

PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK MARMER DAERAH TRENGGALEK SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA PEMBUATAN *PAVING BLOCK*

Erick Eka Perkasa^{1*)}, Gina Bachtiar¹, Yusfita Chrisnawati¹

¹Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta Timur 13220, Indonesia

*)E-mail: erickekaperkasa@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapakah nilai kuat tekan maksimum pada *Paving Block* dengan Limbah serbuk marmer sebagai bahan tambah berdasarkan SNI 03-0691-1996 tentang *Paving Block* yang meliputi penilaian fisik dan Mekanis (kuat tekan dan penyerapan air). Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan benda uji *Paving Block* yang menggunakan Limbah Serbuk Marmer sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% terhadap berat semen dengan ukuran 21 cm x 10,5 cm x 8 cm, dengan jumlah sampel sebanyak 20 buah *Paving Block* dari masing-masing persentase (5 buah untuk pemeriksaan sifat fisik dan 10 buah masing-masing untuk pemeriksaan sifat mekanis dan 5 buah untuk cadangan). Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat *Paving Block* berumur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan adanya kenaikan nilai kuat tekan *paving block* dengan penambahan limbah serbuk marmer sampai 10%. Kuat tekan maksimal benda uji berada pada persentase penambahan limbah serbuk marmer 10% dengan kuat tekan sebesar 26,97 Mpa. Untuk daya serap air terlihat adanya penurunan dengan bertambahnya persentase penambahan limbah serbuk marmer sampai 10%. Penurunan Daya serap air maksimal benda uji berada pada persentase penambahan limbah serbuk marmer 10% dengan daya serap air sebesar 5 %.

Kata kunci: limbah serbuk marmer, kuat tekan, penyerapan air, paving block, bahan tambah

Utilization of Trenggalek Waste Marble Powder as Addmixture in Manufacture of Paving Block

Abstract: This research aimed to find out the maximum compressive strength of paving block with marble waste powder as additive based on SNI 03-0691-1996 for concrete brick class I as wall pair including outside view, physical requirement (compressive strength and water absorption). This research using experimental method to test the object that use 0%, 5%, 10%,15% and 20% of marble waste powder. The object size was 21 cm x 10,5 cm x 8 cm, with total sample was 100 paving block. Each percentage (5 samples for physical test,10 for mechanical test and 5 as reserve). The testing performed when paving block 28 days old. The research results show to raise the value strong press paving block by the addition of waste the marble to 10 %.Strong press maximum objects test is at the percentage the addition of waste the marble 10 % with strong press of 26,97 mpa. To absorption capacity water look a decrease in with increase in the percentage the addition of waste the marble to 10 % .Power drain employ water maximum objects test is at the percentage the addition of waste the marble 10 % with absorption capacity of water amounting to 5 %.

Keywords: waste marble powder, compressive strength, water absorbtion, paving block, admixture

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi bahan bangunan yang semakin cepat, memungkinkan munculnya bahan bangunan yang dapat menggantikan bahan alam, sehingga pemanfaatan bahan-bahan lainnya sangat memungkinkan. Demikian pula dalam bidang industri,teknologi berkembang dengan begitu cepat, hanya saja dalam prosesnya menghasilkan sisa-sisa hasil produksi (limbah) yang mempengaruhi lingkungan hidup. Laju pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi juga berakibat pada tingginya kebutuhan akan sarana hunian. Pengembangan kawasan-

kawasan hunian lebih lanjut akan memacu meningkatnya kebutuhan bahan bangunan. Bahan-bahan tersebut harus disediakan dalam jumlah besar dari alam maupun buatan. Salah satu cara untuk mengatasi permintaan kebutuhan bahan bangunan tersebut adalah dengan cara meningkatkan pemberdayaan sumber daya lokal yang berada di lingkungan tersebut. Pemberdayaan sumber daya lokal dapat berupa pemanfaatan sampah maupun limbah. Pemanfaatan sampah maupun limbah selain dapat mengurangi pencemaran lingkungan juga dapat digunakan sebagai alternatif pengganti bahan bangunan yang sudah ada. Salah satu sampah atau limbah yang dapat dimanfaatkan adalah limbah serbuk marmer.

