

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian dengan menggunakan Limbah batu karang telah dilakukan sebelumnya oleh Muhammad Adnan Ardian (2017) tentang Pengaruh Penggantian Sebagian Agregat Halus Dengan Pecahan Batu Karang Terhadap Kuat Tekan *Paving Block*, dimana hasil penambahan limbah batu karang yang dipecahkan kemudian dicetak dapat mempengaruhi kuat tekan dari *paving block* tersebut. Penambahan limbah batu karang sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat pasir menghasilkan kuat tekan terbesar pada komposisi 10% dengan nilai kuat tekan 29,42 MPa pada umur 28 hari.

Penelitian yang dilakukan oleh Mekar Ria Pengaribuan (2016) tentang Pemanfaatan Batu Karang Sebagai Bahan Baku Pembuatan *Paving Block* yang berkonsep untuk iptek bagi masyarakat nelayan disepanjang Pantai Bengkulu. Setelah menguji kuat tekan *paving* di Balai Laboratorium Pekerjaan Umum Provinsi Bengkulu, didapatkan kekuatan *paving block* model segienam dengan umur 28 hari kuat tekannya adalah 19,43 MPa, dengan kualitas mutu III.

Penelitian yang dilakukan Syahrizal Adri Latief (2013) tentang Studi Pengaruh Penggunaan Serbuk Karang Sebagai Material Pozollan Pada *Paving Block* Berbahan Pasir Dan Tanah Lempung, yang masing-masing *paving block* dibuat dengan perbandingan 1:4 dengan variasi penambahan kadar serbuk karang sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *paving block* berbahan pasir pada variasi 10% batu karang menghasilkan mutu B dengan kuat tekan tertinggi 22,17 MPa dan *paving block* berbahan tanah variasi 10% batu karang menghasilkan mutu D dengan kuat tekan tertinggi 11,73 MPa. Sedangkan pada pengujian penyerapan air, *paving block* berbahan pasir menghasilkan mutu B dengan nilai penyerapan air terendah 4,92% dan *paving block* berbahan tanah menghasilkan mutu D dengan nilai penyerapan air terendah 9,24%.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian *Paving Block*

Paving block menurut SNI 03-0691-1996 didefinisikan sebagai 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 *paving block* itu.

2.2.1.1 Standar Mutu *Paving Block*

Paving block dengan kualitas baik adalah *paving block* yang mempunyai nilai kuat tekan tinggi (satuan MPa), serta nilai *absorbs* (persentase serapan air) yang rendah (%). Standar mutu yang harus dipenuhi *paving block* untuk lantai menurut SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut :

1. Sifat tampak *paving block* untuk lantai harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.
2. Ukuran *paving block* harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi +8%.
3. Sifat *paving block* harus memenuhi persyaratan pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Persyaratan Sifat *Paving Block* Berdasarkan SNI

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Penyerapan air Rata-rata Maksimal
	Rata-rata	Minimum	
A	40	35	3
B	20	17	6
C	15	12,5	8
D	10	8,5	10

Sumber : SNI 03-0691-1996

Keterangan kegunaannya :

- *Paving block* mutu A : digunakan untuk perkerasan jalan.
- *Paving block* mutu B : digunakan untuk pelataran parkir.
- *Paving block* mutu C : digunakan untuk pejalan kaki.
- *Paving block* mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

4. *Paving block* untuk lantai apabila diuji dengan natrium sulfat tidak boleh cacat dan kehilangan berat yang diperbolehkan maksimum 1%.

2.2.1.2 Klasifikasi *Paving Block*

Berdasarkan SK SNI T-04-1990-F, klasifikasi *paving block* didasarkan atas bentuk, tebal, kekuatan dan warna. Klasifikasi tersebut antara lain :

1. Klasifikasi berdasarkan bentuk

Bentuk *paving block* secara garis besar terbagi atas dua macam, yaitu :

- a. *Paving block* bentuk segi empat.
- b. *Paving block* bentuk segi banyak.

