

REKAYASA SEMEN KOMPOSIT LIMBAH SERUTAN BAMBU SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PERKERASAN JALAN (*PAVING BLOCK*)

Eratodi, IGLB¹ dan Ariawan, P.²

¹*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Pendidikan Nasional (Undiknas) Denpasar, Jl. Bedugul No. 39, Sidakarya, Denpasar*

Email: guss_todi@yahoo.co.id

²*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Pendidikan Nasional (Undiknas) Denpasar, Jl. Bedugul No. 39, Sidakarya, Denpasar*

Email: ariawanputu25@yahoo.co.id

Abstract: Rigid concrete pavement is a pavement needed on a special typical load area and also needed a low maintenance. Problems arise when there is limited sand material available and the cost is also expensive. Solutions developed in this research apply cement composite materials mixed with bamboo shavings waste hence building materials that are lightweight, environmentally friendly and has the character of a concrete class were obtained. This cement composite material has advantages in utilization of bamboo shaving waste and therefore reduces environmental pollution. The purpose of this research were to engineer alternative paving materials in the form of paving block made of bamboo shaving waste mixture composite cement. This research has obtained the optimum physical and mechanical properties of the composite cement material and paving block at a specific mixture composition. The physical and mechanical properties that are tested on paving block samples had five compositions variation of cement (S): sand (P): and bamboo fibre (B) of 1:6:0; 1:4.5:1.5; 1:3:3; 1:1.5:4.5; and 1:0:6 respectively with catalyst of CaCl_2 as much as 3 % volume. The results have showed that the physical properties of the concrete slab have optimum water content of 16.67 % at variation of 1:4.5:1.5 and optimum mass density of 0.550 kg/m^3 at variation of 1:3:3. The mechanical properties test of the concrete slab have showed mean compressive strength of 19.8 MPa, mean Modulus of Rupture (MOR) of 16.40 MPa and mean Modulus of Elasticity (MOE) of 11,500 MPa respectively at variation of 1:4.5:1.5. Optimum wear resistance value at variation of 1:3:3 on average were 0.698 mm/min. The physical properties test results for the paving block had mean water content of 6.77 % and mean mass density of 0.761 kg/m^3 respectively at variation of 1:3:3. The value of mean MOR, mean MOE and mean wear resistance were 27.16 MPa, 11,583 MPa and 0.864 mm/min respectively for variation of 1:3:3.

Keywords: bamboo shaving, composite cement, and paving block.

Abstrak: Perkerasan jalan beton merupakan perkerasan yang dibutuhkan pada area bertipikal beban khusus dan *low maintenance*. Permasalahan penggunaan beton muncul ketika ketersediaan bahan pasir terbatas dan harganya mahal. Solusi yang dikembangkan dalam penelitian ini menerapkan bahan komposit semen dengan limbah serutan bambu sehingga diperoleh bahan bangunan yang ringan, ramah lingkungan dan memiliki karakter sekelas beton. Bahan semen komposit ini memiliki keuntungan dalam pendayagunaan limbah serutan bambu sehingga ikut mengurangi pencemaran lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah membuat rekayasa komponen bahan alternatif perkerasan jalan dalam bentuk *paving block* dari semen komposit campuran bahan limbah serutan bambu. Penelitian ini mendapatkan sifat fisika dan mekanika optimum bahan semen komposit dan *paving block* pada komposisi campuran tertentu. Sifat fisika dan mekanika yang diuji pada benda uji *paving block* dengan 5 variasi perbandingan semen(S): pasir(P): dan serat bambu(B), yaitu 1:6:0; 1:4,5:1,5; 1:3:3; 1:1,5:4,5 dan 1:0:6 dengan katalis CaCl_2 sebanyak 3% volume. Hasilnya menunjukkan sifat fisika papan semen memiliki nilai optimum kadar air 16,67% pada variasi 1:4,5:1,5 dan berat jenis optimum $0,550 \text{ kg/m}^3$ pada variasi 1:3:3. Hasil uji sifat mekanika papan semen yaitu kuat tekan rata-rata sebesar 19,8 MPa, *Modulus of Repture* (MOR) rata-rata sebesar 16,40 MPa dan *Modulus of Elasticity* (MOE) rata-rata sebesar 11.500 MPa pada variasi 1:4,5:1,5. Nilai ketahanan aus optimum pada variasi 1:3:3 rata-rata sebesar 0,698 mm/menit. Hasil uji sifat fisika *paving block* dengan kadar air rata-rata 6,77% dan kerapatan rata-rata $0,761 \text{ kg/m}^3$ pada variasi 1:3:3. Nilai rata-rata MOR, MOE dan ketahanan aus masing-masing sebesar 27,16 MPa, 11.583 MPa, dan 0,864 mm/menit pada variasi 1:3:3.