Marmer adalah sebuah material yang dihasilkan dari alam berbentuk batu yang mengalami metamorfosa yang sangat lama dan sifatnya lebih keras dari bentuk awalnya yaitu batu gamping. Marmer yang telah ditambang diolah untuk pembuatan kerajinan dan lantai dengan bahan dasar marmer. Dalam proses pengolahan akan menghasilkan serbuk marmer yang tidak digunakan dan jika terus dibiarkan menumpuk akan menjadi limbah yang mencemari lingkungan sekitar. Penambangan batu marmer menghasilkan limbah saat proses pengolahannya berupa sisa gergajian batu marmer yang masih dibiarkan begitu saja di sekitar daerah penambangan dan belum dimanfaatkan secara maksimal dan tepat (Hunggurami, 2013). Serbuk marmer merupakan bahan yang dihasilkan dari limbah sisa pemotongan batu marmer. Serbuk marmer ini bersifat limbah dan tidak terpakai hanya untuk jadi timbunan saja, maka akan lebih baik jika dapat dimanfaatkan (Ferriyal, 2005).

Trenggalek merupakan sebuah kabupaten yang terletak di Jawa Timur yang diketahui memiliki beberapa potensi mineral alam salah satunya adalah marmer. Penambangan marmer di kabupaten Trenggalek sendiri memiliki total luas lahan kurang lebih 120 Ha dengan total 70 Ha milik masyarakat dan 50 Ha adalah wilayah PT.Perhutani. Penyediaan volume untuk pertambangan marmer diperkirakan sekitar 74.025.819,95 m³ (<http://kppm.trenggalekkab.go.id/>). Eksplorasi lebih lanjut mengenai penggunaan serbuk marmer secara tepat sangat lah diperlukan karena serbuk marmer diketahui memiliki kandungan yang menyerupai kandungan semen. Melihat potensinya, maka upaya lain untuk memanfaatkan limbah serbuk gergajian batu marmer adalah menggunakannya sebagai bahan bangunan alternatif dalam pembuatan *paving block* (Hunggurami, 2013).

Paving block adalah sebuah bahan yang digunakan dalam dunia konstruksi terutama di bidang perkerasan jalan. yang terdiri dari campuran air,semen, agregat halus serta dengan atau tanpa zat tambahan lainnya (SNI 03-0691-1996). *Paving block* memiliki bentuk,warna serta ukuran yang beragam dipasaran. Dengan penggunaan *paving block* yang kompleks, sehingga kebutuhannya juga meningkat karena kepraktisan dalam pemasangan dan pemeliharannya. Berbagai usaha dilakukan dalam upaya peningkatan mutu dan kualitas akibat persaingan usaha produksi dari *paving block* tersebut. Hal ini dapat dihasilkan dengan menambahkan bahan tambah (*admixture*) ataupun (*additif*) kedalam adukan pada saat pembuatan *paving block*. Keuntungan dari penggunaan *paving block* antara lain adalah permukaannya lentur, tahan terhadap gelincir, mudah untuk di design, perawatannya lebih mudah dan ekonomis jika dibandingkan dengan aspal atau beton masif.. Menyalurkan beban aksial yang berada diatasnya ketika digunakan sebagai perkerasan jalan selain itu digunakan juga sebagai pedestrian untuk para pejalan kaki,ruang bebas untuk publik (plasa), area perkantoran, area perbelanjaan, sekolah dan taman – taman (Wardhani, 2010).

Penelitian ini akan menggunakan limbah serbuk marmer sebagai bahan tambah pada *paving block*. Hal ini berdasarkan uji *Scan Electronic Microscope* (SEM) yang dilakukan di Laboratorium Penelitian Fire,Material & Safety Engineering Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta terhadap serbuk marmer diketahui mengandung kapur (CaO) yang cukup tinggi yaitu 47,36 % yang berguna untuk mengisi rongga yang dihasilkan dari proses pengikatan semen dan bahan penyusun *paving block* sehingga dapat memperbaiki daya serap air dan kuat

tekann *paving block* tersebut, kandungan zat lainnya seperti silika (SiO_2) sebesar 3,37%, zat tersebut memiliki kemiripan dengan zat yang dibutuhkan semen untuk melakukan pengikatan. Serta beberapa kandungan zat seperti Al_2O_3 sebesar 2,81% dan zat Fe_2O_3 1,06%. Jika limbah serbuk marmer digunakan sebagai bahan tambah pada *paving block* diharapkan dapat memperbaiki kuat tekan dan daya serap airnya nya dibandingkan dengan *paving block* normal tanpa campuran serbuk marmer.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan didua tempat yang berbeda, yaitu

1. Pembuatan benda uji dilaksanakan di pabrik paving block milik pak Ismail yaitu PD.MAJU PUTRI yang beralamat di JL Kavling I No.45 Cipayung, Jakarta Timur
2. Pemeriksaan sifat fisik (pandangan luar, ukuran, penyerapan air) dan kuat tekan di Laboratorium Uji Bahan Teknik Sipil Universitas Negeri Jakarta.