2. Klasifikasi berdasarkan ketebalan

Ketebalan *paving block* ada tiga macam, yaitu :

- a. *Paving block* dengan ketebalan 60mm digunakan untuk beban lalu lintas ringan dengan frekuensi terbatas, misalnya : sepeda motor dan pejalan kaki.
- b. *Paving block* dengan ketebalan 80mm digunakan untuk beban lalu lintas sedang atau berat dan padat frekuensinya, misalnya : mobil, *pick up*, truk, dan bus.
- c. *Paving block* dengan ketebalan 100mm digunakan untuk beban lalu lintas super berat, misalnya : tronton dan *loader*.

Pemilihan bentuk dan ketebalan dalam pemakaian harus disesuaikan dengan rencana penggunaannya dan kuat tekan *paving block* tersebut juga harus diperhatikan.

3. Klasifikasi berdasarkan warna

Warna yang tersedia dipasaran antara lain abu-abu, hitam dan merah. *Paving block* yang berwarna kecuali ungu untuk menambah keindahan juga dapat digunakan untuk memberi batas pada perkerasan seperti tempat parkir, tali air, dan lain-lain.

2.2.2 Bahan-bahan Penyusun *Paving Block*

2.2.2.1 Semen *Portland*

Semen adalah zat yang digunakan untuk merekatkan batu, bata, batako maupun bahan bangunan lainnya. Sedangkan kata semen sendiri berasal dari *caementum* (Bahasa Latin), yang artinya “memotong menjadi bagian-bagian kecil tak beraturan”. Semen *Portland* adalah bahan perekat hidrolis yaitu bahan perekat yang dapat mengeras bila bersenyawa dengan air dan berbentuk benda padat yang tidak larut dalam air. Semen merupakan bahan yang berfungsi untuk mengikat serta mengisi rongga udara antara agregat dengan air dalam suatu adukan. Bahan dasar penyusun semen terdiri dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika dan oksida besi, maka bahan-bahan itu menjadi unsur-unsur pokok semennya.

Tabel 2.2 Susunan Unsur Semen

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Potash (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5 – 1

Sumber : Hasil Penelitian Universitas Brawijaya

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 jenis dan penggunaan semen *Portland* adalah sebagai berikut :

1. Tipe I (*Ordinary Portland Cement*) yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Tipe II (*Moderate Sulfat Resistance*) yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

3. Tipe III (*High Early Strength*) yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV (*Low Heat of Hydration*) yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Tipe V (*Sulfat Resistance*) yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.



Gambar 2.1 Semen *Portland*

2.2.2.2 Agregat Halus

Agregat terbagi atas 2 jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat merupakan bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis. Menurut SNI S-04-1989-F, agregat halus adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi batuan atau pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai butiran sebesar 5,0mm (SNI S-04-1989-F). Persyaratan agregat halus secara umum menurut SNI S-04-1989-F adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
2. Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan

jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% berat, sedangkan jika dipakai magnesium silfat yang hancur maksimum 15% berat.

3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih 5% (terhadap berat kering). Jika kadar lumpur melebihi 5% pasir harus dicuci.

Agregat yang dipakai untuk campuran adukan atau mortar harus memenuhi syarat yang ditetapkan oleh SNI S-04-1989-F dengan modulus halus 1,50 sampai 3,80. Tabel syarat batas gradasi agregat halus dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Gradasi pasir berdasarkan kategori zona kekasaran pasir

Ukuran Saringan Ayakan Menurut SNI (mm)	% Lolos Saringan/Ayakan			
	Zona I (Kasar)	Zona II (Agak Kasar)	Zona III (Agak Halus)	Zona IV (Halus)
9.6	100	100	100	100
4.8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2.4	60 – 95	75 – 100	85 - 100	95 – 100
1.2	30 – 70	55 – 90	75 - 100	90 – 100
0.6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 - 100
0.3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 - 50
0.15	0 – 10	0 – 10	0 - 10	0 - 15

