

Karakteristik Pasir Lokal dan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Bata Beton

Syahrul

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

Email: syahrulsipil@rocketmail.com

Artikel Informasi

Riwayat Artikel

Diterima, 01/05/2020

Direvisi, 14/05/2020

Disetujui, 02/06/2020

Kata Kunci:

Paving Block;

Pasir Mahakam;

Fly Ash

Keywords:

Paving Block;

Mahakam Sand;

Fly Ash

ABSTRAK

Penelitian dengan variasi *fly ash* dan pasir Mahakam terhadap kekuatan tekan bata beton (*paving block*) untuk memperoleh proporsi campuran pembuatan *paving block* dan penambahan *fly ash* kisaran 10%, 15%, 20% hingga uji tekan bata beton, sesuai spesifikasi bata beton (*paving block*). Kualitas *paving block* bergantung pada bahan – bahan penyusunnya, untuk pembuatan *paving block* diperlukan bahan penyusun yang bebas dari bahan – bahan organik seperti halnya dalam pembuatan beton dan tentunya akan memberikan kualitas *paving block* sangat baik serta memiliki mutu tinggi sesuai standar yang sesuai SNI. penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan untuk akademisi sebagai referensi penelitian lanjutan bagi yang berkepentingan serta mengetahui komposisi campuran pembuatan *paving block*, baik mutu sedang maupun mutu tinggi dengan metode perbandingan berat, serta mengetahui perubahan nilai kekuatan bata beton pada variasi penambahan *fly ash* yang berbeda.

ABSTRACT

Research with variations of fly ash and Mahakam sand against the strength of concrete brick press (paving block) to obtain the proportion of paving block making mixture and the addition of fly ash range of 10%, 15%, 20% to the concrete brick press test, according to concrete brick specifications (paving block). The quality of paving blocks depends on the constituent materials, for the manufacture of paving blocks, paving block manufacturing is needed, building materials that are free of organic materials as well as in the manufacture of concrete and will certainly provide excellent paving block quality and have high quality according to the standards that are as agreed by SNI. This research is expected to provide input for academics as a reference for advanced research for interested people and know the composition of paving block making mixtures, both medium quality and high quality with heavy comparison methods and find out the changes in the value of concrete brick strength in different variations of fly ash additions.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Penulis Korespondensi:

Syahrul

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

Email: syahrulsipil@rocketmail.com

PENDAHULUAN

Paving block merupakan bahan konstruksi yang tersusun dari pasir, semen, dan air yang dipemanfaatannya sebagai penutup permukaan tanah agar permukaan tanah tetap stabil dari kerusakan karena beban yang bekerja di permukaan tanah. *paving block* memiliki bentuk yang beragam seperti model/bentuk, warna, tekstur, ukuran, serta kekuatan. Pemanfaatan *paving block* bisa juga divariasikan dengan jenis konstruksi untuk permukaan tanah. *Paving block* memiliki keunggulan terhadap keseimbangan air tanah, berat *paving block* relatif lebih ringan dan sangat bagus menjadi serapan air dilingkungan rumah, perkantoran, jalan raya, jalan taman, parkir, dan beberapa penggunaan lainnya sehingga ketersediaan air tetap terjaga.

Penelitian pengaruh penambahan variasi *fly ash* dan pasir Mahakam pada kekuatan tekan bata beton (*paving block*) untuk memperoleh proporsi campuran pembuatan *paving block* dan penambahan *fly ash* kisaran 10%, 15%, 20% hingga uji tekan bata beton, sesuai spesifikasi bata beton (*paving block*). *Paving block* merupakan bahan bangunan yang dikembangkan dari mortar yang memperoleh perlakuan pada proses pembuatannya.

Kualitas *paving block* bergantung pada bahan – bahan penyusunnya, untuk pembuatan *paving block* diperlukan bahan penyusun yang bebas dari bahan – bahan organik seperti halnya dalam pembuatan beton dan tentunya akan memberikan kualitas *paving block* sangat baik serta memiliki mutu tinggi sesuai standar yang sesuai SNI.

Fly ash merupakan limbah dari industri pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang menggunakan batubara sebagai bahan bakarnya, *fly ash* memiliki butiran halus yang ringan, bundar, tidak porous serta bersifat pozzolanik, (pozzolan mengandung silika dan aluminium yang bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada temperatur biasa membentuk senyawa yang bersifat cementitious).

Tinjauan Pustaka

Penelitian Terdahulu

Rommel. E (2012) dengan judul "**Pemakaian *Fine Coarse Aggregate* Sebagai Bahan *Paving Tahan Aus***" hasil penelitian diperoleh kuat aus yang paling baik (terkecil) diperoleh pada campuran dengan komposisi 1 ; 4 ; 3 dengan pemberian pressing 100 kg/cm² pada umur perawatan 21 hari, dengan kuat aus pada lapisan atas 0,046 mm/menit dan lapisan bawah 0,089 mm/menit. Kuat aus pada lapisan atas lebih dipengaruhi oleh variasi pressing, semakin besar *pressing* yang diberikan maka didapat kuat aus *paving* yang semakin kecil.

