

PENGARUH PEMANFAATAN SERAT SELULOSA BAMBU TERHADAP KUAT TEKAN DAN PENYUSUTAN CAMPURAN MORTAR

Monica P.M. Londok¹⁾, Steve W.M. Supit²⁾, Jeanely Rangkang³⁾

^{1,2,3} Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado
E-mail: monica.londok@sipil.polimdo.ac.id

Abstract

The availability of bamboo in Indonesia has affected the increased of bamboo production and caused bamboo waste. Cellulose bamboo fiber were made from bamboo waste, so that the bamboo waste can be used properly in construction sector, because cellulose has mechanical properties that can have a direct effect with cement. The addition of bamboo cellulose to the mortar can provide mechanical strength to the mortar. Cellulose Micro Fiber as an additive in the cement mortar mixture produces a mortar with higher toughness than mortar without CMF. The amount of CMF mixing is 0.5%, 1%, 1.5% and 2% by the cement volume. The aims of this study are to analyze the effect of adding cellulose micro fibers into mortar mixtures base on a compressive test and to analyze the shrinkage value or the length change of mortars when cellulose fibers are added. When comparing the experimental results of compressive strength, mortar with 1% provides superior mechanical strength which 30.3 MPa. At 28 days, the reduction of mortars length with 1% bamboo cellulose is 0.09 μm compared to normal mortars with a higher shrinkage value which 0.295 μm . Cellulose bamboo fiber contribute the strenght development and prevent the shrinkage of mortar.

Keywords: *Cellulose Micro Bamboo Fibers, Srenght Properties, Absorbtion, Mortar*

PENDAHULUAN

Beton masih menjadi salah satu material yang banyak digunakan dalam industri konstruksi. Material berbasis semen ini sangat diminati dalam pembangunan konstruksi jalan maupun jembatan karena harganya yang relatif murah dibandingkan dengan material jenis baja. Namun terlepas dari semua kelebihanannya, material berbasis semen ini memiliki kelemahan yaitu retak yang disebabkan oleh mengecilnya volume beton atau terjadinya susut pada beton (Struct et al., 2019). Kerusakan secara non-struktural atau retak halus pada beton dapat menyebabkan keretakan yang besar sehingga dapat menyebabkan kerusakan secara *structural* pada konstruksi. Biasanya kerusakan non-struktural atau retak halus terjadi pada plesteran sebuah kontruksi bangunan, jalan, dan jembatan. Oleh karena itu penambahan bahan tambah pada *mortar* sebagai plesteran dijadikan solusi yang tepat untuk memperkuat *mortar* dan mengatasi kelemahan dari bahan berbasis semen ini yaitu retak. Untuk mengatasi retak-retak ini, maka *mortar*

dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan serat selulosa bambu. Pravish (2019) dalam penelitiannya, mengemukakan bahwa pemanfaatan selulosa sebagai bahan tambah pada *mortar* memiliki potensi yang baik dan pemanfaatannya yang bersifat ramah lingkungan. Selain itu, selulosa yang bersumber dari tanaman seperti bambu, terbukti efektif dalam menahan beban material komposit dan mencegah terjadinya retak pada bahan berbasis semen. Penggunaan selulosa dalam *mortar* telah diketahui memberikan kinerja yang lebih baik seperti kekuatan yang lebih tinggi dan peningkatan daya tahan. Sementara itu, selulosa bambu terbukti dapat meningkatkan sifat mekanik beton seperti kuat lentur dan kuat tekan. Penggabungan partikel serat nano atau mikro dalam matriks semen terbukti menjadi solusi parsial untuk tantangan retak karena kerapuhan yang disebabkan dari bahan semen (Robert & Jason, 2017).