Kata kunci : Serutan bambu, semen komposit, dan *paving block*.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan penggunaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dewasa ini telah banyak digunakan sebagai bahan perkerasan jalan raya, antara lain perkerasan kaku dengan menggunakan campuran beton bertulang atau menggunakan balok beton terkunci seperti *paving block*, *grass block*, dan lainnya. Perkerasan kaku khususnya *paving block* banyak digunakan pada tempat – tempat khusus yang memerlukan kekuatan lebih untuk menahan beban sekunder (*secondary force*) seperti pada daerah tikungan, halte, areal parkir, tanjakan, pelabuhan, serta untuk menggunakan perkerasan pada kawasan tertentu seperti ruas jalan di kawasan perumahan, pelabuhan, jalan setapak/gang, trotoar, ruas jalan dikawasan wisata, halaman kantor, rumah, dan kompleks pertokoan.

Aplikasi *paving block* pada pembangunan ruas jalan sudah banyak dijumpai diberbagai daerah, karena perkerasan kaku relatif lebih besar kemampuannya menahan beban, dan umur rencana lebih lama. Dengan menggunakan *paving block* dinilai lebih ekonomis dari pada penggunaan perkerasan beton bertulang, *paving block* mudah dalam pekerjaan pemasangan, dan mampu menahan beban dalam batasan tertentu, serta konstruksinya relatif tahan lama. Selain itu *paving block* mempunyai keunggulan sifat yang khas yang tidak dimiliki perkerasan lainnya yaitu kesan yang indah. Kesan yang indah ini terbentuk dari bentuk dan warna elemen *paving block* tersebut, sehingga dapat dibuat pola-pola yang menarik pada permukaan jalan. *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 beton itu. Pengembangan penggunaan *paving block* sebagai alternatif. Penggunaan *paving block* antara lain dapat digunakan untuk perkerasan palataran parkir, trotoar, jalan-jalan di dalam perumahan, gang-gang kecil serta pada pelabuhan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Papan semen

Kelanawati (2006) meneliti pengaruh lama perendaman partikel kulit bambu petung dan kadar semen terhadap sifat papan semen. Lama perendaman adalah 1 hari dan 2 hari dengan variasi kadar semen dan partikel bambu adalah 4:1 dan 5:1. Papan semen dibuat dengan *Portland Cement* (PC) Gresik dan bahan katalisator menggunakan Ca(OH)_2 . Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi lama perendaman dan kadar semen memberikan pengaruh nyata terhadap penyerapan air. Lama perendaman tidak memberikan pengaruh nyata, sedangkan kadar semen memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air, kerapatan, penyerapan air, modulus elastisitas (MOE) dan kuat lentur (MOR). Nilai MOR yang dihasilkan memenuhi standar DIN 1101. Kumoro (2008) meneliti pengaruh susu perendaman dan jumlah semen terhadap karakteristik papan semen bambu petung. Variasi suhu adalah tanpa direndam, 30°C, 60°C, dan 90°C serta jumlah perekat semen 2,5 dan 3,5 kali berat partikel bambu. Lama perendaman partikel bambu adalah 2 jam. Katalisator digunakan CaCl_2 sebanyak 3% dari berat semen. Hasil penelitian menunjukkan nilai penyerapan air semakin kecil nilainya seiring dengan meningkatnya suhu perendaman. Kualitas papan semen yang terbaik adalah dengan suhu perendaman 90°C. Berdasarkan standar kualitas papan semen yang diteliti, nilai kerapatan dan pengurangan tebal sesuai DIN 1101 dan nilai kadar air dan kerapatan papan semen sudah sesuai dengan standar FAO. Krisnamutra (2012) meneliti pengaruh ukuran partikel pada lapisan *core* dan kadar semen pada papan semen limbah serutan bambu petung. Papan semen dibuat dengan menggunakan katalis CaCl_2 , kadar semen terhadap partikel dipakai 2:1; 3:1; dan 4:1, dan ukuran partikel adalah lolos saringan 1 cm, tertahan 0,5 cm dan tertahan 1 cm. Hasil penelitian kadar semen berpengaruh sangat nyata pada kadar air, penyerapan air, MOR, dan MOE. Semakin tinggi kadar semen semakin rendah nilai kadar air dan penyerapan, namun nilai MOR dan MOE semakin tinggi. Ukuran partikel berpengaruh nyata terhadap kadar air, semakin kecil ukuran partikel maka semakin kecil nilai kadar air papan semen. Ardianisa (2013) meneliti pengaruh jenis katalis dan ukuran partikel yang