Hasil pengujian daya serap *paving* pada tiap variasi campuran dan variasi pressing menunjukkan nilai yang fluktuatif dapat disebabkan karena gradasi *paving* yang homogen (seragam) sehingga menyebabkan pada beberapa campuran memiliki nilai absorpsi yang tinggi dengan nilai absorpsi terbaik sebesar 3,9 % pada komposisi *paving* 1 ; 4 ; 3 yang diberi *pressing* sebesar 60 kg/cm².

Nugraheni. D.W (2007), dengan judul "**Pengaruh Penambahan *Tras Mulia* Terhadap Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Bata Beton Pejal**". Hasil penelitian yang dilaksanakan diketahui kuat tekan tertinggi pada komposisi 0,27 *tras* ; 1,00 *pc* ; 5,92 pasir dengan nilai tekan sebesar 47,576 kg/cm². Pada perbandingan campuran 0,11 *tras* ; 1,00 *pc* ; 5,92 pasir menghasilkan nilai tekan 42,543 kg/cm². Pada perbandingan campuran 0,21 *tras* ; 1,00 *pc* ; 5,92 pasir

menghasilkan nilai tekan 43,960 kg/cm². Pada perbandingan 0,00 tras ; 1,00 pc ; 5,92 pasir menghasilkan nilai tekan 34,525 kg/cm². Perbandingan 0,32 tras ; 1,00 pc ; 5,92 pasir menghasilkan nilai tekan 39,706 kg/cm². Perbandingan 0,37 tras ; 1,00 pc ; 5,92 pasir menghasilkan nilai tekan 37,445 kg/cm². Perbandingan 0,43 tras ; 1,00 pc ; 5,92 pasir menghasilkan nilai tekan 35,347 kg/cm². Perbandingan 0,53 tras ; 1,00 pc ; 5,92 pasir menghasilkan nilai tekan 30,836 kg/cm².

Untuk nilai serapan air menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah pasta, maka nilai serapan air semakin meningkat. Serapan air terendah terjadi pada perbandingan campuran 0,00 tras ; 1,00 pc ; 5,92 pasir dengan nilai 14,97 % dan serapan air tertinggi pada campuran perbandingan 0,53 tras ; 1,00 pc ; 5,92 pasir sebesar 17,62 %.

Perdana. G.R (2012), dengan judul “**Studi Sifat Mekanik *Paving Block* Terbuat Dari Campuran Limbah Adukan Beton Dan Bahan Tambahan Serat Ijuk**” pada penelitian diperoleh hasil dimana agregat halus daur ulang dari limbah adukan beton memiliki persentasi penyerapan air yang tinggi sebesar 23,1527 %. Penggunaan agregat halus daur ulang dari limbah adukan beton pada *paving block* membuat kuat tekan *paving block* menjadi rendah, mutu *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 bata beton (*paving block*), hanya tergolong sebagai mutu D, penggunaan serat ijuk sebagai bahan tambahan pada *paving block* dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur *paving block*, penyerapan *paving block* yang menggunakan agregat daur ulang dari limbah adukan beton sangat tinggi, melewati batas maksimal mutu D, semakin banyak penggunaan serat ijuk pada campuran *paving block*, membuat adonan campuran *paving block* mengumpal dan sulit tercampur.

Paving Block

Paving block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *Portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu. *Paving block* mulai diperkenalkan di Belanda pada awal tahun 1950 untuk menggantikan perkerasan bata di jalanan (*Van der Vlist 1980*).

Paving block dikenal juga dengan sebutan bata beton. Pada umumnya, Agregat yang digunakan dalam campuran *paving block* adalah agregat halus berupa pasir. *Paving block* dapat berwarna seperti warna aslinya atau diberi zat warna pada komposisinya dan digunakan untuk halaman baik di dalam maupun di luar bangunan.

Paving block dibuat dari campuran semi kering dengan rasio air semen kurang dari 0,4. Namun, tidak seperti balok beton pada bangunan, *paving block* harus dipadatkan secara penuh agar menghasilkan *densitas* yang lebih tinggi. Pemadatan dapat dilakukan dengan proses ditekan (*pressing*) atau digetarkan (*vibrating*). Proses pembuatan *paving block* meliputi penempatan beton cair ke dalam cetakan baja. Sebelum diratakan, *paving block* digetarkan dan ditekan (>10 N/mm²). *Paving block* langsung dibuka dari cetakan begitu mengering dan dimasukkan ke dalam ruang *curing* dengan kelembaban 80%. Biasanya, *paving block* diberikan perawatan *curing* secara jenuh selama satu jam kemudian diberikan perawatan *curing* di udara terbuka selama 28 hari.