Waktu Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2016 sampai Januari 2017. Pada Penelitian ini metode yang digunakan adalah studi eksperimen dilaboratorium dengan benda uji paving block dengan bahan tambah campuran serbuk marmer. Populasi dalam penelitian ini adalah benda uji *paving block* dengan campuran serbuk marmer dari Trenggalek yang memiliki ukuran 21 cm x 10,5 cm x 8 cm dengan proporsi campuran semen : pasir 1 : 4 dengan penambahan serbuk marmer sebanyak 5%,10%,15% dan 20% dari berat semen. Sampel adalah wakil dari sebagian populasi yang akan diteliti, sampel dalam penelitian ini sebanyak 10 buah untuk uji tekan dan 5 buah untuk sifat fisis dan daya serap air.pada setiap presentase campuran sesuai dengan acuan SNI 03-0691-1996.

Tabel 1. Jumlah dan Ukuran Benda Uji

Persentase Proporsi Campuran serbuk marmer pada paving block	Dimensi (cm) P x L x T	Sifat fisik dan penyerapan air	Kuat Tekan
0%	21 x 10,5 x 8	5 buah	10 buah
5%	21 x 10,5 x 8	5 buah	10 buah
10%	21 x 10,5 x 8	5 buah	10 buah
15%	21 x 10,5 x 8	5 buah	10 buah
20%	21 x 10,5 x 8	5 buah	10 buah
Total		75 buah	

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Mesin dan alat cetak paving block dengan ukuran 21 cm x 10,5 cm x 8 cm
- b. Seperangkat alat pembuat paving block (singkup, mesin pengaduk atau mixer, ember)
- c. Bak perendam
- d. Seperangkat alat pemeriksaan agregat halus (pemeriksaan kadar lumpur, pemeriksaan zat organik, pemeriksaan analisis saringan, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air).
- e. Mesin uji kuat tekan
- f. Seperangkat alat untuk mengukur bentuk fisik paving block (Kaliper/ mistar sorong, dengan ketelitian 1 mm, penggaris siku)
- g. Seperangkat alat untuk mengukur kadar penyerapan air paving block (timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 gram, timbangan dengan ketelitian 1 gram, oven pengering suhu 105 ± 5 °C)

Bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block* adalah dengan semen portland, pasir dan air serta bahan tambah yang berupa serbuk marmer.

- a. Agregat halus
 Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir yang sudah melalui tahap pemeriksaan kandungan kadar lumpur, kandungan zat organik, analisis saringan, berat jenis dan penyerapan.
- b. Semen
 Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen PC
- c. Air
 Air yang digunakan pada penelitian ini adalah air PAM yang digunakan di pabrik pembuatan *paving block*.
- d. Serbuk Marmer
- e. Serbuk marmer yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk marmer yang berasal dari daerah trenggaler.

Prosedur penelitian dilakukan sebagai berikut:

- a. Tahap Persiapan
 Tahap ini merupakan segala kegiatan persiapan yang dilakukan untuk mendukung terlaksananya proses penelitian, meliputi perizinan peminjaman Laboratorium Uji Bahan Universitas Negeri Jakarta, pelaksanaan pengadaan bahan material seperti pasir, semen, limbah serbuk marmer serta alat alat yang akan digunakan dalam penelitian ini.
- b. Tahap Pemeriksaan Bahan
 Sebelum bahan-bahan yang sudah tersedia di gunakan dalam penelitian, maka harus diadakan pemeriksaan terhadap bahan-bahan tersebut. Adapun pemeriksaan terhadap tiap-tiap bahan dapat diuraikan sebagai berikut:
 1. Semen. Pemeriksaan yang dilakukan adalah pemeriksaan kadar berat jenis semen yang akan digunakan
 2. Agregat Halus. Pemeriksaan yang dilakukan terhadap agregat halus yang akan digunakan pada pembuatan *paving block* meliputi pengujian kandungan kadar lumpur, pengujian zat organik, pengujian analisis saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan, dan pengujian kadar air.
 3. Air. Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PAM sehingga tidak dilakukan pemeriksaan lebih lanjut karena PAM memiliki standar sebagai air minum.

Perencanaan proporsi campuran untuk pembuatan paving block berdasarkan percobaan dilapangan *paving block*. Proses pembuatan benda uji sebagai berikut:

- a. Uji Sifat Fisis, Penyerapan Air dan Kuat Tekan. Benda uji dibuat dengan menggunakan mesin cetak paving block, dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - 1) Mempersiapkan semua bahan dan alat yang diperlukan seperti: pasir, semen, timbangan, alat cetak, papan alas cetakan dari kayu, singkup, dan bak perendam.