dipakai pada papan semen. Katalis digunakan dua macam yaitu $MgCl_2$ dan $CaCl_2$. Ukuran partikel dipakai 3 variasi, yaitu: lolos saringan 1cm x 1cm dan tertahan 0,5cm x 0,5cm; lolos 0,5cm x 0,5cm tertahan 0,2cm x 0,2cm; dan lolos 0,2cm x 0,2cm tertahan 0,1cm x 0,1cm. Hasil penelitian menunjukkan interaksi antara macam katalis dan ukuran partikel berpengaruh terhadap pengurangan tebal. Pengurangan tebal terendah adalah pada papan semen dengan katalis $CaCl_2$ dan partikel 0,2cm x 0,2cm. Penggunaan katalis $CaCl_2$ memberikan nilai MOE lebih tinggi dibandingkan katalis $MgCl_2$. Untuk faktor ukuran partikel, semakin kecil ukuran partikel akan meningkatkan nilai kerapatan, MOR, MOE dan menurunkan nilai kadar air, penyerapan, pengembangan tebal. Papan semen yang dihasilkan memenuhi DIN 1101 dan FAO (Kasmudjo, 2001).

Limbah bambu

Bambu petung (*Dendrocalamus asper*) mempunyai rumpun yang agak rapat dan dapat tumbuh di dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 2000 m. Batang bambu petung dapat mencapai panjang 10 m hingga 14 m, panjang ruas berkisar 40 m – 50 m, dengan diameter 6 cm – 15 cm, tebal dinding 10 mm – 15 mm (Morisco, 2006). Bambu petung dapat dipergunakan untuk berbagai kebutuhan, terutama untuk bahan bangunan dinding rumah, rangka bangunan, tiang, dan lantai yang biasanya sangat tahan terhadap gempa bumi karena strukturnya yang ringan dan elastis. Bambu petung memiliki persentase serabut yang cukup tinggi dan ikatan serabut yang cukup besar (Nuriyatin, 2004). Rata-rata dimensi batang memiliki panjang 3,78 mm, diameter 19 m, lebar lumen 7 m, dan tebal dinding 6 m (Dransfield dan Widjaya, 1995). Berat jenis bambu petung sekitar $0,55 \text{ g/cm}^3 - 0,78 \text{ g/cm}^3$.

Papan semen komposit

Papan semen adalah salah satu papan komposit yang terbuat dari campuran partikel-partikel (serpihan) kayu atau bahan *berlignoselulosa* lainnya dengan semen sebagai bahan perekatnya (Sutigno, dkk, 1997). Kayu yang digunakan untuk papan semen adalah kayu yang mempunyai berat jenis yang tidak terlalu tinggi. Perekat yang digunakan biasanya adalah semen jenis *portland cement* (PC) karena mudah diperoleh dan kekuatan cukup baik (Kasmudjo,