Biasanya *paving block* dibuat dengan cara manual. Pasir dan semen dicampur untuk bagian utama dalam dua tahap. Pertama pencampuran dilakukan dalam keadaan kering. Setelah itu, campuran ditambahkan air hingga adukan homogen dengan kondisi campuran tidak terlalu

basah dan tidak terlalu kering. Adukan yang sudah tercampur dimasukkan ke dalam cetakan dan ditekan dengan pelat besi bertekanan 100 - 125 kg/cm² (Rut Maria BR. Ginting, 2009). Paving block yang dikerjakan dengan mesin dan otomatis (*preprogrammed*) hasilnya tentu lebih baik, lebih kuat dan lebih rapat dibandingkan dengan yang manual karena adanya getaran dan pemadatan serta kontinuitas produksi yang terpercaya (Habibi Aswin, 2004).

Klasifikasi Paving Block

Dalam SNI 03-0691-1996 Bata Beton (Paving Block), paving block dapat diklasifikasikan menjadi 4 macam berdasarkan mutunya, yaitu:

1. Paving block mutu A, digunakan untuk jalan
2. Paving block mutu B, digunakan untuk peralatan parkir
3. Paving block mutu C, digunakan untuk pejalan kaki
4. Paving block mutu D, digunakan untuk taman dan penggunaan lain

Ada beberapa syarat mutu yang harus dipenuhi pada sebuah paving block. Syarat mutu tersebut berdasarkan SNI 03-0691-1996 Bata Beton (Paving Block). Syarat-syarat tersebut adalah:

1. Sifat Tampak

Paving block harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan.

2. Ukuran

Paving block harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$.

3. Sifat Fisika

Paving block harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti Tabel 1 di bawah ini.

4. Ketahanan Terhadap Natrium Sulfat

Paving block apabila diuji dengan Natrium Sulfat tidak boleh cacat, dan kehilangan berat yang diperkenankan maksimum 1 %. Pada umumnya, paving block memiliki ketebalan sekitar 6 cm sampai 8 cm dengan toleransi ± 2 cm untuk ukuran bidang dan ± 3 mm untuk ukuran tebal. Bentuk paving block bervariasi berdasarkan

Tabel 1. Sifat Fisik Paving Block

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus		Penyerapan Air Rata-Rata Maks
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	%
A	40	35	0,09	0,103	3
B	20	17	0,13	0,149	6
C	15	12,5	0,16	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Bahan Pembentuk Paving Block

Semen

Semen adalah sebuah material dengan properti yang bersifat adhesif dan kohesif yang membuatnya dapat mengikat mineral menjadi satu kesatuan. Untuk tujuan konstruksi, semen digunakan untuk mengikat material yang digunakan seperti batu, pasir, bata, dan lain-lain.

Dalam dunia konstruksi, semen yang sering digunakan adalah jenis semen Portland atau biasa disebut Portland Cement (PC). Nama ini diambil dari suatu daerah di Inggris yang memiliki batuan kapur berwarna sama dengan semen. Semen Portland terdiri dari komposisi utama berupa kapur, silika, alumina dan besi oksida.

Proses pembuatan semen secara garis besar terdiri dari penghancuran bahan baku, mencampur bahan tersebut menjadi satu kesatuan dengan proporsi tertentu dan membakarnya di sebuah tempat pembakaran berputar dengan temperatur sekitar 1400°C dan bahan-bahan tersebut sebagian menyatu menjadi bola-bola yang disebut *klinker*. *Klinker* tersebut didinginkan dan ditumbuk menjadi bubuk halus, dengan ditambahkan *gypsum*.

Seperti yang disebutkan di atas, semen memiliki komposisi utama berupa kapur, *silika*, *alumina* dan *besi oksida*. Senyawa-senyawa tersebut berinteraksi satu dengan yang lain di dalam tempat pembakaran membentuk sebuah produk yang lebih kompleks, dan, terpisah dari residu kecil dari kapur yang tidak tercampur yang tidak memiliki cukup waktu untuk bereaksi, akibat dari kesetimbangan kimia yang telah tercapai. Namun, kesetimbangan tidak didapat dari proses pendinginan dan tingkat pendinginan dapat mempengaruhi derajat pengkristalan dan keberadaan *amorf* material pada *klinker* yang didinginkan. *Property* dari *amorf* material tersebut sangat berbeda dengan senyawa kristalisasi dari komposisi kimia yang sama secara nominal. Empat senyawa yang biasanya dianggap sebagai komponen utama semen seperti pada Tabel 2.

Semen *Portland* yang diproduksi di Indonesia dibagi menjadi lima jenis, yaitu tipe I, II, III, IV, dan V. Perbedaan dari kelima jenis semen tersebut adalah untuk mencapai tujuan atau target bangunan tertentu. Tipe – tipe semen yang digunakan di Indonesia adalah sebagai berikut:

- a. Semen Tipe I, adalah semen yang paling sering digunakan untuk bangunan dan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan tertentu seperti jenis yang lainnya.
- b. Semen Tipe II, merupakan modifikasi semen tipe I dengan maksud untuk meningkatkan ketahanan terhadap *sulfat* dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih rendah. Semen jenis ini biasanya digunakan untuk bangunan yang terletak di daerah dengan tanah berkadar sulfat rendah. Semen ini memiliki kandungan C₃A yang rendah.
- c. Semen tipe III, adalah semen yang cepat mengeras Beton yang menggunakan semen tipe ini akan cepat mengeras. Kekuatan yang dicapainya dalam 24 jam setara dengan kekuatan beton dari semen biasa dalam 7 hari. Dan dalam 3 hari kekuatan tekannya akan setara dengan kekuatan tekan beton dengan semen biasa dalam 28 hari. Semen ini memiliki kandungan C₃A yang tinggi.
- d. Semen tipe IV, merupakan semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah. Semen ini memiliki kandungan C₃S dan C₃A yang rendah.