Tabel 2. Kebutuhan Bahan

	Komposisi Campuran	Bahan Per Benda Uji			
		semen	Pasir	Serbuk marmer	Air
1	1PC : 4PS : 0 SM	14 Kg	56 Kg	0 Kg	5,6 Liter
2	1PC : 4 PS : 0,05 SM	14 Kg	56 Kg	0,7 Kg	5,6 Liter
3	1PC : 4 PS : 0,1 SM	14 Kg	56 Kg	1,4 Kg	5,6 Liter
4	1PC : 4 PS : 0,15 SM	14 Kg	56 Kg	2,1 Kg	5,6 Liter
5	1PC : 4 PS : 0,2 SM	14 Kg	56 Kg	2,8 Kg	5,6 Liter
	Total	70 Kg	280 Kg	7 Kg	28 Liter

- a. Buat komposisi campuran bahan dengan menimbang semen, pasir dan serbuk marmer. Dengan perbandingan semen dan pasir 1:4 serta campuran serbuk marmer dari 0% - 20% , maka perbandingannya menjadi seperti pada Tabel 2.
- b. Kondisikan pasir dalam kondisi SSD.
- c. Campurkan bahan masing-masing perbandingan, tempatkan dalam sebuah alat pengaduk kemudian dilakukan pengadukan secara kering dengan menggunakan alat pengaduk atau sampai homogen.
- d. Setelah adukan kering tersebut cukup rata dan homogen. Tuangkan air secukupnya sedikit demi sedikit sesuai dengan FAS, sehingga adukan menjadi lembab dan siap dicetak.
- e. Adukan tersebut dimasukkan kedalam alat cetakan *paving block* lalu dipadatkan.
- f. *Paving block* dikeluarkan dari tempat cetakannya, lalu ditempatkan di tempat sejuk yang terlindung dari panas matahari langsung untuk perawatan sementara selama ± 24 jam.
- g. Kemudian benda uji dibawa ke Laboratorium Uji Bahan Universitas Negeri Jakarta untuk proses perendaman dilakukan selama 28 hari setelah itu diuji kuat tekan dan untuk pengujian penyerapan air benda uji direndam kembali selama 24 jam lalu ditimbang,

Untuk pengujian dilakukan ketika benda uji sudah berumur 28 hari / sudah melewati masa perawatan yaitu direndam selama 28 hari. Setelah itu benda uji diangkat dari bak perendaman untuk dilakukan uji sifat fisis meliputi : pengukuran dan tampak paving block. Untuk daya serap air dilakukan setelah benda uji di rendam kembali selama 24 jam di bak perendaman. Selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji. Prosedur pengujian dilakukan sesuai dengan SNI 03-0691-1996 tentang pengujian *paving block*.

a. Pandangan Luar

Pandangan luar dinyatakan dengan bidang permukaannya harus tidak cacat. Bentuk permukaan lain yang didesain, diperbolehkan. Rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain dan sudut rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan. Untuk mengetahui cacat atau tidaknya permukaan *paving block* dilakukan secara visual tanpa bantuan alat. Lalu hasil dari pengamatan dinyatakan dengan cacat atau tidak cacat. Untuk mengetahui siku atau tidak sikunya sudut sudut pada *paving block* dilakukan dengan menggunakan penggaris siku. Lalu hasil dari pengamatan dinyatakan dengan siku atau tidak siku. Untuk mengetahui mudah atau tidak mudah direpikannya rusuk rusuk *paving block* dengan kekuatan jari tangan dilakukan dengan menekan rusuk-rusuk benda uji dengan tangan. Hasil pengamatan tiap benda dinyatakan dengan mudah atau tidak mudah

b. Pemeriksaan Ukuran

Untuk mengetahui ukuran contoh, dipakai 5 (lima) buah benda uji yang utuh. Sebagai alat pengukur dipakai jangka sorong yang dapat mengukur teliti sampai 1 mm. Setiap pengukuran panjang, lebar, tebal *paving block*, dilakukan paling sedikit 3 (tiga) kali pada tempat yang berbeda-beda, kemudian dihitung rata-rata dari ketiga pengukuran tersebut. Dari hasil pengukuran 5 (lima) buah benda uji, dilaporkan mengenai ukuran rata-rata dan penyimpangannya.