Sumber : SNI 03-2834-2000

Keterangan : Zona 1 = Pasir kasar

Zona 2 = Pasir agak kasar

Zona 3 = Pasir agak halus

Zona 4 = Pasir halus



Gambar 2.2 Pasir Lampung

2.2.2.3 Air

Air berperan penting di dalam pembuatan *paving block* ialah untuk memicu proses kimiawi semen sebagai bahan perekat dan melumasi agregat agar mudah dikerjakan. Kualitas air yang digunakan untuk mencampur bahan *paving block* sangat berpengaruh terhadap kualitas beton itu sendiri. Air yang mengandung zat-zat kimia berbahaya, mengandung garam, minyak, dll akan menyebabkan kekuatan beton turun. Pada umumnya air yang dapat diminum dapat digunakan sebagai campuran beton. Ciri-ciri air yang baik untuk campuran beton adalah yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa.

Berdasarkan SNI 2847-2013 yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi ASTM C1602M (Standar Spesifikasi untuk Air Campuran yang Digunakan dalam Produksi Beton Semen Hidrolis). Penggunaan air untuk *paving block* sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini.

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak kualitas beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/liter.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/liter.

2.2.2.4 Batu Karang

Batu karang secara umum dapat dilihat kepada struktur fisik beserta ekosistem yang menyertainya yang secara aktif membentuk sedimen kalsium karbonat akibat aktivitas biologi (biogenik) yang berlangsung di bawah permukaan laut. Batu karang merupakan struktur batuan sedimen dari kapur (kalsium karbonat) di dalam laut.

Karang (fosil karang) merupakan salah satu bahan mineral tambahan pembantu yang dapat digunakan sebagai campuran *paving block*. Berbeda dengan reaksi hidrasi dari semen dengan air yang berlangsung cepat dan kemudian membentuk gel kalsium silikat dan kalsium hidroksida, reaksi pozzolanik ini berlangsung dengan lambat sehingga pengaruhnya lebih kepada kekuatan akhir dari *paving block*. Panas hidrasi yang dihasilkan juga jauh lebih kecil daripada semen *porland* sehingga efektif untuk pembuatan beton pada cuaca panas.

Penambahan material pozzolan ini juga berpengaruh terhadap kelecakan *paving block*. Dengan bertambahnya material dari batu karang ini kemungkinan terjadinya *bleeding* pada beton segar akan berkurang karena kelebihan air akan terserap oleh partikel dari batu karang. (Syahrizal Adri Latief, 2013)

Tabel 2.4 Klasifikasi Material Pozzolan

Kategori	Material Umum	Komponen Aktif
Material Alami	Abu vulkanis murni	<i>Aluminosilicate glass</i>
	Abu vulkanis terkena cuaca (<i>tuff, trass, dll</i>)	<i>Aluminosilicate glass zeolite</i>
	Batu apung (<i>pumice</i>)	<i>Aluminosilicate</i>
	Fosil Kerang (<i>diatomaceous earth</i>)	<i>Amorphous hydrated silica</i>
	Batu sedimen (<i>opaline chert dan shales</i>)	<i>Hydrated silica gel</i>
Material Sisa Industri	<i>Fly Ash – Tipe F</i>	<i>Aluminosilicate glass</i>
	<i>Fly Ash – Tipe C</i>	<i>Calcium aluminosilicate glass</i>
	Silika Fume	<i>Amorphous silica</i>
	Abu sekam padi (<i>Rice husk ask</i>)	<i>Amorphous silica</i>
	<i>Calcined clay</i>	<i>Amorphous aluminosilicate (metakaolin)</i>

Sumber : Syahrizal Adri Latief, 2013

Penggunaan batu karang ini bertujuan sebagai bahan substitusi pasir pada pembuatan *paving block*. Karena batu karang yang didapat masih dalam kondisi bongkahan maka yang pertama sekali dilakukan adalah mengolah batu karang menjadi serbuk yang ukurannya hampir sama dengan ukuran butir pasir. Dengan proses sebagai berikut :



Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar 2.3 Proses Penghancuran Limbah Batu Karang

2.2.3 Metode Pembuatan *Paving Block*

Cara pembuatan *paving block* yang biasanya digunakan dalam masyarakat dapat diklasifikasikan menjadi dua metode, yaitu :