Dengan memanfaatkan bambu untuk keperluan konstruksi, maka bisa diambil langkah kecil untuk memelihara lingkungan kita dengan meminimalisir penumpukan limbah bambu pada lingkungan. Berdasarkan latar belakang yang telah ditelusuri maka akan dilakukan tinjauan dalam bentuk pengujian terhadap sifat pada *mortar* melalui pemanfaatan selulosa bambu. Adapun tujuan penelitian ini yaitu menganalisis pengaruh penambahan selulosa bambu pada *mortar* berdasarkan pengujian kuat lekat pada umur 7, 14, dan 28 hari, menganalisis perilaku susut *mortar* yang terjadi pada sampel setelah ditambahkan selulosa bambu, dan memperoleh kesimpulan tentang potensi aplikasi *mortar* dengan serat selulosa bambu jika dijadikan sebagai bahan tambah pada material berbasis semen seperti pada plesteran untuk mencegah terjadinya kerusakan non-struktural pada konstruksi.

METODE PENELITIAN

Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini dengan pada pengujian kuat tekan dan pengujian susut kering pada mortar dengan membandingkan campuran selulosa bambu pada mortar dan mortar tanpa selulosa secara observasi. Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data primer yang merupakan hasil pengumpulan data secara langsung dari pengujian-pengujian yang dilakukan oleh penulis. Tahapan pertama yang perlu dilakukan sebelum membuat *mix design mortar* yaitu memastikan kualitas dari setiap material yang dipakai apakah sesuai dengan yang disyaratkan. Maka

harus diuji di laboratorium terlebih dahulu karakteristik dari setiap jenis material. Pemeriksaan karakteristik material pada agregat halus meliputi pengujian analisa ayakan berdasarkan SNI 03-1968-1990, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan berdasarkan SNI 1970:2008, pengujian kadar air berdasarkan SNI 03-1971-1990, pemeriksaan kadar lumpur berdasarkan SNI 03-4142-1996. Hasil dari pengujian karakteristik agregat halus dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1
Kesimpulan hasil pengujian karakteristik agregat halus

No.	Agregat Halus (Pasir)	Standar	Hasil	Ket.
1.	Gradasi			
	No.	(mm)	%	%
	3/8"	9,6	100	√
	#4	4,75	94,98	√
	#8	2,4	86,95	√
	1,2	1,2	74,9	√
	0,6	0,6	46,79	√
	0,3	0,3	19,68	√
	0,15	0,15	4,62	√
	0,075	0,075	0	√
	Pan	Pan	0	√
2.	Berat Jenis dan Penyerapan			
	Bulk	2,251	Min 2,5	√ gr/cc
	SSD	2,446	2,5	√ gr/cc
	Apparent	2,797	2,5	√ gr/cc
	Penyerapan	8,676	3	√ %
3.	Kadar Air	8,708		√ %
4.	Kadar Lumpur	0,11		√ %
5.	Berat Isi	1,219	1	√ gr/cc
6.	Kadar Organik	2	3-Jan	√ Zona

Langkah berikutnya yaitu melakukan proses ekstraksi pada bambu jenis *dendrocalamus asper* atau dikenal dengan nama lokalnya yaitu bambu betung yang sudah dihaluskan dan diayak dengan ayakan nomor 100. Proses ekstraksi dilakukan dengan dua tahap yaitu alkalisasi dan maserasi. Proses ekstraksi selulosa dengan cara alkalisasi yaitu dengan cara melarutkan serat bambu dalam pelarut basah kuat (NaOH) 20% dari volume aquades dengan cara dimasak dengan suhu 80-100⁰C selama tiga jam. Sedangkan ekstraksi dengan cara maserasi yaitu perendaman menggunakan HCL yang bertujuan menetralkan basa kuat dari serat bambu yang dimasak dengan larutan NaOH. Kemudian setelah selesai diekstraksi selulosa yang sudah jadi, diayak kembali dengan ayakan nomor 200. Gambar 1 memperlihatkan selulosa yang dihasilkan dari proses ekstraksi.