c. Penyerapan Air

Untuk pemeriksaan penyerapan air, dipakai 5 (lima) buah benda uji dalam keadaan utuh dengan menggunakan peralatan yaitu, timbangan yang dapat menimbang teliti sampai 0,5% dari berat contoh dan dapur pengering (oven) yang dapat mencapai suhu 105 ± 5 °C. Benda uji seutuhnya direndam dalam air bersih yang bersuhu ruangan, selama 24 (dua puluh empat) jam. Kemudian benda uji diangkat dari rendaman dan air sisanya dibiarkan meniris kurang lebih 1 (satu) menit, lalu permukaan bidang benda uji diseka dengan kain lembab, agar air yang berlebihan yang masih melekat dibidang permukaan benda uji terserap kain lembab itu. Benda uji kemudian ditimbang (A). Setelah itu benda uji dikeringkan didalam dapur pengering (oven) pada suhu 105 ± 5 °C sampai beratnya pada 2 (dua) kali penimbangan tidak berbeda

lebih dari 2 % dari penimbangan yang terdahulu (B). Selisih penimbangan dalam keadaan basah (A) dan dalam keadaan kering (B) adalah jumlah penyerapan air dan harus dihitung berdasarkan persen berat benda uji kering. (Rumus 2.2).

d. Pemeriksaan Kuat Tekan

Untuk pemeriksaan kuat tekan dipakai 10 (sepuluh) buah benda uji. Langkah-langkah pemeriksaan kuat tekan adalah sebagai berikut

1. Benda uji yang telah siap, diletakkan pada mesin tekan yang dapat diatur kecepatan penekanannya antara 2 sampai 4 kg/cm² per-detik.
2. Kemudian benda uji ditekan hingga jarum berhenti.
3. Lalu hasil penekanan tadi dicatat untuk setiap benda uji dan juga nilai rata-rata dari 10 (sepuluh) benda uji.
4. Kuat tekan benda uji di hitung dengan membagi beban maksimum pada waktu benda uji hancur, dengan luas bidang tekan (Rumus 2.1) dinyatakan dalam kg/cm².

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini diambil dari hasil pengujian dengan melakukan pemeriksaan pandangan luar, ukuran, penyerapan air, kuat tekan dengan menggunakan mesin uji. Teknik analisis data yang dihasilkan melalui pemeriksaan pandangan luar, ukuran, penyerapan air, kuat tekan dengan menggunakan mesin uji yang dilakukan di laboratorium. Hasil pengolahan data dihitung dan dirata-ratakan dengan menggunakan analisa statistik sederhana lalu dibuat dalam bentuk diagram batang dengan bantuan program *Microsoft Excel*, kemudian hasil penelitian disimpulkan dan dibahas secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari sampel yang telah diuji tersebut, dapat disimpulkan hasil penelitian sifat fisik dan sifat mekanik sebagai berikut:

1. Tampak

Hasil pemeriksaan tampak *paving block* meliputi bidang permukaan *paving block* tidak boleh cacat, rusuk-rusuknya siku terhadap yang lain, rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan (SNI 03-0691-1996). Nilai kelulusan pemeriksaan tampak *paving block* disimpulkan melalui batas kelulusan yang ditentukan kriterianya yaitu 60% dari hasil pemeriksaaan benda uji. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa *paving block* yang dihasilkan memenuhi kriteria persyaratan lolos benda uji yaitu bidang permukaan tidak boleh cacat, rusuknya siku terhadap yang lain, dan tidak mudah direpihkan oleh jari tangan. Kesimpulan hasil pemeriksaan bidang permukaan *paving block* tidak boleh cacat dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Bidang Permukaan

Campuran	Jenis pemeriksaan tampak			Keterangan
	Rata-rata bidang permukaan tidak boleh cacat	Rata-rata rusuk siku terhadap yang lain	Rata-rata sudut rusuk tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan	
0%	√	√	√	Lulus uji
5%	√	√	√	Lulus uji
10%	√	√	√	Lulus uji
15%	√	√	√	Lulus uji
20%	√	√	√	Lulus uji

2. Ukuran Dan Toleransi

Dalam SNI 03-0691-1996 tentang *Paving block* tidak disebutkan mengenai batas ukuran dimensi panjang dan lebar *paving block*. Dimensi yang dibatasi hanya mencakup ketebalan minimum sebesar 6 cm dengan toleransi $\pm 8\%$. Maka dari itu, dalam pemeriksaan ukuran peneliti mengacu pada ukuran cetakan dari produsen dengan ukuran sebagai berikut: panjang dalam 21 cm, lebar dalam 10,5 cm, dan tebal dalam 8 cm dengan toleransi ketebalan berdasarkan SNI 03-0691-1996 tentang *Paving block*. Kesimpulan hasil pemeriksaan Ukuran dan Toleransi dapat dilihat pada Tabel Kesimpulan hasil Pemeriksaan Ukuran dan toleransi.