2001). Proses pembuatan papan semen partikel menggunakan tekanan kempa sebesar 20 – 35 kg/cm^2 (Kamil, 1970). Papan partikel berpengikat semen ini mempunyai ketahanan yang sangat istimewa terhadap pengrusakan, pembusukan, serangga, dan api. Papan semen sangat cocok digunakan untuk dinding eksterior dan interior (Haygreen dan Bowyer, 1989). Sifat-sifat papan semen ditentukan oleh dua faktor dasar yaitu kayu dan bahan berlignoselulosa sebagai bahan baku dan semen sebagai perekatnya. Faktor pertama bahan baku meliputi : jenis kayu yang dipakai, kerapatan, dimensi partikel yang dipakai, kandungan ekstraktif, kadar air, jenis dan kadar semen yang digunakan. Faktor yang kedua adalah proses pembuatan meliputi : kerapatan yang dituju, katalisator ataupun bahan kimia yang berfungsi sebagai pengeras (Prayitno, 1995). Jenis bahan baku sangat mempengaruhi kualitas papan semen komposit yang dihasilkan. Menurut Anonim (1966) dalam Kumoro (2008) bahan baku pembuatan papan mineral dapat dibedakan menjadi : 1) limbah sekitar hutan yang berasal dari kayu; 2) limbah industri pengolahan kayu; dan 3) bahan berserat lainnya seperti ampas tebu, jerami, rami, bonggol jagung, atau rumput.

Perekat Semen

Semen adalah sejenis bahan ikat hidrolis yang dihasilkan oleh pabrik. Semen dihasilkan dari pembakaran bahan-bahan dasar yang terdiri dari batu kapur (yang mengandung CaO), tanah serpih (yang mengandung H_2O dan SiO_2) dan tambahan bahan lain sesuai dengan jenis semen yang diinginkan. Campuran dari bahan tersebut selanjutnya dibakar pada temperatur tinggi dalam tanur bakar sehingga diperoleh butir-butir *klinker*, kemudian *klinker* digiling halus secara mekanis sambil ditambahkan kapur dan hasilnya dalam bentuk tepung halus.

Katalis (Accelerator)

Katalis (*accelerator*) merupakan additif yang dicampur pada semen (sebagai perekat) berfungsi untuk meningkatkan daya ikat bahan pengikat terhadap partikel kayu agar tercapai suatu ikatan yang optimum dan mempercepat proses pengerasan sehingga didapatkan hasil akhir yang lebih baik (Kasmudjo, 2001). Beberapa bahan katalis tambahan (additif) seperti Kalsium Klorida ($CaCl_2$), Magnesium Klorida ($MgCl_2$), Besi Klorida ($FeCl_2$); Besi

Sulfat ($\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$), dan Kalsium Hidrosil ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) telah dilaporkan dapat menurunkan efek penghambat dari kayu terhadap pengerasan semen (Moslemi, dkk., 1986). Kalsium Klorida (CaCl_2) merupakan *accelerator* yang terbaik dari jenis klorida. Hasil penelitian Ardianisa (2013) menunjukkan bahwa penggunaan katalis CaCl_2 pada papan semen bambu petung mempunyai sifat lebih baik dibandingkan katalis MgCl_2 .

Klasifikasi dan Standarisasi Papan Semen Komposit

Standar papan semen komposit dapat dimasukkan dalam katagori industri dan layak sebagai komponen bangunan berdasarkan sifat fisika dan mekanika, menurut beberapa acuan yaitu : DIN 1101, SNI-2104-1991-a, (dalam Kasmudjo, 2001) dan FAO (dalam Kumoro, 2008) disajikan dalam Tabel 1 s.d Tabel 3.

Tabel 1. Standar papan semen menurut DIN 1101 dan SNI-2104-1991-a

Tebal (mm)	Berat (kg/m^2)	Kerapatan (kg/m^3)	Kekuatan Lentur (kg/cm^2)	Penyusutan tebal akibat tekanan 3 kg/cm^2 (%)
15	8,5	570	17	7,5
25	11,5	460	10	15
35	14,5	415	7	17
50	19,5	390	5	18

Sumber : Kasmudjo (2001)

Tabel 2. Standar papan semen menurut FAO 1996

Sifat Fisika dan Mekanika	Nilai	Satuan
Kadar air	16 – 50	%
Kerapatan	0,40 – 0,80	g/cm^3
Absorsi air	20 – 75	%
Pengembangan tebal	5 – 15	%
Modulus Elastisitas (MOE)	7000 – 14000	kg/cm^2
Tegangan Lentur (MOR)	100 – 500	kg/cm^2

Sumber : Kumoro (2008)

Klasifikasi dan Standarisasi Paving Block

Standar *paving block* dapat dimasukkan dalam katagori industri dan layak sebagai komponen bangunan berdasarkan sifat fisika dan *paving block* adalah bahan bangunan yang terdiri dari campuran semen, pasir, air, sehingga karakteristiknya hampir mendekati *mortar*. sehingga bahan perkerasan *paving block* mempunyai beberapa keunggulan antara lain:

1. Pelaksanaannya mudah sehingga memberikan kesempatan kerja yang luas kepada masyarakat.
2. Pemeliharaannya mudah.
3. Bila ada kerusakan, perbaikannya tidak memerlukan bahan tambahan yang banyak karena *paving block* merupakan bahan yang dapat dipakai kembali meskipun telah mengalami pembongkaran.