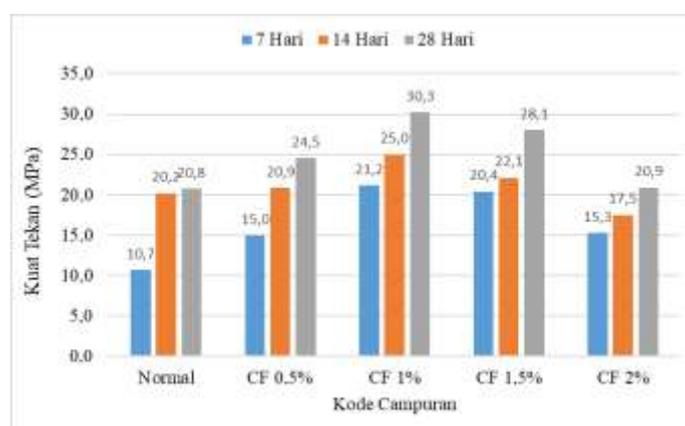


Gambar 1. Hasil ekstrasi selulosa bambu

Setelah proses ekstraksi pada serat bambu selesai, komposisi dan hitungan untuk *mix design mortar* dilakukan berdasarkan standar ASTM C270 tentang “*Standard specification for mortar unit masonry*” dengan menggunakan perbandingan campuran mortar yaitu 1 pasir : 0,25 semen, dan faktor air semen yaitu 0,5 dari berat semen, dengan penambahan serat selulosa bambu CMFs (*cellulose micro fibers*) variasi 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% dari berat semen. Semen yang digunakan merupakan jenis semen PCC (*Portland Cement Composites*) dengan merek Tonasa. Pengujian kuat tekan dilakukan berdasarkan standar ASTM C 109/c 109M-21 tentang “*Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50- mm Cube Specimens)*”. Sampel yang diuji adalah sampel yang berbentuk kubus dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm yang melalui proses perawatan air selama 7, 14, dan 28 hari yang dinyatakan dalam satuan MPa. Untuk setiap pengujian kuat tekan dibutuhkan 6 sampel mortar kubus, dengan total 18 sampel per variasi. Pengujian susut pada *mortar* dengan variasi campuran *mortar* normal, *mortar* dengan serat bambu biasa dan *mortar* dengan serat selulosa bambu dilakukan dengan benda uji prisma 28,7 cm x 2,5 x 2,5 cm. Prosedur pengujian susut *mortar* berdasarkan ASTM C 596 - 01 “*Standard Test Method for Drying Shrinkage of Mortar Containing Hydraulic Cement*”. Pengujian susut kering dilakukan dengan menggunakan alat *length comparator apparatus* dengan cara membaca indikator pada alat untuk mengetahui pengurangan panjang yang terjadi pada setiap sampel dalam satuan μm . Untuk pengujian susut kering dibutuhkan 2 sampel untuk setiap variasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat tekan terhadap *mortar* dilakukan melalui masa perawatan dalam air selama 7,14 dan 28 hari sesuai dengan ASTM mengenai pengujian kuat tekan. Hasil pengujian nilai kuat tekan dari *mortar* dengan variasi selulosa bambu dan *mortar* normal dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan tertinggi meningkat secara signifikan dicapai oleh sampel *mortar* CF (*cellulose fiber*) 1% setelah hari ke 7 dan terus meningkat pada hari ke 14 sampai pada hari ke 28. Hal ini menunjukkan pengaruh positif penggunaan selulosa bambu dalam campuran *mortar*. Hasilnya menunjukkan efektivitas selulosa bambu dengan variasi CF 1% dalam meningkatkan ketahanan *mortar*. Pada hari ke 7 perawatan *mortar* dengan variasi CF 1% ini mencapai 21,1 MPa, dan naik pada hari ke 14 perawatan menjadi 25 MPa, dan setelah hari ke 28 mencapai 30,3 MPa. Pencapaian nilai kuat tekan CF 1% pada 7 hari masa perawatan *mortar* sudah mencapai kekuatan sekitar 42,9% dari umur 28 hari perawatan CF 1% dimana pada *mortar* normal umur 7 hari hanya mencapai 6 % dari nilai kuat tekan *mortar* normal pada 28 hari perawatan.