- e. Semen tipe V, biasanya digunakan untuk melindungi terhadap korosi akibat air laut, air danau, air tambang, maupun pengaruh garam sulfat pada air tanah. Semen tipe ini memiliki *resistansi* terhadap *sulfat* yang lebih baik dibanding semen tipe II.

Tabel 2. Senyawa Komponen Utama Semen

Nyawa Senyawa	Komponen Oksida	Singkatan
Tricalcium Silicate	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C ₃ S
Dicalcium Silicate	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C ₂ S
Tricalcium Silicate	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C ₃ A
Dicalcium Silicate	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C ₄ AF

Agregat

Agregat adalah material pengisi beton. Agregat biasanya berupa batuan dan pasir yang saling terikat oleh semen dan mengisi rongga-rongga dalam beton. Sebesar $\pm 70\%$ material pembentuk beton adalah agregat. Oleh sebab itu kualitas agregat sangat menentukan kualitas beton. Agregat juga digunakan sebagai bahan pengisi pada *paving block*.

Ukuran agregat yang digunakan pada campuran beton biasanya bervariasi dari ± 10 mm hingga lebih kecil lagi. Ukuran agregat yang digunakan harus bergradasi baik dari yang paling besar hingga yang paling kecil. Dalam penggunaannya, agregat dibagi menjadi agregat kasar dan agregat halus.

Agregat kasar yang digunakan dalam beton biasanya berupa batu pecah atau kerikil. Batuan tersebut memberikan kekuatan pada beton untuk menahan beban struktur. Agregat kasar akan mengisi bagian dalam beton dan terikat satu sama lain dengan semen. Agregat kasar memiliki ukuran minimal atau lebih besar dari 5 mm atau 3/16 in dan tertahan saringan no.4 ASTM.

Agregat halus yang digunakan dalam beton biasanya berupa pasir. Pasir tersebut akan mengisi rongga-rongga kosong di antara agregat kasar dalam beton. Hal ini akan membuat beton menjadi padat dan tidak terjadi rongga kosong dalam beton. Agregat halus memiliki ukuran yang tidak lebih besar dari 5 mm atau 3/16 in dan lolos saringan no.4 ASTM.

Berdasarkan sumber dan proses pembuatannya, agregat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu agregat mineral alam dan agregat mineral buatan. Agregat mineral alam adalah agregat yang langsung digunakan dari alam, misalnya pasir dan kerikil. Sedangkan agregat mineral buatan adalah agregat yang didapat dari hasil penghancuran batu induk, seperti pasir buatan dan batu pecah. Beberapa karakteristik agregat sebagai bahan campuran beton yang perlu diketahui adalah :

1. **Berat jenis**, pada agregat terdapat tiga macam, yaitu : *Absolute Specific Gravity*, yaitu perbandingan antara berat agregat dalam keadaan kering dengan air murni yang sama dengan volume agregat. Termasuk volume pori-pori yang tidak tembus air dan tidak termasuk volume pori-pori *kapiler* yang dapat terisi air. *Saturated Surface Dry (SSD)*, yaitu perbandingan antara berat agregat pada keadaan jenuh kering muka dengan berat air murni yang sama dengan volume agregat. Termasuk volume pori-pori yang tidak tembus air dan tidak termasuk volume pori-pori *kapiler* yang dapat terisi air.

Apparent Specific Gravity, yaitu perbandingan antara berat agregat dalam keadaan kering mutlak dengan berat air murni yang sama dengan volume agregat termasuk seluruh pori-pori yang terkandung di dalamnya.

Pengujian berat jenis agregat dilakukan dengan standar ASTM C 128-04.

2. **Berat isi**, adalah massa agregat dibagi volume agregat. Pengujian berat isi agregat dilakukan dengan standar ASTM C 29/29M-97.
3. **Rongga Udara (Void)**, menggambarkan jumlah udara yang terdapat pada spasi partikel agregat
4. **Penyerapan Air (Absorption)**, adalah kemampuan agregat untuk menyerap air dari kering mutlak menjadi keadaan *SSD*. Penyerapan air dipengaruhi oleh banyaknya pori, diameter pori, serta *kontinuitas* pori. Agregat yang memiliki porositas tinggi, lubang pori yang besar dan lubang porinya menerus penyerapannya akan tinggi. Agregat dengan tingkat penyerapan yang tinggi akan memiliki daya rekat dengan semen yang tinggi. Tetapi, makin tinggi penyerapannya akan membuat mineral mudah larut dalam air. Pengujian penyerapan pada agregat dilakukan berdasarkan standar ASTM C 128-04, dilakukan bersamaan dengan pengujian berat jenis agregat.
5. **Gradasi**, adalah proporsi dari partikel yang didistribusikan pada *range - range* ukuran tertentu. *Gradasi* dapat diperoleh dengan menggunakan analisa saringan. *Modulus* kehalusan adalah angka yang diperoleh dengan menjumlahkan persen tertahan setiap saringan dibagi 100. *Modulus* kehalusan agregat biasanya berkisar antara 2,0 - 4,0. Semakin besar nilai modulus kehalusan menunjukkan bahwa butiran agregat semakin kasar. Dan sebaliknya makin kecil nilai *modulus* kehalusan menunjukkan bahwa butiran agregat semakin halus. *Gradasi* agregat pada campuran beton didapat dari uji analisa saringan agregat dengan standar ASTM C 136-5.