4. Tahan terhadap beban statis, dinamik dan kejut yang tinggi.
5. Cukup *fleksibel* untuk mengatasi perbedaan penurunan (*differential sattlement*).
6. Mempunyai durabilitas yang baik.

Sifat fisik *Paving block* atau disebut juga batu cetak halaman harus mempunyai kekuatan seperti pada Tabel. 4.

Pemasangan *paving block* dapat dibuat mosaik dengan kombinasi warna sesuai estetika yang dirancang, dapat berupa logo, tulisan dan batasan area parkir atau petunjuk arah pada suatu daerah pemukiman. Klasifikasi *paving block* menurut SNI T – 04 – 1990 – F, klasifikasi *paving block* ini berdasarkan atas bentuk, tebal, kekuatan, dan warna.

Tabel 3. Kekuatan Fisik Batu Cetak Halaman (*Paving Block*)

Mutu	Kekuatan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Pers. Kadar air rata-rata (%)
	Rata-rata	Terendah	Rata-rata	Terendah	
I	40	34	0.090	0.103	3
II	30	25.5	0.130	1.149	5
III	20	17.0	0.160	0.134	7

Sumber : SNI-04-1989-F (DPU, 1989)

Tabel 4. Variasi perbandingan semen (S): pasir (P): dan serat bambu (B).

Kode sampel	Semen (S)		Pasir (P)		Serat Bambu (B)	
	Rasio volume	Kadar (%)	Rasio volume	Kadar (%)	Rasio volume	Kadar (%)
SK 01	1	15	6	85	0	0
SK 02	1	15	4,5	65	1,5	20
SK 03	1	15	3	42,5	3	42,5
SK 04	1	15	1,5	20	4,5	65
SK 05	1	15	0	0	6	85

Klasifikasi Berdasarkan Ketebalan

Ketebalan *paving block* terbagi menjadi tiga macam yaitu :

1. *Paving block* dengan ketebalan 60 mm, untuk beban lalu lintas ringan.
2. *Paving block* dengan ketebalan 80 mm, untuk beban lalulintas sedang sampai berat.
3. *Paving block* dengan ketebalan 100 mm, untuk beban lalulintas super berat.

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

Klasifikasi Berdasarkan Kekuatan

Pembagian kelas *paving block* berdasarkan mutu betonnya adalah: (1) *Paving block* dengan mutu beton I dengan nilai f_c 34 – 40 MPa, (2) *Paving block* dengan mutu beton II dengan nilai f_c 25,5 – 30 MPa dan (3) *Paving block* dengan mutu beton III dengan nilai f_c 17 – 20 MPa. Kuat tekan *paving block* dapat diintegrasikan melalui pengujian kuat tekan pada beton dilakukan dengan menekan benda uji silinder 150 mm x 300 mm pada standar ACI, SNI, dan kubus 150 mm x 150 mm pada standart Inggris. Kuat hancur dari *Paving block* dipengaruhi oleh sejumlah faktor yaitu:

1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat tekan bebas beton.
2. Jenis dan lekuk-lekuk bidang permukaan *agregat*.
3. Efisiensi dari perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya.
4. Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton meningkat dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetap rendah untuk waktu yang sama.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian tahun pertama adalah perilaku fisik dan mekanik papan semen komposit dengan variasi jumlah (kadar) partikel serutan bambu, sehingga diperoleh hasil akhir yang diharapkan adalah kadar komposisi partikel bambu yang optimum. Sifat fisik yang diuji adalah kadar air, kerapatan, penyerapan air, dan pengembangan tebal. Sedangkan sifat mekanik yang diuji adalah kuat lentur (MOR), modulus elastistas (MOE), kuat tarik, kuat tekan, kuat geser, kuat kejut dan keausan. Spesifikasi benda uji penelitian yang dibuat adalah variasi komposisi jumlah partikel bambu, dengan variabel tetap adalah jumlah semen sebanyak 3 kali berat bahan (serat + partikel), kadar katalis ($CaCl_2$) adalah 3% berat semen, lama perendaman bahan

(serat & partikel) selama 1 hari pada suhu 90°C. Rancangan penelitian secara lengkap disajikan pada Tabel 5. Berikutnya pembuatan paving blok dengan dimensi 100 × 200 mm dan tebal 60 mm.