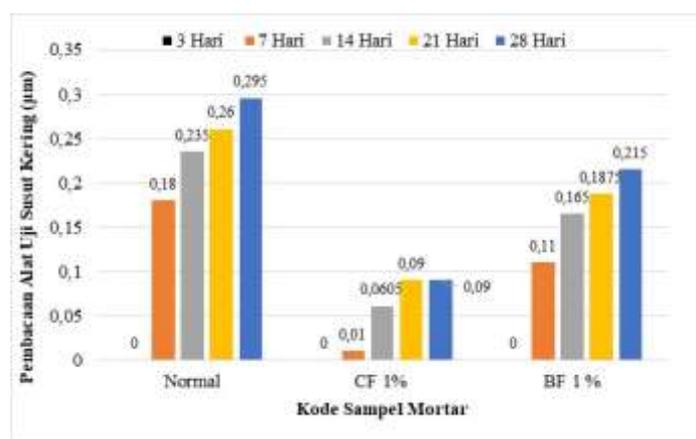


Gambar 2. Variasi selulosa bambu

Nilai kuat tekan terendah terjadi pada variasi CF 2% yaitu 20,9 MPa pada 28 hari usia *mortar* dengan kadar selulosa bambu paling banyak diantara variasi selulosa yang lainnya. Penelitian ini membuktikan hasil penelitian yang terdahulu oleh Rosato et al, (2017) hasil penelitian yang dipublikasinya menjelaskan bahwa penambahan CNFs atau serat selulosa yang berlebihan pada *mortar* dapat menyebabkan penurunan pada nilai

kuat tekan dan modulus elastisitas. Stevulova et al, (2020) dimana dalam penelitiannya memberikan gambaran bagaimana keruntuhan pada *mortar* dapat terjadi karena penambahan serat selulosa yang tidak sesuai dengan takaran. Hal ini diakibatkan karena sifat selulosa yang dapat menyerap air sehingga *mortar* menjadi kaku dan rapuh.

Gambar 3 memperlihatkan visualisasi pembacaan penyusutan dalam bentuk diagram batang yang terjadi secara signifikan.



Gambar 3. Diagram batang hasil bacaan pada alat uji susut kering

Pada umur 3 hari sampel tidak menunjukkan adanya peristiwa penyusutan, hal ini dibuktikan melalui pembacaan alat pada masing-masing sampel yaitu 0 μm . Penyusutan tidak terjadi dikarenakan sampel yang diuji melalui proses *curing* dalam air, sehingga potensi *mortar* meloloskan air sangat kecil. Setelah 3 hari masa perawatan dalam air, sampel diberikan perawatan udara sampai umur sampel 28 hari. Pada pembacaan umur ke tujuh sampel atau hari ke empat masa perawatan udara, penyusutan pada sampel sudah mulai terbaca melalui alat pengujian susut kering. Setelah masa perawatan udara, penyusutan kemudian cenderung meningkat secara signifikan. Pada *mortar* normal menunjukkan peningkatan penyusutan yang cepat hingga umur ke 28 sampel. Penyusutan tertinggi terjadi pada pada *mortar* normal umur 28 hari yaitu 0,295 μm . Penyusutan yang tertinggi berikutnya terjadi pada sampel dengan serat bambu (BF 1%) pada usia *mortar* 28 hari yaitu 0,215 μm . Pada *mortar* dengan serat bambu (BF 1%) peningkatan regangan susut cenderung meningkat dengan cepat. Pada sampel dengan selulosa bambu (CF 1%) regangan susut cenderung meningkat secara perlahan dan

penyusutan terjadi secara stabil dari pada 21 sampai 28 hari umur *mortar*. Pada usia 28 hari *mortar* variasi selulosa bambu (CF 1%) penyusutan terbaca dengan nilai 0,09 μm . Nilai ini merupakan nilai terkecil yang diperoleh *mortar* pada umur ke 28 jika dibandingkan dengan *mortar* normal, dan *mortar* serat bambu (BF 1%). Penelitian serupa oleh H. Singh & Gupta, (2020) memberikan penjelasan bahwa penambahan CNFs atau serat selulosa dalam *mortar* mampu menghidrasi semen dan dapat memperbaiki keretakan (*self healing*) dengan cara pengkristalisasi, sehingga dapat mencegah terjadinya retak mikro dan penyusutan pada *mortar*.