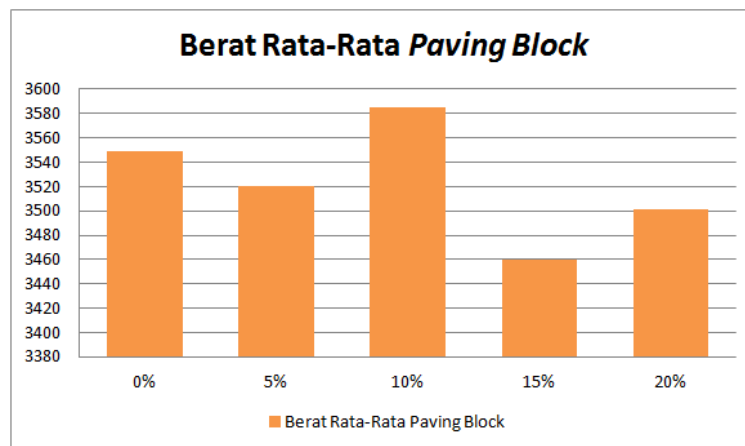
Tabel 4. Kesimpulan Hasil Pemeriksaan Ukuran dan Toleransi

Dimensi	Ukuran Cetakan	Toleransi $\pm 8\%$	Campuran				
			0%	5%	10%	15%	20%
P	21	1,68	21,28	21,06	21,21	21,22	21,18
L	10,5	0,84	10,74	10,41	10,73	10,79	10,78
T	8	0,64	7,97	7,57	7,67	7,97	7,92
Kesimpulan			Lulus Uji				

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua sampel benda uji dengan campuran 0% , 5%, 10%, 15% dan 20% memenuhi persyaratan toleransi ukuran menurut SNI 03-0691-1996.

3. Berat Paving Block

Hasil dari Pengukuran Berat benda uji *Paving Block* dapat dilihat pada Gambar 1 Grafik berat paving block

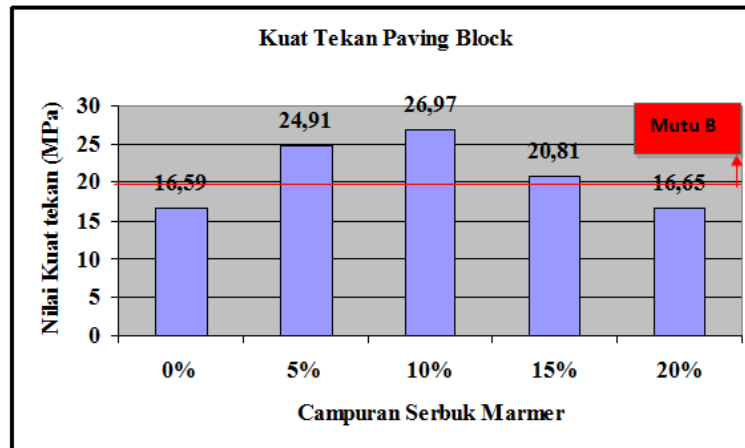


Gambar 1. Grafik Berat Rata-Rata *Paving Block*

Hasil pengukuran berat *paving block* dengan menggunakan serbuk marmer sebagai bahan tambah pada campurannya menghasilkan rata-rata berat yang fluktuatif hal ini diakibatkan dari teknis pengerjaan paving block antara lain ketika menggunakan mesin pengaduk yang besar namun adukannya hanya sedikit sehingga ada adukan bahan yang melekat pada dinding mesin pengaduk, lalu saat dikeluarkan dari mesin pengaduk adukan dikeluarkan dari mesin pengaduk dengan ketinggian mesin dan lantai tempat jatuhnya adukan sekitar 20 cm serta proses pencetakan benda uji menggunakan mesin press vibrator yang mencetak per 3 buah *Paving block*. Sehingga menyebabkan perbedaan berat pada *paving block*.

4. Penelitian Kuat Tekan

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 tentang *Paving block*, nilai kuat tekan rata-rata *paving block* mutu B sebesar 21,19 MPa. Hasil pemeriksaan kuat tekan semua kelompok benda uji dapat dilihat pada Gambar 2 grafik nilai kuat tekan.