Air

Air diperlukan sebagai bahan pembentuk beton dan mortar untuk *hidrasi* semen dan membasahi butiran-butiran agregat agar mempermudah proses pencampuran bahan beton. Air juga dibutuhkan untuk reaksi pengikatan pada beton. Selain itu, air digunakan untuk masa perawatan beton setelah pengecoran. Beton yang telah jadi akan direndam dalam air atau disiram secara berkala. Proses perawatan tersebut dikenal dengan istilah *curing*.

Dalam perhitungan campuran beton atau *paving block*, perbandingan jumlah air dan jumlah semen sangat berpengaruh dengan kekuatan dan proses pencampuran beton. Perbandingan tersebut dikenal dengan sebutan *water-cement ratio* (W/C). Perbandingan tersebut dinyatakan dalam jumlah berat air (kg) dibagi jumlah berat semen (kg) dalam adukan beton. Semakin sedikit air yang digunakan, semakin besar kekuatan beton tetapi semakin sulit dalam proses pencampuran. Sedangkan semakin besar air yang digunakan, semakin kecil kekuatan beton tetapi akan semakin mempermudah dalam proses pencampuran.

Kualitas air perlu diperhatikan karena kandungan kotoran yang ada di dalamnya akan mempengaruhi mutu beton dan mengurangi kekuatan beton. Selain dilakukan pemeriksaan *visual* dalam kejernihannya, perlu dilakukan pemeriksaan mengenai kandungan bahan-bahan perusak seperti asam, *alkali*, bahan-bahan organik, dan lain-lain. Secara umum, air yang baik

digunakan sebagai bahan campuran beton adalah air yang layak diminum, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa.

Fly Ash

Fly ash didefinisikan sebagai sisa pembakaran dari serbuk batu bara yang sangat halus pada pabrik pembangkit panas yang dikeluarkan dari ruang perapian suatu ketel uap gas buang. *Fly ash* yang dihasilkan merupakan partikel halus yang berukuran $< 1 \mu m$. *Fly ash* digunakan pada beton dapat sebagai material terpisah atau sebagai bahan dalam campuran semen dengan tujuan untuk memperbaiki sifat – sifat beton dan dilihat dari faktor ekonominya *fly ash* mengandung kadar *silica oksida* sebesar 60% dan berwarna putih keabu – abuan.

Fungsi *fly ash* sebagai bahan *aditif* dalam beton bisa sebagai pengisi (*filler*) yang akan menambah *internal kohesi* dan mengurangi porositas sebagai daerah transisi yang merupakan daerah terkecil dalam beton, sehingga beton menjadi lebih kuat. Pada umur sampai dengan 7 hari, mekanisme fisik *fly ash* akan memberikan kontribusi terhadap perubahan kekuatan yang terjadi pada beton, sedangkan pada umur 7 sampai dengan 28 hari, penambahan kekuatan beton merupakan akibat dari kombinasi antara *hidrasi* semen dan reaksi *pozzolan*.

Menurut SK-SNI S-15-1990-F spesifikasi abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan tambahan untuk campuran beton, abu terbang (*fly ash*) hasil pembakaran batu bara digolongkan menjadi 3 jenis abu terbang, yaitu :

1. Kelas F : Abu terbang (*fly ash*) yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis *antrasit* dan *bituminous*.
2. Kelas C : Abu terbang (*fly ash*) yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis *lignite* dan *subbituminous*.
3. Kelas N : *Pozzolan* alam, seperti halnya tanah *diatome*, *shale*, *tufa*, abu gunung berapi atau *pumice*.

Persyaratan kimia Abu terbang menurut SK- SNI S-15-1990-F dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Persyaratan Kimia Abu Terbang

No.	Senyawa	Kadar%
1	Jumlah Oksida $SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$ minimum	70
2	SO_3 Maksimum	5
3	Hilang Pijar maksimum	6
4	Kadar Air Maksimum	3
5	Total Alkali di Hitung Sebagai Na_2O Maksimum	1,5

Menurut *Patodiya (1992)*, *fly ash* dibedakan menjadi dua (2) jenis berdasarkan kandungan CaO nya, dan komposisi kimia *Fly ash* tersusun dari *Silica* (SiO_2), *Alumina* (Al_2O_3), *Oksida Besi* (Fe_2O_3), *Oksida Kalsium* (CaO), *Oksida Magnesium* (MgO), dan *Sulfur Trioksida* (SO_3) (*ACI Committee 226*).