SIMPULAN

Pengujian kuat tekan dilakukan pada beberapa variasi prosentase selulosa dengan tujuan untuk mengetahui berapa komposisi selulosa bambu yang tepat untuk menambah kekuatan pada *mortar*. Penambahan selulosa pada *mortar* dapat memberikan kekuatan hingga pada 30,3 MPa dengan dosis penambahan selulosa sebesar 1% dari berat semen. Penambahan selulosa yang dianjurkan yaitu 1% dari berat semen. Karena semakin banyak volume selulosa yang digunakan maka kinerja selulosa tidak akan efektif dan bahkan bisa menurunkan mutu *mortar*. Perilaku susut *mortar* pada *mortar* selulosa dengan kuat tekan optimum (CF 1%) memiliki pengurangan panjang atau susut terendah jika dibandingkan dengan *mortar* normal (N) dan *mortar* dengan serat bambu (BF 1%). Penyusutan terjadi pada hari ke 7 umur *mortar* dengan selulosa bambu yaitu 0,01 μm dari panjang awal *mortar*. Perubahan panjang kemudian terjadi pada umur ke 14 yaitu 0,06 μm , kemudian penyusutan berhenti pada umur 21 *mortar* dengan angka penyusutan yaitu 0,09 μm dari panjang awal. Penambahan selulosa terbukti dapat mencegah terjadinya retak mikro dan penyusutan pada *mortar*. Penambahan Serat selulosa bambu ini memiliki potensi yang besar sebagai bahan tambah pada *mortar* untuk dijadikan plesteran pada konstruksi bangunan, jalan, maupun jembatan untuk mencegah terjadinya kerusakan non-struktural pada konstruksi tersebut. Hal ini dikarenakan penambahan selulosa pada *mortar* mampu menambah mutu pada *mortar*, dan mengurangi penyusutan pada *mortar*.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C109/C109M-21. (2021). *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50 mm] Cube Specimens)*, ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org
- ASTM C 596 – 01 (2001) *Standart Test Method for Drying Shrinkage of Mortar Containing Hydraulic Cement*, ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org
- ASTM International. (2012). Standard Specification for Mortar for Unit Masonry: C270-14a. *ASTM International*, July, 1–14. <https://doi.org/10.1520/C0270-14A.Copyright>
- SNI 03-1968. (1990). Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar. Badan Standar Nasional Indonesia, 1-5. <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/dr-slamet-widodo-stmt/sni-03-1968-1990.pdf>
- SNI 03-1971-1990. Metode Pengujian Kadar Air Agregat Halus. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03-4142-1996, Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- SNI 1970-2008, Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Parivash, T. (2019) *A Laboratory Investigation of Cement Based Materials with Cellulose Nanofibers*, The University of Maine.
- Robert, J., and Jason, W. (2017). 20. Cellulose nanomaterials as additives for cementitious materials. In *Cellulose-Reinforced Nanofibre Composites: Vol. C*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100957-4.00020-6>
- Singh, H., & Gupta, R. (2020). Influence of cellulose fiber addition on self-healing and water permeability of concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00324>
- Stevulova, N., Hospodarova, V., Vaclavik, V., & Dvorsky, T. (2020). Physico-mechanical properties of cellulose fiber-cement mortars. *Key Engineering Materials*, 838(April), 31–38. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.838.31>
- Struct, J. C., Lee, H. J., Kim, S. K., Lee, H. S., & Kim, W. (2019). A Study on the Drying Shrinkage and Mechanical Properties of Fiber Reinforced Cement Composites Using Cellulose Nanocrystals. *International Journal of Concrete Structures and Materials*. <https://doi.org/10.1186/s40069-019-0351-2>