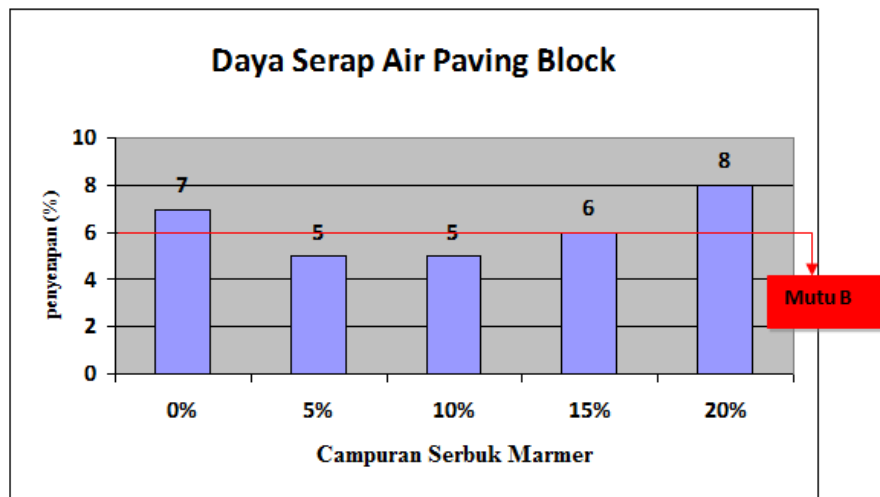
Gambar 2. Grafik Nilai Rata-Rata Kuat Tekan

Nilai kuat tekan rata-rata yang dihasilkan *paving block* dengan menggunakan serbuk marmer sebagai bahan tambah pada campurannya menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan *paving block* normal (tanpa bahan tambah serbuk marmer). Terdapat kenaikan nilai kuat tekan *paving block* dengan bertambahnya persentase campuran serbuk marmer sebagai bahan tambah hingga campuran 10 % dari berat semen. Dalam persentase penambahan serbuk marmer 0% - 5% mengalami kenaikan 33 %. Pada persentase penggantian serbuk marmer 5% - 10% mengalami kenaikan 8 %. Sementara pada persentase penggantian serbuk marmer 10% - 15% mengalami penurunan sebesar 30 %, Begitupula dengan campuran 15% - 20% mengalami penurunan sebesar 25%. Peningkatan kuat tekan tersebut disebabkan oleh kandungan senyawa yang terdapat pada serbuk marmer. Serbuk marmer memiliki kandungan kapur yang lumayan besar yaitu 47,36% dan juga memiliki kandungan silika meskipun tak sebanyak kandungan silika semen yaitu 3,36%. Seperti yang diketahui jika semen bereaksi dengan silika maka akan saling mengikat/mengunci dan menjadi keras seperti batu yang nantinya dapat memberikan peningkatan kuat tekan pada *paving block*.

Adapun yang terjadi pada kelompok benda uji dengan campuran 15% dan 20% dari berat semen mengapa terjadi penurunan kuat tekan, hal ini diduga akibat semakin bertambahnya serbuk marmer maka semakin banyak pula kandungan kapur (CaO) pada campuran *paving block* dan akhirnya mengurangi kemampuan semen untuk mengikat bahan campuran pada *paving block*. Hal tersebutlah yang menyebabkan terjadinya penurunan kuat tekan pada *paving block*.

5. Penelitian Daya Serap Air

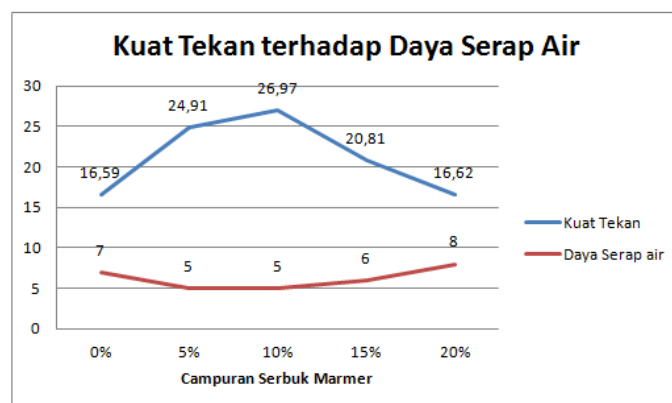
Berdasarkan SNI 03-0691-1996 tentang *Paving block*, nilai penyerapan air rata-rata maksimum untuk mutu B sebesar 6%. Dari hasil Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Daya Serap Air, dapat disimpulkan bahwa semua kelompok variasi benda uji masuk kedalam tingkat mutu B dengan nilai penyerapan air rata-rata pada campuran ke I sebesar 7%, Campuran ke II sebesar 5 %, Campuran ke III sebesar 5% , Campuran ke IV sebesar 6% dan Campuran ke V sebesar 8% Nilai rata-rata daya serap air setiap kelompok benda uji dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Rata-Rata Daya Serap Air