1. **Kelas C**, *Fly ash* kelas C memiliki kandungan *oksida kalsium* (CaO) cukup tinggi yaitu lebih dari 10%. *Fly ash* ini berasal dari pembakaran *lignite* atau *subbitumen* batu bara. Sebagian besar batu bara Indonesia termasuk *lignite* (56,63%) dan *subbitumen* batu bara (26,63%).

Berat jenisnya sekitar 2,31 – 2,86 ton/m³. Senyawa lain yang dikandungnya adalah SiO₂ (30 - 50%), Al₂O₃ (17 - 20%), Fe₂O₃, MgO, Na₂O, dan sedikit K₂O. Karena memiliki kandungan kalsium yang tinggi maka *fly ash* jenis ini memiliki sifat sebagai *pozzolan*, dapat bereaksi dengan air membentuk CSH₂, *kalsium hidroksida*, dan *etteringite* yang mengeras seperti semen.

2. **Kelas F**, Kandungan *oksida kalsium (CaO) fly ash* kelas F rendah, yaitu kurang dari 10%. *Fly ash* ini berasal dari pembakaran *antrasit* atau *bitumen* batu bara. Batu bara Indonesia yang termasuk *bitumen* batu bara sebesar 14,38% dan hanya sebagian kecil merupakan *antrasit*. Senyawa lain yang dikandung *fly ash* kelas F adalah SiO₂ (45 - 60%), Al₂O₃ (20 - 28%), Fe₂O₃, MgO, K₂O, dan sedikit Na₂O. *Fly ash* kelas F ini juga mempunyai sifat sebagai *pozzolan* namun tidak bereaksi langsung dengan air karena CaO-nya sedikit, sehingga kandungan Ca(OH)₂ yang dihasilkan lebih sedikit daripada *fly ash* kelas C. Persyaratan fisika abu terbang menurut SK-SNI S-15-1990-F dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Persyaratan Fisika Abu Terbang

No.	Sifat Fisika	Data
1	Berat Jenis	1,99 – 2,40 gr /cm ²
2	Kehalusan Butiran	163,25 – 227,19 m ² /kg
3	Kadar Air	0,55 – 4,6 %

METODE PENELITIAN

Alur Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Parameter Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini parameter uji yang dilaksanakan adalah pengujian sifat fisik bahan penyusun *paving block*, agregat halus dan *fly ash* berdasarkan pada SNI – 03 – 0691 – 1996 dan SII – 0819 – 83, dengan meninjau penggunaan metode eksperimen komposisi campuran. Analisa selanjutnya dengan meninjau parameter *Properties paving block* serta membandingkan spesifikasi komposisi campuran.

Rancangan Specimen

Setelah keseluruhan bahan penelitian diuji dan telah memenuhi syarat, maka di laksanakan percobaan yang akan memberikan hasil untuk dilakukan analisis. Variasi *specimen* dibuat berdasarkan berat semen, pasir, air, serta penambahan persentasi *fly ash* berdasarkan berat semen, maka variasi dan tipe serta jumlah total rancangan *specimen* ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Jumlah Specimen Paving Block

No.	Type Specimen	Jumlah
1	Fly Ash 0 % Umur 3, 7, 14, 28 hari	24
2	Fly Ash 10 % Umur 3, 7, 14, 28 hari	24
3	Fly Ash 15 % Umur 3, 7, 14, 28 hari	24
4	Fly Ash 20 % Umur 3, 7, 14, 28 hari	24
Total		96

Penentuan Komposisi Campuran

Komposisi rancangan *specimen* menggunakan analisa perbandingan berat 1 : 4 campuran semen dan pasir. Analisa dengan meninjau berat jenis dan berat isi masing-masing bahan campuran sehingga diketahui jumlah berat bahan semen dan pasir pada pengandukan campuran, adapun jumlah berat *fly ash* ditentukan dengan meninjau berat semen berdasarkan persen penambahan pada campuran *paving block*.

Penentuan Faktor Air Semen

Menentukan faktor air semen pada campuran *paving block* diketahui berdasarkan mutu, untuk mutu tinggi nilai *f* berkisar 0,3 – 0,5. untuk mutu sedang 0,6 – 0,8. dan mutu rendah semakin besar nilai faktor air semen. Beberapa sumber menyatakan bahwa nilai faktor air semen biasanya berkisar 5 – 7 berdasarkan jurnal *mix design for concrete block paving*. Umumnya di Indonesia penggunaan faktor air semen pada paving block berkisar di bawah 0,4.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Agregat

Dari hasil pemeriksaan laboratorium untuk sifat fisik agregat halus serta bahan tambah (*fly ash*) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian	Hasil	Syarat
Agregat Halus		
Berat isi	1,408	-
Berat jenis	2,670	≥ 2,5
Penyerapan	2,272	≤ 3
Kadar air	1,291	-
Kadar lumpur dan lempung	1,503	-
Berat isi <i>fly ash</i>	0,671	≥ 2,5

Hasil pengujian agregat di laboratorium pada Tabel 6 memenuhi persyaratan berdasarkan spesifikasi campuran *paving block*.