Tahapan pembuatan papan semen komposit serat aren dan partikel bambu adalah sebagai berikut :

- Persiapan limbah serat kayu aren dan partikel serutan bambu
- Perendaman serat kayu aren dan partikel serutan bambu dengan suhu sampai 90°C, kemudian dibiarkan selama 24 jam.
- Pengeringan bahan serat dan partikel pada sinar matahari, hingga kadar air 10 – 14%.
- Pemilahan, pemotongan, dan penyaringan/pengayakan serat dan partikel sesuai dengan variasi yang direncanakan.
- Penimbangan serat dan partikel sesuai dengan kerapatan yang ditentukan (0,9 g/cm³).
- Pencampuran dengan katalisator
- Pencampuran dengan *Portland Cement* (PC)
- Pembuatan cetakan (mat) dilakukan di atas pelat besi atau kayu keras.
- Cetakan lembaran campuran dikempa dingin (*cold press*) dengan tekanan sekitar 3,5 MPa, lalu baut klem kempa dikencangkan dan dibiarkan selama 48 jam.
- Klem dibuka setelah 48 jam dan papan semen dikondisikan lebih dari 28 hari.

Tahap pembuatan benda uji dilakukan pemotongan balok komposit semen serutan limbah bambu menurut spesifikasi ASTM D 143 – 94 untuk mendapatkan sampel uji sifat fisika dan sifat mekanika.

Kadar Air

Benda uji ditimbang untuk mendapatkan berat awal (Ba). dalam keadaan kering udara ditimbang beratnya lalu diukur rata-rata panjang, lebar, dan tebalnya untuk menentukan volume. Untuk selanjutnya dioven dengan suhu 103 ± 2°C selama 24 jam, sebagai berat kering oven sebagai (BKO).

$$\text{Kadar Air} = \frac{Ba - BKO}{BKO}$$

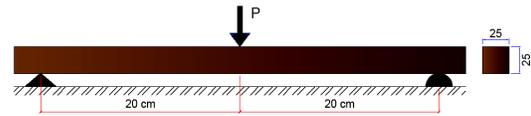
Kerapatan

Benda uji dalam keadaan kering udara ditimbang beratnya lalu diukur rata-rata panjang,

lebar, dan tebalnya untuk menentukan volume= (panjang × lebar × tebal). Kerapatan = $\frac{\text{Berat}}{\text{Volume}}$

Kuat Lentur (MOR)

Pengujian lentur dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Benda uji blok papan semen dengan ukuran 25 × 25 × 41 mm³ dan benda uji paving block 200 × 100 × 60 mm³ diletakkan pada tumpuan sederhana dan diberi beban terpusat statik pada tengah bentang.



Gambar 1. Konfigurasi pengujian lentur blok papan semen

$$MOR = \frac{3PL}{2bh^2}$$

dimana: P =beban terpusat sampai patah/runtuh
 b =lebar benda uji
 h =tebal/tinggi benda uji

Modulus Elastisitas (MOE)

Pengujian modulus elastisitas sama dengan uji lentur. Beban pada tengah bentang diberikan secara bertahap dengan kecepatan 6 mm/menit.

$$MOE = \frac{\Delta PL^3}{4\Delta ybh^3}$$

dimana: ΔP=perubahan beban
 Δy=perubahan deformasi
 L =panjang bentang

4. PEMBAHASAN

Hasil uji blok papan semen dengan lima variasi S:B:P, didapatkan nilai optimum pada perbandingan 1:4,5:1,5 Dengan nilai rata-rata kuat tekan, MOR, MOE dan ketahanan aus masing-masing sebesar 19,8 MPa, 16,4 MPa dan 11.500 MPa dan 0,698 mm/menit. Nilai ini pada blok papan semen dengan sifat fisika kadar air 16,67% perbandingan 1:4,5:1,5 dan kerapatan 0,550 kg/m³ pada perbandingan 1:3:3.

