inovasi baru untuk mengolah limbah yang memiliki unsur yang sama dengan *pozzolan* yaitu silika seperti limbah serbuk kayu. Limbah serbuk kayu merbau diolah dengan dibakar menggunakan *furnace* suhu  $800^\circ\text{C}$ . Abu yang dihasilkan diayak dengan menggunakan saringan no 200. Benda uji dicetak menggunakan mesin press vibrasi dengan variasi penambahan 10%, 15%, 20%, dan 25% dan direndam selama 28 hari. Kuat tekan rata-rata yang dihasilkan per variasinya adalah 11,979 Mpa, 13,281 Mpa, 14,792 Mpa dan 13,594 Mpa. Dengan daya serap air 4,345%, 3,529%, 2,555% dan 3,063%. *Paving block* dengan penambahan abu serbuk kayu mengalami penurunan kuat tekan dari *paving block* normal yaitu 17,760 Mpa. *Paving block* tersebut termasuk katagori mutu C, bisa digunakan untuk pejalan kaki. Sehingga perlu dilakukannya penelitian lanjutan untuk variasi penambahan dan jenis kayu lainnya untuk mendapatkan *paving block* dengan mutu yang lebih baik.

Kata Kunci : *abu serbuk kayu, kuat tekan, daya serap air, dan paving block.*

### 1. Pendahuluan

Dengan alasan estetika, banyak pengguna jasa konstruksi memilih *paving block* sebagai alternatif penutup atau peneras permukaan tanah. Pemasangannya yang menyisakan celah, *paving block* mampu meloloskan air sebanyak 30%-50%, sehingga ketersediaan air tanah tetap terjaga. Selain itu *paving block* memiliki banyak variasi baik dari segi bentuk, ukuran, warna, corak, tekstur permukaan, serta kekuatan. Pemasangan *paving block* itu sendiri lebih mudah, cepat dan tidak memerlukan alat-alat khusus baik dalam pemasangan maupun pemeliharannya. Karakteristik kualitas *paving block* yang baik adalah *paving block* yang mempunyai nilai kuat tekan yang tinggi serta daya serap air yang rendah. *Paving block* terbuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis lainnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut.

Semen adalah salah satu bahan utama yang paling berpengaruh dalam penerasan dan pengikatan pada *paving block*. Ketika semen dicampur dengan air maka proses kimia akan berlangsung yang disebut proses hidrasi. Dari reaksi kimia *trikalsium silikat* ( $\text{C}_3\text{S}$ ) dan *dikalsium silikat* ( $\text{C}_2\text{S}$ ) semen dengan air menghasilkan *kalsium silikat hidrat* (CSH), panas, dan *kalsium hidroksida* ( $\text{Ca(OH)}_2$ ).  $\text{Ca(OH)}_2$  yang dihasilkan akan menyebabkan larutan pori beton

bersifat basa kuat dan tidak larut dalam air sehingga dapat menurunkan kuat tekan beton tersebut. Untuk mencegah hal tersebut maka digunakannya pozzolan pada campuran semen portland yang disebut semen portland pozzolan. Pozzolan terdiri dari campuran *silica* yang halus atau *silica* dengan campuran *aluminium* yang memiliki sedikit sifat semen. Pozzolan akan bereaksi dengan *kalsium hidroksida* pada suhu biasa dan membentuk bahan yang memiliki sifat seperti semen, sehingga membuat beton semakin padat dan kuat tekannya bertambah. Namun dengan biaya yang relatif mahal, timbul inovasi baru untuk mengolah limbah-limbah yang memiliki unsur kimia yang sama dengan pozzolan itu sendiri.