1. Metode Konvensional

Metode ini adalah metode yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Pembuatan *paving block* cara konvensional dilakukan dengan menggunakan alat cetakan yang di buat sendiri dengan beban pemadatan yang berpengaruh terhadap tenaga orang yang mengerjakan. Metode ini banyak digunakan oleh masyarakat sebagai industri rumah tangga karena selain alat yang digunakan sederhana, juga mudah dalam proses pembuatannya sehingga dapat dilakukan oleh siapa saja. Proses produksi ini menghasilkan *paving block* K-50 s/d K-100. Selain itu tingkat abrasi paving manual masih cukup tinggi baik karena goresan, hujan dan terpaan panas.



Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar 2.4 Alat Cetak *Paving Block* Manual

2. Metode Mekanis

Metode mekanis didalam masyarakat biasa disebut metode press. Metode ini masih jarang digunakan karena untuk pembuatan *paving block* dengan metode mekanis membutuhkan alat yang harganya relatif mahal. Metode mekanis ini biasanya digunakan oleh pabrik dengan skala industri sedang atau besar. Metode mekanis ada dua yakni :

a. Metode Vibrator

Proses produksi dengan cara ini biasanya menghasilkan paving dengan mutu K-150 s/d K-225. Adapun penggunaannya sebaiknya untuk pedestrian dan lahan parker yang tidak terlalu luas dengan beban yang terlalu berat.

b. Metode Hidrolik

Proses produksi dengan mesin hidrolik menghasilkan *paving block* dengan mutu K-225 ke atas. Adapun penggunaannya dapat diaplikasikan pada semua tempat, baik untuk pedestrian maupun parkiran yang luas dengan beban yang cukup berat. Untuk hasil akhir dan penggunaan jangka panjang disarankan menggunakan paving press hidrolik. Karakter *paving block* tidak sama dengan keramik. *Paving block* lebih kasar, ada kalanya bentuknya tidak terlalu mirip satu sama lainnya, sedangkan keramik lebih halus dan bentuknya hamper mulus semua. Jangan melihat bentuk fisiknya saja tetapi lihatlah setelah terpasang. (Wintoko, 2007)

2.2.4 Pengujian *Paving Block*

Paving block dibuat dari campuran : semen, pasir, dan limbah batu karang. Campuran *paving block* kemudian dicetak dan dikeringkan secara alami, dengan waktu pengeringan selama : 7, 14, dan 28 hari. Adapun karakteristik *paving block* yang diukur meliputi : kuat tekan dan penyerapan air.

2.2.4.1 Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Pengukuran kuat tekan (*Compressive Strength*) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (SNI 03-0691-1996) :

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{L} \quad (2.1)$$

Keterangan :

P = Beban tekan (kg)

L = Luas bidang tekan (cm^2)

2.2.4.2 Penyerapan Air (*Water Absorption*)

Pengujian daya serap air ini bertujuan untuk menentukan besarnya persentase air yang terserap. *Paving block* direndam selama 24 jam didalam air yang nantinya akan ditimbang dan dibandingkan dengan berat sebelum perendaman. Untuk mengetahui besarnya penyerapan air dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (SNI 03-0691-1996) :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan :

A = Berat *paving block* basah (kg)

B = Berat *paving block* kering (kg)

2.2.4.3 Perhitungan Biaya Produksi

Untuk mengetahui biaya produksi yang dibutuhkan untuk pembuatan satu *paving block* dengan komposisi campuran 1 : 4 (R. Agus Murdiyoto, 2011)

$$\text{Harga Semen} = \text{Kebutuhan semen (kg)} \times \frac{\text{harga semen}}{1 \text{ sak semen}}$$

$$\text{Harga Pasir} = \text{Kebutuhan pasir (kg)} \times \frac{\text{harga pasir}}{1 \text{ karung pasir}}$$

Limbah batu karang tidak memiliki harga karena batu karangnya diambil langsung di daerah pantai.

$$\text{Harga Produksi} = \text{Total harga semen} + \text{Total harga pasir}$$