Hasil uji sifat fisika *paving block* semen komposit serutan bambu, kadar air rata-rata 6,77% dan kerapatan rata-rata 0,761 kg/m³ pada

perbandingan 1:3:3. Selanjutnya 5 variasi komposisi semen komposit serutan bambu diuji lentur dan uji ketahanan aus. Hasil uji lentur dan ketahanan aus komposisi S:B:P 1:6:0; 1:4,5:1,5; 1:3:3; 1:1,5:4,5 dan 1:0:6 berturut-

turut disajikan pada Tabel 5 sampai Tabel 7, hubungan beban dan lendutan hasil uji lentur dapat dilihat pada Gambar 2. dibawah ini.

Tabel 5. Nilai kuat lentur (MOR) rata-rata *paving block*

Benda Uji	Variasi S : B : P				
	1:6:0	1:4,5:1,5	1:3:3	1:1,5:4,5	1:0:6
PPCTK-01	26,17	24,41	25,82	25,06	22,73
PPCTK-02	26,34	28,22	26,71	25,84	25,24
PPCTK-03	24,83	27,25	28,95	25,37	22,43
Rata-rata	25,78	26,63	27,16	25,42	23,47

Tabel 6. Nilai kuat lentur (MOE) rata-rata balok papan semen

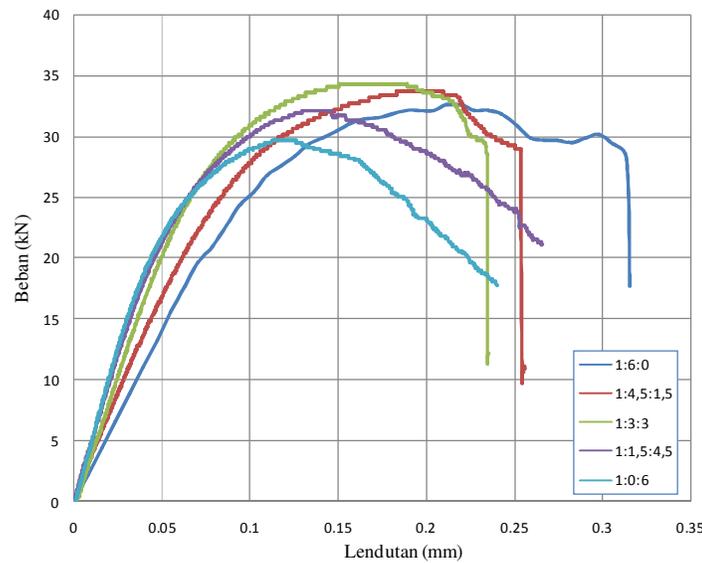
Benda Uji	Variasi S : B : P				
	1:6:0	1:4,5:1,5	1:3:3	1:1,5:4,5	1:0:6
PPCL-01	8.159	10.899	11.576	10.475	9.644
PPCL-02	8.456	10.159	11.513	10.041	9.918
PPCL-03	7.990	10.281	11.661	10.190	9.865
Rata-rata	8.201	10.446	11.583	10.235	9.809

Tabel 7. Nilai ketahanan aus (mm/menit) rata-rata balok papan semen

Benda Uji	Variasi S : B : P				
	1:6:0	1:4,5:1,5	1:3:3	1:1,5:4,5	1:0:6
PPCL-01	0.417	0.741	0.823	0.863	0.789
PPCL-02	0.634	0.822	0.911	0.746	0.745
PPCL-03	0.983	0.825	0.857	0.873	0.791
Rata-rata	0.678	0.796	0.864	0.827	0.775

Hasil uji sifat fisika *paving block* semen komposit serutan bambu, kadar air rata-rata 6,77% dan kerapatan rata-rata 0,761 kg/m³ pada perbandingan 1:3:3. Dan nilai rata-rata MOR, MOE dan ketahanan aus masing-masing sebesar

27,16 MPa, 11.583 MPa, dan 0,864 mm/menit pada perbandingan 1:3:3. Hubungan beban dan lendutan hasil uji lentur rata-rata pada masing-masing variasi S:P:B ditampilkan pada Gambar 2. di bawah ini.