Salah satu limbah yang terdapat di Aceh adalah serbuk kayu yang dihasilkan oleh industri-industri kayu yang ada di Aceh. Dimana pemanfaatan limbah ini masih kurang, sehingga limbah serbuk kayu ini sering dibuang atau dibakar begitu saja dan menambah tingkat polusi disekitar kawasan industri. Sedangkan hasil pembakaran dari serbuk kayu tersebut menghasilkan unsur *silica*. Oleh karena itu penelitian ini ingin mencoba mengolah limbah abu serbuk kayu sebagai substitusi semen dengan menggunakan variasi penambahan 10%, 15%, 20% dan 25% untuk melihat pengaruh penggunaan abu serbuk kayu tersebut terhadap kuat tekan dan daya serap air pada *paving block*. Untuk memenuhi kualitas *paving block* yang bagus maka masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan abu serbuk kayu terhadap kuat tekan *paving block* serta seberapa besar daya serap air pada *Paving block* setelah diberi campuran abu serbuk kayu

## 2. Tinjauan Kepustakaan

Bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen Portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, dan agregat atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu (Anonim 3, 1996). *Paving block* adalah segmen-segmen kecil yang terbuat dari beton dengan segi empat atau segi banyak yang dipasang sedemikian rupa sehingga saling mengunci. Menurut Wintoko (2012) keunggulan *paving block* antara lain:

- 1) Daya serap air melalui *paving block* menjaga keseimbangan air tanah untuk menopang betonan/rumah di atasnya.
- 2) Berat *paving block* yang relatif lebih ringan dari betonan atau aspal menjadikan satu penopang utama agar pondasi rumah tetap stabil.
- 3) Serapan air yang baik sekitar rumah atau tempat usaha akan menjamin ketersediaan air tanah untuk bisa dibor atau digunakan untuk keperluan sehari-hari.

Sedangkan kelemahan *paving block* antara lain:

- 1) Mudah bergelombang bila pondasinya tidak kuat dan kurang nyaman untuk kendaraan dengan kecepatan tinggi.
- 2) Sehingga perkerasan *paving block* sangat cocok untuk mengendalikan kecepatan kendaraan di lingkungan permukiman dan perkotaan yang padat

Jenis-jenis *Paving block* menurut Wintoko (2012)

1. *Paving block* press manual/tangan diproduksi menggunakan cetakan paving dengan tenaga press tangan manusia. Mutu beton dari *paving block* jenis ini

tergolong dalam mutu beton kelas D (K 50-100). Pada umumnya *paving block* press manual hanya digunakan untuk pemakaian non struktural, seperti taman, trotoar, halaman rumah dan penggunaan lainnya yang tidak diperlukan untuk menahan beban berat di atasnya.

2. *Paving block* press mesin vibrasi. Pada umumnya *paving block* press mesin vibrasi tergolong sebagai *paving block* dengan mutu beton kelas C-B (K 150-250). *Paving block* jenis ini diproduksi dengan mesin press sistem getar. *Paving block* press mesin vibrasi dapat digunakan sebagai alternatif perkerasan lahan pelataran parkir. Akan tetapi, karena pertimbangan selisih harga yang tidak terlalu jauh berbeda dengan *paving block* jenis press mesin hidrolik (K 300-450) mengakibatkan banyak konsumen lebih tertarik memilih *paving* jenis press hidrolik daripada *paving* jenis press vibrasi.
3. *Paving block* press hidrolik. *Paving* jenis ini diproduksi dengan cara dipress menggunakan mesin press hidrolik dengan kuat tekan diatas  $300 \text{ kg/cm}^2$ . *Paving block* press hidrolik dapat dikategorikan sebagai *paving block* dengan mutu beton kelas B-A (K 300-450). Pemakaian *paving* jenis ini dapat digunakan untuk keperluan non struktural maupun untuk keperluan struktural yang berfungsi untuk menahan beban yang berat yang dilalui di atasnya, seperti areal jalan lingkungan hingga sebagai perkerasan lahan pelataran terminal peti kemas dipelabuhan. (Wintoko, 2012)

*Paving block* memiliki beragam kekuatan dan klasifikasi penggunaan bila diukur dengan standar SNI. Harga *paving block* yang murah tidak selalu dapat diartikan bahwa kualitas dan kekuatan *paving block* tersebut tidak bagus. Untuk lebih jelasnya diperlihatkan pada Tabel 1

**Tabel 1 Kuat Tekan Mutu Paving Block**

Mutu	Kuat Tekan		Ketahanan Aus		Penyerapan Air (Rata-Rata Maks)
	Rata-Rata	Min	Rata-Rata	Min	
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sumber: Anonim 3, 1996