Penentuan Komposisi Campuran *Paving Block*

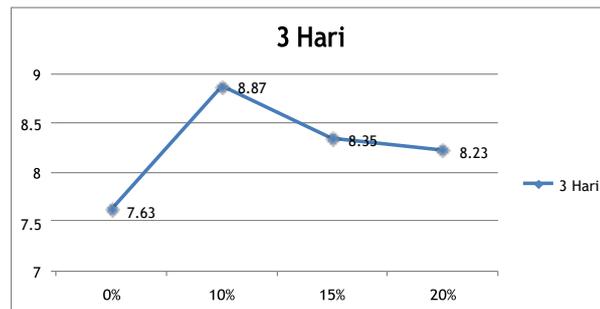
Pada penentuan campuran dibuat dengan beberapa variasi berdasarkan persentasi penambahan *fly ash* 0%, 10%, 15%, dan 20% dengan meninjau berat semen. Penentuan komposisi perbandingan berat campuran *paving block* untuk mengetahui jumlah bahan dalam campuran. Sehingga akan memberikan pembagian berat yang ideal dalam penggunaan 1 m³. Komposisi campuran untuk 24 specimen setiap variasi persen campuran *fly ash* terlihat pada Tabel 7.

No.	Agregat Halus (kg)	Semen (kg)	Fly Ash (%)	Air (Liter)	Jumlah (Buah)
Perbandingan 1 : 4					
F A S 0,3					
1	79,95	17,03	0	5,11	24
2	79,95	15,33	10	5,11	24
3	79,95	14,48	15	5,11	24

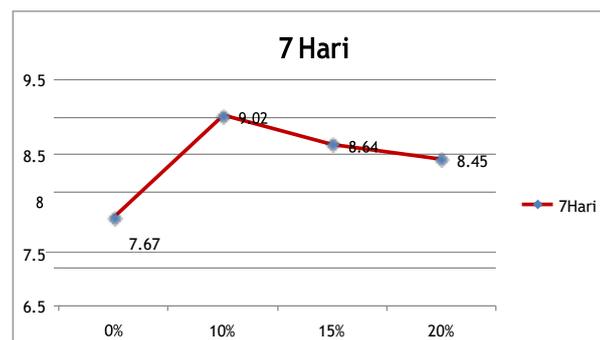
Pengujian Kuat Tekan

Dalam beberapa variasi campuran (*specimen*) penentuan komposisi campuran merupakan parameter yang harus diketahui agar dalam pencampuran komposisi memberikan kinerja yang bagus untuk hasil akhir.

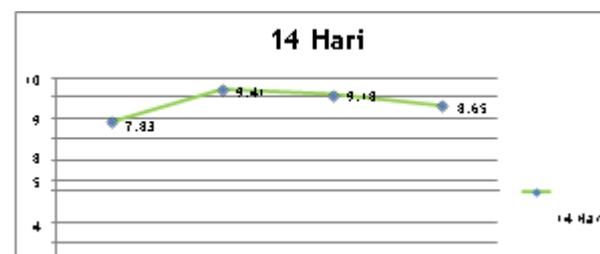
Hasil pengujian kuat tekan *paving block* dengan variasi bahan tambah *fly ash* 0% , 10% , 15% , dan 20% pada umur 3 hari dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 3. Gambar 4. dan Gambar 5.



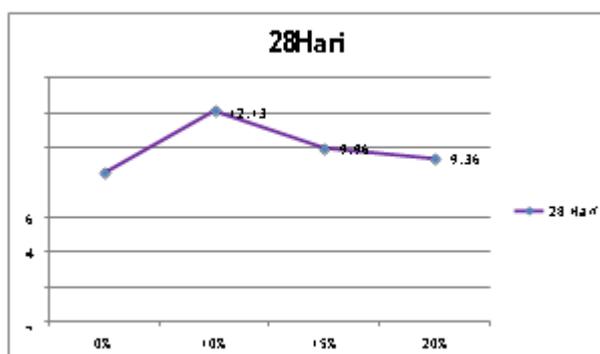
Gambar 2. Grafik kuat tekan *paving block* umur 3 hari



Gambar 3. Grafik kuat tekan *paving block* umur 7 hari



Gambar 4. Grafik kuat tekan *paving block* umur 14 hari



Gambar 5. Grafik kuat tekan *paving block* umur 28 hari

Sifat Fisik Bahan Campuran

Data hasil pengujian terhadap bahan penyusun campuran *Paving Block* yaitu, agergat halus, bahan tambah (*fly ash*) dan semen. Secara uji sifat karakteristik bahan memenuhi syarat spesifikasi.

Dari hasil uji yang terlihat pada Tabel 6 bahwa agregat memiliki nilai berat jenis dan penyerapan yang memenuhi standar spesifikasi yang ada. Kondisi tersebut akan memberikan pengaruh terhadap karakteristik campuran *paving block* berupa kepadatan.