Gambar 2. Hubungan beban-lendutan uji lentur paving block semen komposit tiap variasi S:P:B

5. KESIMPULAN

Eksperimen uji sifat fisika, mekanika pada papan semen komposit dan bahan perkerasan (*paving block*) telah dilakukan, hasilnya menunjukkan antara lain:

1. Sifat fisika papan semen nilai optimum dari kadar air yaitu 16,67% pada perbandingan 1:4,5:1,5, nilai optimum berat jenis yaitu 0,550 kg/m³ pada perbandingan bahan 1:3:3. Sifat mekanika papan semen, nilai optimum dari kuat tekan rata-rata sebesar 19,8 MPa, lentur (MOR) rata-rata sebesar 16,40 MPa dan modulus elastisitas (MOE) rata-rata sebesar 11.500 MPa pada perbandingan bahan 1:4,5:1,5. Nilai ketahanan aus optimum pada perbandingan bahan 1:3:3 rata-rata sebesar 0,698 mm/menit.
2. Hasil uji sifat fisika *paving block* semen komposit serutan bambu, kadar air rata-rata 6,77% dan kerapatan rata-rata 0,761 kg/m³ pada perbandingan 1:3:3. Dan nilai rata-rata MOR, MOE dan ketahanan aus masing-masing sebesar 27,16 MPa, 11.583 MPa, dan 0,864 mm/menit pada perbandingan 1:3:3. *Paving block* semen komposit serutan bambu masuk syarat sebagai bahan perkerasan jalan kelas II.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D143. (1994). Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber. *Annual book of ASTM Standards*, Vol. 04.10., West Conshohocken, PA, USA.
- Anonim. 1996, SNI T-04-1990-F *tentang Standar Bata Beton Paving Block*
- Ardianisa. (2013). *Pengaruh Macam Katalis dan Ukuran Partikel Terhadap Sifat Papan Semen Limbah Bambu Petung*. Skripsi, Fakultas Kehutanan, UGM Yogyakarta.
- DPU. (1989). *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam)*. SK SNI S-04-1989-F, Yayasan LPMB Jakarta.
- Dransfield dan Widjaja, E.A. (1995). "Plant Resources of South-East Asia". *Bamboos, Prosea*, Volume ke-7, Bogor.
- Haygreen, J. G., dan Bowyer, J. L. (1989). *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Suatu Pengantar (Terjemahan), Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kamil, R., N. (1970). *Prospek Pendirian Industri Papan Wol Kayu di Indonesia*. Pengumuman No. 95, LPHH, Bogor
- Kasmudjo. (2001). *Pengantar Teknologi Hasil Hutan Bagian V Papan Tiruan Lain*. Yayasan Pembina, Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.

- Kelanawati. (2006). *Pengaruh Lama Perendaman Partikel Kulit Bambu dan Kadar Semen Terhadap Sifat Papan Semen Kulit Bambu Petung*. Skripsi, Fakultas Kehutanan, UGM Yogyakarta.
- Kumoro. (2008). *Pengaruh Suhu Perendaman dan Jumlah Perekat Semen Terhadap Sifat Papan Semen Partikel Serutan Bambu Petung*. Skripsi, Fakultas Kehutanan, UGM Yogyakarta.
- Krisnamutra. (2012). *Pengaruh Ukuran Partikel Pada Lapisan Core dan Kadar Semen Terhadap Sifat Papan Semen Limbah Serutan Bambu Petung*. Skripsi, Fakultas Kehutanan, UGM Yogyakarta.
- Morisco. (2006). *Teknologi Bambu*. Bahan Kuliah, Magister Teknologi Bahan Bangunan, PPS UGM Yogyakarta.
- Moslemi, A. A. and S.C. Pfister. (1986). "The Influence of Cement/Wood Ratio and Cement Type on Bending Strength and Dimensional Stability of Wood-Cement Composite Panels". *Wood and Fiber Science* 10 : 165-175.
- Nuriyatin, N. (2004). "Studi Sifat Anatomi Pada Lima Jenis Bambu". *Jurnal Penelitian UNIB* Vol X : 11-19.
- Prayitno, T.A. (1995). *Teknologi Papan Majemuk*. Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sutigno, P., Kliwon, S., dan Karnasudirdja. (1997). *Sifat Papan Semen Lima Jenis Kayu*. Laporan No. 96. Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.