Berdasarkan Anonim 3, klasifikasi *paving block* dibedakan menurut kelas penggunaannya sebagai berikut:

- 1) *Paving block* mutu A : digunakan untuk jalan
- 2) *Paving block* mutu B : digunakan untuk pelataran parkir
- 3) *Paving block* mutu C : digunakan untuk pejalan kaki
- 4) *Paving block* mutu D : digunakan untuk taman dan pengguna lain

Menurut Prayitno (1992), (dikutip Chrismunandar, 2013), Abu tanaman adalah material (umumnya berupa bubuk) yang tersisa setelah pembakaran kayu. Umumnya, 6-10% massa kayu yang dibakar menghasilkan abu. Komposisi abu dipengaruhi oleh jenis kayu yang dibakar. Kondisi pembakaran juga mempengaruhi komposisi abu dan jumlah abu yang tersisa, temperatur yang tinggi akan mengurangi jumlah abu yang dihasilkan.

Residu yang tampak sebagai abu tidak hanya berasal dari dinding sel, melainkan dari bahan-bahan mineral dari kristal yang mengisi rongga sel (Anonim, 1993). Abu didefinisikan sebagai bahan yang tertinggal setelah proses pembakaran kayu secara sempurna. *Selulosa*, *hemiselulosa*, dan *lignin* akan terurai sempurna pada suhu tinggi dan akan menghasilkan karbon yang menjadi unsur abu dalam proses tersebut.

Menurut Sunardi (1976), (dikutip chrismunandar, 2013), Komponen utama abu kayu adalah *kalsium* (Ca), *kalium* (K), *magnesium* (Mg), *silika* (Si). Unsur minor yang sering terdapat dalam abu antara lain *natrium*(Na), *mangan* (Mn), *besi* (Fe), dan *aluminium* (Al). Radikal asam yang umum terdapat dalam dalam abu adalah *karbonat*, *fosfat*, *silikat*, *sulfat* dan *klorida* (Anonim). Kayu mengandung mineral (komponen-komponen anorganik) dalam jumlah kecil, dinyatakan sebagai kadar abu. Dalam batang jarang lebih dari 1 % dari berat kering kayu.

Menurut Wintoko (2012), *paving block* dalam fungsinya akan menerima beban tekan. Oleh karena itu, *paving block* harus mempunyai kekuatan terhadap beban yang cukup. Pengujian kekuatan tekan *paving block* dilakukan dengan memberikan penekanan dalam waktu 1-2 menit. Arah tekan pada contoh benda uji disesuaikan dengan kekuatan beban dalam pemakaian. Kuat tekan *paving block* dihitung dengan rumus:

$$f_c = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (1)$$

di mana:

- $f_c$  = Kuat tekan ( $N/mm^2$ )
- $F$  = Gaya tekan (N)
- $A$  = Luas bidang permukaan ( $mm^2$ )

Menurut Yusnita (2010), Pembuatan *paving block* perlu pengujian penyerapan air (*Water absorption*) untuk mengetahui banyaknya air yang diserap oleh beton direndam pada periode tertentu. Dalam pengujian ini beton yang sudah mengalami aging selama 28 hari ditimbang dengan mendapatkan massa kering dari beton ( $m_k$ ) setelah itu beton direndam selama 24 jam untuk memperoleh massa basah beton ( $m_b$ ). Adapun besarnya penyerapan air dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

di mana:

- $m_b$  = massa basah dari benda uji (gr)
- $m_k$  = massa kering dari benda uji (gr)

## 2 Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur yang dilanjutkan dengan persiapan dan pengadaan material, yaitu : agregat halus, semen portland dan air. Pemeriksaan sifat-sifat fisis dan kandungan bahan organik agregat dilakukan sebelum perencanaan campuran beton (*mix design*). Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui apakah material pembentuk mortar yang baik. Perbandingan

campuran *paving block* yaitu 1 : 3 : 1,068. Pada penelitian ini ditambahkan abu serbuk kayu pada pembuatan *paving block*. Dimana nantinya hasil dari penelitian ini bisa digunakan sebagai acuan untuk melakukan penelitian selanjutnya.