Karakteristik *Paving Block*

Dari grafik di atas, dapat dilihat bahwa jumlah campuran *Fly Ash* sebesar 10% adalah hasil kuat tekan tertinggi. Sama seperti beton, semakin lama umur *paving block* saat diuji, kuat tekan *paving block* tersebut juga akan bertambah. Hal ini disebabkan oleh kandungan kimia semen yang semakin bereaksi dan mengikat agregat seiring dengan bertambahnya umur *paving block*. Kondisi fisik *paving block* menjadi semakin keras karena seiring dengan bertambahnya umur *paving block*.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 Bata Beton (*Paving Block*), *paving block* dengan campuran *Fly Ash* 10 %, pada Gambar 5.4 di atas dengan kuat tekan rata – rata sebesar 12.13 MPa, dapat dimasukkan ke dalam kategori mutu C. Dan *paving block* dengan campuran *Fly Ash* sebesar 15 % dengan kuat tekan rata – rata sebesar 9.96 MPa, dapat dimasukkan ke dalam kategori mutu D. Sedangkan yang tanpa menggunakan campuran *Fly Ash*, hanya bisa dikategorikan sebagai mutu D dengan kuat tekan rata – rata sebesar 8.53 MPa. Dari hasil penelitian ini hasil kuat tekan *paving block* dengan penambahan *fly ash* sebesar 10 % dengan umur 28 hari. dapat menaikkan kuat tekan *paving block* sebesar 42.7 % .

Sesuai dengan studi literatur yang telah dilakukan, *Fly Ash* sebesar 10% dari total berat semen dapat meningkatkan kekuatan dari *paving block*. Pada penelitian ini, lebih dari 10% *Fly Ash* yang dimasukkan dalam campuran, kuat tekan *paving block* akan menurun. Persentase peningkatan kuat tekan *paving block* tanpa *fly ash* dan dengan campuran *fly ash* untuk setiap umur benda uji

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, ditinjau dari hasil kuat tekan rata – rata tertinggi *paving block* umur 28 hari dan variasi penambahan *fly ash*, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut : (i) *Paving block* dengan penambahan *fly ash* sebesar 0 % mencapai kuat tekan rata – rata sebesar 8.53 MPa. (ii) *Paving block* dengan penambahan *fly ash* sebesar 10 % mencapai kuat tekan rata – rata sebesar 12.13 MPa. (iii) *Paving block* dengan penambahan *fly ash* sebesar 15 % mencapai kuat tekan rata – rata sebesar 9.96 MPa. (iv) *Paving block* dengan penambahan *fly ash* sebesar 20 % mencapai kuat tekan rata – rata sebesar 9.56 MPa.

Saran

Pada penelitian ini disadari masih belum maksimal dari yang diharapkan, hal tersebut dikarenakan keterbatasan, baik dari peneliti sendiri maupun dari kondisi yang terkait dengan pelaksanaan penelitian. Untuk kelanjutan penelitian ada beberapa hal yang perlu dikembangkan untuk lebih maksimalnya penelitian ini diantaranya :

1. Perlunya penelitian lanjutan dengan pemakaian agregat halus lokal, serta bahan tambah dan semen dengan berbagai jenis mutu *paving block*.

2. Pada penelitian lanjutan perlu pengembangan dengan penambahan parameter uji penyerapan dan keausan serta durabilitas *paving block*.
3. Diharapkan dengan hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai peningkatan penggunaan material lokal pada pembuatan *paving block* dengan merujuk sesuai dengan spesifikasi dan ketentuan sehingga penggunaan material lokal dapat dimaksimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2002, Standar Nasional Indonesia 03-6825-2002 Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil. Jakarta : Dewan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 2004, Standar Nasional Indonesia 15-7064-2004 Semen Portland Komposit. Jakarta : Dewan Standarisasi Nasional.
- Ginting, Rut Maria BR. 2009. *Pemanfaatan Limbah (Oil Sludge) Sebagai Bahan Utama Dalam Pembuatan Bata Konstruksi Paving Block*. Universitas Sumatera Utara.
- Perdana, G.R. 2012. Studi Sifat Mekanik Paving Block Terbaru Dari Campuran Limbah Adukan Beton Dan Bahan Tambahan Serat Ijuk.
- Rommel, E. 2011. Pemakaian *Fine Coarse Aggregate* Sebagai Bahan Paving Tahan Aus (*Fine Coarse Aggregate Usage As Raw Materials Of Abrasion Resistant Paving*).
- Nugraheni. D.W 2007. Pengaruh Penambahan Tras Mulia Terhadap Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Bata Beton Pejal.
- Nurmawati, I. 2006. Pemanfaatan Limbah Industri Penggergajian Kayu Sebagai Bahan Substitusi Pembuatan *Paving Block*.
- SNI 03 2847 2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
- SNI 03-1750-1990, Pengujian Mutu dan Cara Uji Agregat Beton.
- SNI 2493 2011, Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium.
- SNI 1974 2011, Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder.
- SNI 2847 2013, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
- Standar Nasional Indonesia 03-0691-1996 Bata Beton (*Paving Block*)