Dalam persentase bahan tambah serbuk marmer 0%-5% mengalami penurunan 2 % dalam bahan tambah serbuk marmer 5% - 10% memiliki nilai yang sama atau tidak berubah, lalu untuk penambahan serbuk marmer 10%-15% mengalami kenaikan sebesar 1% begitu pula dengan penambahan serbuk marmer 15%-20% sebesar 2 % . Hal yang mempengaruhi besar kecilnya daya serap air pada suatu *paving block* adalah adanya pori atau rongga udara pada *paving block* tersebut. Semakin sedikit pori atau rongga yang terdapat pada *paving block* maka semakin kecil penyerapan air yang terjadi. Berdasarkan Gambar 4.2 Grafik rata-rata Daya Serap Air, dapat diketahui bahwa serbuk marmer sebagai bahan tambah pembuatan paving block campuran 5% ,10% dan 15% memiliki daya serap air yang lebih baik dibandingkan paving block tanpa bahan tambah serbuk marmer.

Jadi seiring terjadinya penurunan daya serap air maka terjadi peningkatan kuat tekan. Hal ini saling berhubungan karena daya serap air yang kecil menunjukkan bahwa rongga rongga didalam paving block sangatlah sedikit. *Paving block* yang rongga udara atau pori-pori nya sedikit fisiknya juga akan semakin keras dan kokoh.Hal ini dapat dilihat pada Gambar grafik kuat tekan terhadap daya serap air.



Gambar 4. Grafik Rata-Rata Kuat Tekan Terhadap Daya Serap Air

Dari gambar diatas Dapat dilihat pula pada hasil pengujian sifat fisik benda uji, bahwa *paving block* dengan persentase penambahan serbuk marmer sebesar 10% mengalami kerusakan fisik benda uji paling rendah serta memiliki pori-pori yang lebih sedikit dibandingkan

campuran yang lain. Hal ini membuktikan bahwa semakin kokoh keadaan fisik suatu *paving block* maka daya serap airnya semakin rendah dan kuat tekannya semakin besar.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan maka diambil kesimpulan bahwa memanfaatkan limbah serbuk marmer pada paving block dapat dilakukan dengan variasi campuran 5%, 10% dan 15% hal ini berdasarkan hasil kuat tekan dan daya serap air paving block yang lebih baik dibandingkan paving block tanpa bahan tambah limbah serbuk marmer yang merujuk ke mutu B berarti paving block dengan bahan tambah limbah serbuk marmer dapat digunakan sebagai perkerasan pada tempat parkir mobil.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, SK.SNI.T-04-1990-F “*klasifikasi block beton*”.Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI.03-1750-1990”*Agregat Beton, Mutu dan Cara uji*” .Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI-03-0691-1996”*Pengujian Paving Block*”.Badan Standardisasi Nasional.
- Ferriyal. (2005). Pemanfaatan Bubuk Marmer Hasil Olahan Industri Batu Marmer Untuk Bahan Campuran Pembuatan Paving Block Sebagai Upaya Minimalisasi Limbah (Studi Kasus Di Kabupaten Maros Sulawesi Selatan). *Tesis*.
- Hunggurami, E. F. (2013). Pemanfaatan Limbah Serbuk Marmer Dari Gunung Batu Naitapan Kabupaten Timor Tengah Selatan Pada Campuran Paving Block. *Jurnal Teknik Sipil Vol.II No.1*, 37-48.Jurusan Teknik Sipil, Universitas Nusa Cendana
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: ANDI.
- Septiandini, E. (2007). *Rencana Program Kegiatan Pembelajaran Semester (RPKPS) Mata Kuliah Praktek Uji Bahan*. Jakarta: Program Studi S1 Pendidikan Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- SK.SNI.M-14-1989-F1989”*Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*”Bandung : Yayasan LPMB
- Susilowati. (2011). pemanfaatan serbuk marmer sebagai bahan alternatif pengganti sebagian semen pada campuran beton normal. *JA! No.2 Vol.1*, 17.Jurnal Arsitektur.Universitas Bandar Lampung.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.
- Universitas Negeri Jakarta. (2015). *buku panduan penyusunan skripsi dan non skripsi*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
- Utami, S. (2010). Pemanfaatan Limbah Marmer Untuk Pembuatan Paving Stone. *Neutron, Vol.10, No.2*, 54-59. Teknik Sipil ITS. Surabaya.