Material yang digunakan adalah semen, agregat halus, air, serta abu serbuk kayu sebagai bahan tambahan. Semen yang digunakan adalah semen Portland tipe 1 dengan merk dagang andalas. Jenis agregat diambil dari sungai Krueng Mane Kecamatan Dewantara Kabupaten Aceh Utara. Sedangkan serbuk kayu diambil dari kilang ketam Rumah Indah Jln. Medan-Banda Aceh Simpang Mesjid Geudong No 2 Kabupaten Aceh Utara.

### 1. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji berdasarkan variasi penambahan abu serbuk kayu. Pada Tabel 2 dibawah ini memperlihatkan variasi dan jumlah benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini

**Tabel 2 Variasi dan Jumlah Benda Uji**

No	Nama Benda Uji	persentase abu serbuk kayu	paving block	Total (Buah)
1	PN.1, PN.2, PN.3	0	3	3
2	PAS1.1, PAS1.2, PAS1.3	10	3	3
3	PAS2.1, PAS2.2, PAS2.3	15	3	3
4	PAS3.1, PAS3.2, PAS3.3	20	3	3
5	PAS4.1, PAS4.2, PAS4.3	25	3	3
<b>Jumlah Total</b>				<b>15</b>

### 2. Prosedur Penelitian

#### 1) Pembakaran Serbuk Kayu

Tahap pembakaran serbuk kayu adalah sebagai berikut:

- a) Serbuk kayu dijemur dan dibersihkan dari tanah atau kotoran lain yang menempel
- b) Serbuk kayu dimasukkan kedalam cawan dan dioven dengan suhu 200°C selama 24 jam sehingga kadar air yang terkandung dalam serbuk kayu hilang.
- c) Setelah serbuk kayu berwarna hitam, serbuk kayu dihaluskan terlebih dahulu dengan menggunakan mesin penghalus.
- d) Serbuk kayu yang sudah halus dimasukkan kedalam wadah yang terbuat dari keramik untuk dibakar ke dalam furnace dengan suhu 800°C selama ±2 jam.
- e) Setelah pembakaran selesai, abu serbuk kayu di dinginkan lalu di ayak menggunakan saringan no 200.

#### 2) Pengadonan dan Pencetakan

Adapun pembuatan benda uji yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a) Menyediakan bahan-bahan campuran *paving block* yaitu semen, pasir, dan air.
- b) Mempersiapkan abu pembakaran serbuk kayu.

- c) Setelah semua bahan disediakan maka dimasukkan bahan pada tempat pengadonan yaitu pasir, dan semen dan diaduk sampai rata dan diberi air pada bagian tengah adonan serta dibiarkan 2 – 5 menit agar campuran saling mengikat.
- d) Kemudian diaduk dan dicampur semua pasta mortar sampai campuran benar-benar homogen.
- e) Setelah campuran benar-benar homogen, adonan dicetak menggunakan mesin press vibrasi untuk dipadatkan melalui getaran yang diberikan.
- f) *Paving block* yang sudah dicetak diberi nomor identitas untuk penandaan setiap variasi benda uji. Kemudian dilakukan perawatan dengan cara mengeringkan paving block 1 hari kemudian direndam selama  $\pm 28$  hari.
- g) Untuk penambahan abu pembakaran serbuk kayu caranya sama dengan pengecoran mortar normal (tanpa abu pembakaran serbuk kayu). Perbedaannya terletak pada penambahan abu pembakaran serbuk kayu bersamaan dengan memasukan semen kedalam tempat pengadonan.

### 3. Pengujian Penyerapan Air (Water Absorbtion)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui banyaknya air yang diserap oleh paving block setelah direndam pada periode tertentu. Uji penyerapan air menggunakan benda uji berbentuk kubus. Penyerapan paving block dilakukan pada saat paving block berumur 28 hari, dengan jumlah benda uji yang akan di uji yaitu 15 buah, yang terdiri dari 3 sampel untuk masing-masing campuran. Adapun prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a) Benda uji dikeluarkan dari bak perendaman dan dilap seluruh permukaan benda uji guna menghindari air yang berlebihan.
- b) Kemudian benda uji ditimbang guna mengambil massa basah (Mb).
- c) Setelah itu benda uji dikeringkan pada oven pada suhu kurang lebih  $105^{\circ}\text{C}$ .
- d) Kemudian benda uji tersebut ditimbang kembali untuk memperoleh massa kering dari benda uji (Mk), selanjutnya benda uji dicatat dan dianalisa
- e) Prosedur ini dilakukan untuk sampel benda uji yang lain.

### 4. Prosedur Pengujian Kuat Tekan (Compressive Strength)

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kuat tekan hancur dari benda uji. Benda uji yang dipakai adalah kubus. Pengujian kuat tekan dilakukan saat paving block berumur 28 hari. Jumlah paving block yang diuji pada umur 28 hari yaitu 15 buah, yang terdiri dari 3 sampel untuk masing-masing campuran. Adapun prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut:

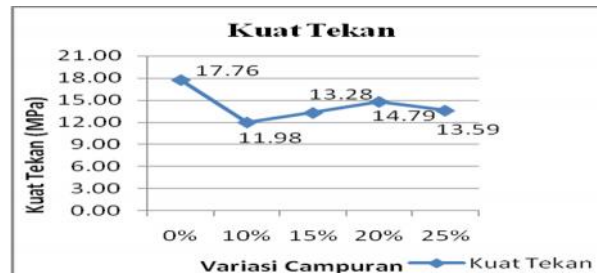
- a) Mengeluarkan benda uji setelah berumur 28 hari dari bak perendaman dan diletakkan pada ruangan sampai sampel kering.
- b) Sebelum benda uji diberi pembebanan, diukur kembali masing-masing sisi
- c) Beban tekan yang diberikan secara perlahan-lahan pada benda uji dengan cara mengoperasikan tuas pompa sehingga benda uji runtuh.

- d) Pada saat jarum penunjuk skala beban tidak naik lagi atau bertambah, maka skala yang ditunjukkan oleh jarum tersebut dicatat sebagai beban maksimum yang dapat dipikul oleh benda uji tersebut.
- e) Prosedur ini dilakukan untuk sampel benda uji kuat tekan yang lain.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Kuat tekan *Paving block*

Hasil kuat tekan *Paving block* hasil penelitian berdasarkan variasi campuran diperlihatkan pada Gambar 1



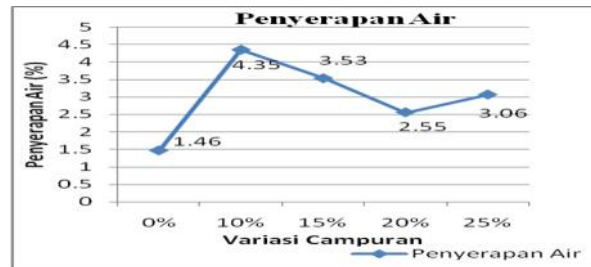
**Gambar 1 Hasil Kuat Tekan Berdasarkan Variasi Campuran**

Dari hasil pengujian kuat tekan *paving block* diperoleh kuat tekan rata-rata untuk *paving block* campuran 0% abu serbuk kayu sebesar 17,760 Mpa dimana nilai ini termasuk dalam batasan *paving block* mutu B (17 – 20 Mpa) yaitu digunakan untuk peralatan parkir. Pada *paving block* campuran 10% abu serbuk kayu mengalami penurunan sebesar 48,26%, yaitu sebesar 11,979 Mpa. Ini terjadi dikarenakan pada penambahan abu serbuk kayu 10% belum terjadi pengikatan yang sempurna sehingga kuat tekan yang didapatkan belum maksimal. Sedangkan pada *paving block* campuran 15% abu serbuk kayu mengalami kenaikan dari *paving block* campuran 10% abu serbuk kayu sebesar 10,87% yaitu 13,281 Mpa. Pada *paving block* campuran 20% abu serbuk kayu mengalami kenaikan dari *paving block* campuran 15% abu serbuk kayu sebesar 11,373% yaitu 14,792 Mpa. Proses kenaikan kuat tekan yang dialami pada penambahan abu serbuk kayu 15% dan 20% dipengaruhi oleh proses pengikatan antara silika yang dihasilkan dari pembakaran serbuk kayu dengan kalsium hidroksida sudah maksimal. Dan pada *paving block* campuran 25% abu serbuk kayu kembali mengalami penurunan sebesar 8,812% dari *paving block* campuran 20% abu serbuk kayu yaitu 13,594 Mpa.

##### 4.2 Daya Serap Air *Paving block*

Dari hasil pengujian daya serap air pada *paving block* diperoleh penyerapan air rata-rata untuk *paving block* campuran 0% abu serbuk kayu sebesar 1,463%. Pada *paving block* campuran 10% abu serbuk kayu mengalami kenaikan sebesar 2,882%, yaitu sebesar 4,345%. Sedangkan pada *paving block* campuran 15% abu serbuk kayu mengalami penurunan dari *paving block* campuran 10% abu serbuk kayu sebesar 0,816% yaitu 3,529%. Pada *paving block* campuran 20% abu serbuk kayu mengalami penurunan dari *paving block* campuran 15% abu serbuk kayu sebesar 0,974% yaitu 2,555%. Dan pada *paving block* campuran 25% abu serbuk

kayu kembali mengalami kenaikan sebesar 0,508% dari *paving block* campuran 20% abu serbuk kayu yaitu 3,063%. Hasil daya serap air *Paving block* diperlihatkan pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2 Hasil Penyerapan Air Berdasarkan Variasi Campuran

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

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

- Pengaruh penambahan abu serbuk kayu dalam campuran *paving block* pada persentase 0%, 10%, 15%, 20% dan 25% abu serbuk kayu memiliki daya serap air sebesar 1,463%, 4,345%, 3,529%, 2,555% dan 3,063%.
- Kuat tekan *paving block* rata-rata untuk *paving block* campuran 0% abu serbuk kayu sebesar 17,760 Mpa dimana nilai ini termasuk dalam batasan *paving block* mutu B (17 – 20 Mpa) yaitu digunakan untuk pelataran parkir.
- Berdasarkan daya serap air yang naik turun berpengaruh pada kuat tekan *paving block* yaitu pada penambahan 10% abu serbuk kayu dalam campuran *paving block* menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 11,979 Mpa, 15% abu serbuk kayu sebesar 13,281 Mpa, 20% abu serbuk kayu sebesar 14,792 Mpa dan 25% abu serbuk kayu sebesar 13,594 Mpa. Nilai tersebut masih termasuk dalam kategori *paving block* mutu C yang digunakan untuk pejalan kaki.
- Kuat tekan optimum dalam penelitian ini terdapat pada penambahan 20% abu serbuk kayu yaitu 14,792 Mpa dengan daya serap air minimum 2,555%. Pada variasi ini pengikatan yang terjadi antara silika yang dihasilkan dengan kalsium hidroksida sudah mencapai titik optimum.

### 5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian dan kesimpulan di atas dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

- Diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk mencoba memakai kayu jenis lain selain merbau atau kayu campuran dalam penelitian sejenis.
- Perlu adanya pengurangan variasi penambahan abu serbuk untuk mengetahui persentase abu serbuk kayu yang mendekati normal.

## Daftar Kepustakaan

Anonim 1, 2003, *ASTM C188-14 Standar Test Method For Densiti Of Hydraulic Cement*, Department Of Defense, United States.



- Anonim 2, 2003, *ASTM C33/C33M-13 Standard Specification For Concrete Agregates*, Department Of Defense, United States
- Anonim 3, 1996, *SNI 03-0691-1996 Bata Beton Paving Block*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim 4, 2002, *SNI. 03-6825-2002, Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Chrismunandar, 2013, *Uji Kandungan Abu Hasil Pembakaran Bahan Organik*, [Http://Mycaffelatteblog.Wordpress.Com/2013/06/02/44/](http://Mycaffelatteblog.Wordpress.Com/2013/06/02/44/) diunduh Tanggal 23 November 2013.
- Mordock, L.J, 1999, *Bahan Dan Praktek Beton*, Erlangga
- Mulyono T, 2004, *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta
- Wintoko Bambang, 2012, *Sukses Wirausaha Batako Dan Paving Block*, Pustaka Baru Press, Pekan Baru
- Yusnita, 2010, *Pengaruh Penambahan Abu Pembakaran Serbuk Kayu Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Fisik Beton*, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan