
SIFAT FISIK DAN MEKANIK KOMPOSIT SEMEN-CaCl₂-AREN DENGAN VARIASI UKURAN SERAT AREN

Mujtahid¹, Dody Ariawan², Wijang WR²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta

² Staff Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Sebelas Maret Surakarta
Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta
dodya@uns.ac.id

Abstract

The aim of this research is to investigate bending strength values of arenga-cement composite that based on variation of the fibre particle size. The composite consists of randomized arenga fiber as filler/reinforced and portland cement (50% weight ratio)-CaCl₂ (10% weight ratio) mixing as matrix. The bending strength was characterized by Universal Testing Machine and the bending specimens based on ASTM D3039. The bending strength has been measured as a function of the fibre particle size variation (20 mesh, 40 mesh, 60 mesh and 80 mesh). The experiment result indicate that bending strength increase with the decrease of fibre size. The highest bending strength (122,65 MPa) and density (1,52 gr/mm³) were reached at 80 mesh and the lowest water absorption was reached at 88 Kg/cm² pressing pressure. Based on Scanning Electron Microscope observation, composite with fibre 80 mesh shows a good bond between matrik and fibre.

Keywords : arenga-cement composite, fibre particle size and bending strength.

Pendahuluan

Pohon aren (*arenga pinnata*) merupakan tanaman dari keluarga *arecaceae* yang hidup di daerah tropis Asia. Di beberapa wilayah di Indonesia tanaman ini mempunyai nilai ekonomis. Salah satu pemanfaatan pohon aren yaitu pada industri pengolahan pati aren yang menghasilkan tepung pati aren dan limbah ampas aren. Di daerah Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten terdapat sentra industri rumah tangga pati aren yang menghasilkan produk seperti pati aren dan mie soun serta produk sampingan berupa ampas aren. Industri rumahan ini menunjukkan peningkatan seiring peningkatan jumlah penduduk dan industri makanan. Namun di sisi lain juga meningkatkan jumlah produksi ampas aren yang hampir mencapai 50 ton per hari. Limbah ampas aren mengandung serat yang mempunyai kekuatan cukup tinggi, elastis dan diameter serat seragam. Dalam industri papan semen, dibutuhkan material penguat ataupun *filler* yang mempunyai sifat elastis, kekuatan tinggi dan bentuk homogen.

Kebutuhan pada bahan-bahan yang ramah lingkungan dan ekonomis telah menarik minat pada pemanfaatan serat alami. Sebagian besar serat alami, seperti serat tebu, *softwood pulp* dan serat pisang telah digunakan sebagai bahan penguat pada produk komposit semen. Serat tebu yang dihancurkan dengan mesin *crusher* dijadikan sebagai filler dan semen Portland sebagai matrik dalam pembuatan komposit semen (Ghazali dkk, 2008).

Komposit semen-serat aren dapat dijadikan sebagai bahan alternatif dalam industri *furniture*. *Artificial wood* jenis komposit semen-limbah aren memiliki sifat mekanik dan sifat fisik yang tergantung pada banyak parameter seperti densitas komposit, ukuran serat, kekuatan serat, jenis perlakuan (*treatment*) serta bahan tambahan (*additive*). Komposit yang diperkuat dengan serat limbah aren (serat pendek) memiliki karakteristik mudah diterapkan pada komponen-komponen yang mempunyai bentuk kompleks dan rumit, ongkos produksi murah dan bersifat mendekati isotropic. Pemakaian serat pendek ini akan memudahkan dilakukannya proses permesinan yang sering terjadi saat proses *finishing* berlangsung. Pemakaian serat pendek dengan menggunakan matrik pasir, semen dan sekam padi menghasilkan data bahwa penambahan kadar sekam akan menurunkan kekuatan mekanik namun kenaikan kadar additif akan menaikkan kekuatan mekaniknya (Kristiawan, S.A., dkk, 2006).

Pembuatan komposit semen-serat alam biasanya menggunakan bahan aditif. Elvira dan Vanessa (2000) melakukan studi eksperimental tentang penggunaan jerami padi pada komposit *fibreboard* berpegang semen. Penelitian menggunakan *additive Calcium chloride, Aluminium*

sulfate dan *Sodium silicate*. Studi ini menunjukkan bahwa papan semen yang diproduksi dengan jerami padi sebagai bahan penguat memiliki sifat mekanik dan fisik yang sebanding dengan komposit semen lain. Berdasarkan analisis sifat fisik papan, papan dengan rasio berat semen:serat sebesar 60:40 dan 50:50 umumnya memberikan hasil yang memuaskan. Namun, papan dengan rasio 60:40 lebih stabil karena memiliki persentase pembengkakan dan penyerapan air yang lebih rendah dari papan dengan rasio 50:50. Serangkaian uji sifat mekanis terhadap papan menunjukkan bahwa papan dengan rasio semen:jerami padi 60:40 lebih kuat daripada papan dengan perbandingan 50:50.

Alhedy dkk (2000) melakukan penelitian untuk menentukan efek perendaman air (3, 7 dan 10 hari), tingkat tekanan (0,05, 0,1 dan 0,15 kg/cm²) dan rasio semen/bambu (2:1, 3:1 dan 4:1) pada sifat mekanik dan sifat fisik komposit bambu-semen. Hasilnya menunjukkan bahwa kekuatan dan kepadatan komposit meningkat dengan meningkatnya rasio semen/bambu. Waktu perendaman memiliki dampak signifikan pada MOR dan kepadatan, tapi tidak memiliki dampak signifikan pada kekuatan tekan. Perendaman selama lebih dari 7 atau 10 hari tidak berbeda secara signifikan dari 3 hari. Penyerapan air dan dimensi pembengkakan berkurang dengan peningkatan rasio semen/bambu. Meningkatnya tekanan dari 0,05 kg/cm² sampai 0,15 kg/cm² tidak meningkatkan sifat mekanik dan fisik secara signifikan, karena rendahnya tekanan yang diterapkan.

Zhongli dkk (2007) melakukan penelitian tentang sifat fisik *particleboard* yang dibuat dari bagian hati kayu *Saline eucalyptus* dengan pengikat *Polymeric Methane Diphenyl Diisocyanate* (PMDI) dan *Urea Formaldehyde* (UF). Kayu di dihancurkan untuk dibuat tiga ukuran partikel/mesh (10-20, 20-40, dan 40-60). Dari hasil pengujian diperoleh bahwa *particleboard* dengan mesh 20-40 memiliki nilai *Modulus of Elasticity* (MOE), *Modulus of Rupture* (MOR), dan *Internal Bond Strength* (IB) tertinggi kecuali untuk *Tensile Strength* (TS). *Particleboard* dengan ukuran partikel yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam penyerapan air dan pembengkakan ketebalan. *Particleboard* partikel mesh 20-40 memiliki penyerapan air dan pembengkakan ketebalan terendah, yang konsisten dengan hasil sifat mekanik.

Erakhrumen dkk (2008) melakukan studi eksperimental tentang sifat fisik dan mekanik komposit semen *particleboard* dari campuran serbuk gergaji kayu pinus (*Pinus caribaea* M.) – sabut kelapa (*Cocos nucifera* L.) dengan *additive* CaCl₂. Dari hasil yang diperoleh didapat bahwa penyerapan air terendah terjadi pada papan yang terbuat dari 100% serbuk gergaji pinus tanpa sabut kelapa dalam rasio pencampuran semen:*lignocellulosic* pada 2:1, secara umum semakin banyak sabut kelapa yang ditambahkan dalam komposit maka penyerapan air oleh komposit semakin meningkat. Hasil juga menunjukkan bahwa pembengkakan ketebalan atau *thickness swelling* meningkat seiring peningkatan jumlah komponen sabut pada rasio campuran material *lignocellulosic* dan lebih tinggi dengan mengurangi komponen semen. Nilai *Modulus of Rupture* (MOR) dan *Modulus of Elasticity* (MOE) menurun seiring penurunan komponen semen dalam rasio campuran. Hasil juga menunjukkan bahwa papan dengan kandungan semen yang lebih tinggi memiliki nilai densitas atau kerapatan yang lebih tinggi. Sifat kekuatan juga dipengaruhi oleh kerapatan papan, papan dengan kepadatan lebih tinggi memiliki sifat-sifat kekuatan yang lebih tinggi (MOR dan MOE).

Kuder dan Shah (2009) melakukan penelitian tentang pengaruh tekanan pengepresan terhadap kekuatan *bending* dan tarik pada komposit fiber-semen. Dengan tekanan pengepresan sebesar 0, 10, 20, dan 30 bars. Meningkatkan tekanan dari 0 sampai 30 bars akan meningkatkan kekuatan *bending* sebesar 65%. Hal ini dikarenakan semakin besar tekanan pengepresan dapat mengurangi jumlah *void* dalam matrik dan dapat meningkatkan ikatan antara serat selulosa dengan matrik.

d'Almeida dkk (2008) melakukan penelitian tentang penggunaan serat curaua sebagai penguat dalam komposit semen. Campuran matrik terdiri dari semen, pasir dan air yang mempunyai perbandingan semen : pasir : air sebesar 1:1:0,4. Material semen dan pasir dicampur bersama dalam keadaan kering selama 30 detik dalam alat "*bench-mounted mechanical mixer*" sementara aditif superplasticizer dilarutkan dalam air. Semua bahan kemudian dicampur jadi satu dan diaduk selama 3 menit agar campuran homogen. Pada proses pencetakan, matrik dituang dalam cetakan baja, satu lapis matrik diikuti dengan anyaman serat *unidirectional*. Kemudian cetakan ditutup dengan diberi tekanan 0 dan 3 MPa.

Berdasarkan uraian di atas, maka sangatlah menarik untuk dilakukan penelitian tentang pengaruh ukuran serat didalam komposit semen-aren terhadap karakteristik bendungnya.

Metodologi Penelitian

Bahan Penelitian.

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah serat limbah aren sebagai serat pendek, semen sebagai bahan pengikat, air dan bahan additif (CaCl_2).

Alur Penelitian

Penelitian diawali dengan proses pencucian dan pengeringan alami dengan sinar matahari limbah aren. Setelah proses pengeringan, limbah aren di-*crushing* (dihancurkan) lalu disaring dengan ukuran mesh 20, 40, 60 dan 80. Selanjutnya dilakukan pembuatan komposit dengan mencampur bahan dasar komposit (semen, serat aren, air) dan bahan tambahan (additif/ CaCl_2).

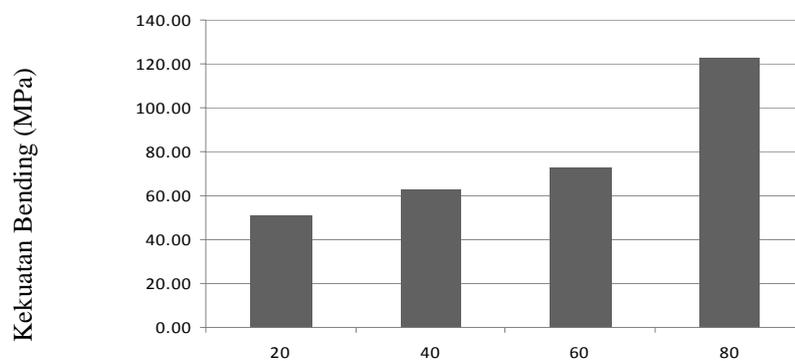
Komposisi bahan-bahan yang digunakan yaitu dengan perbandingan kadar berat bahan semen : serat : air : $\text{CaCl}_2 = 5 : 2 : 2 : 1$. Campuran diaduk merata dan kemudian dituang ke dalam cetakan dan diberi tekanan pengepresan sebesar 88 Kg/cm^2 . Selanjutnya komposit yang telah dicetak di curing pada oven pemanas pada temperatur 50°C selama 6 jam. Selanjutnya dilakukan pengujian bending/lentur dengan mengacu pada standar ASTM D 1037, uji dengan Scanning Electron Microscope untuk permukaan patah, ASTM C473-84 untuk serapan air dan ASTM D3800 untuk densitas. Langkah terakhir yang dilakukan adalah membuat analisa terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan.

Hasil Dan Pembahasan

Kekuatan bending komposit

Pada gambar 1 terlihat bahwa semakin kecil ukuran serat maka nilai kekuatan bending komposit semen-aren yang dihasilkan semakin meningkat. Komposit serat-aren dengan ukuran serat mesh 80 mempunyai kekuatan bending sebesar 122,65 MPa atau meningkat 2,4 kali dibanding komposit semen-aren dengan ukuran serat mesh 20.

Kenaikan kekuatan bending ini disebabkan ukuran serat mesh 80 tercakup oleh matrik lebih baik dibanding dengan ukuran serat yang lebih besar, selain itu komposit dengan serat ukuran mesh 80 pasca proses manufakturnya tidak terjadi pengembangan bentuk, tetapi semakin besar ukuran serat yang digunakan pengembangan bentuk pasca manufaktur semakin besar. Pengembangan bentuk pasca manufaktur merupakan penyebab terbentuknya rongga, semakin sedikit pengembangan bentuk maka rongga yang terbentuk akan semakin sedikit. Proses pengerasan yang cepat dan peningkatan ikatan adhesi yang baik, akan membuat jumlah rongga yang dihasilkan semakin sedikit dan ikatan antar partikel penyusun semakin sempurna. Dengan berkurangnya jumlah rongga yang dihasilkan, maka kekuatan bending yang dihasilkan semakin meningkat. Keberadaan rongga yang semakin berkurang akan berpengaruh pada berkurangnya peluang terjadinya retakan awal yang akan berkembang menjadi perpatahan. Berkurangnya peluang terjadinya perpatahan akan menghasilkan nilai kekuatan bending yang tinggi.

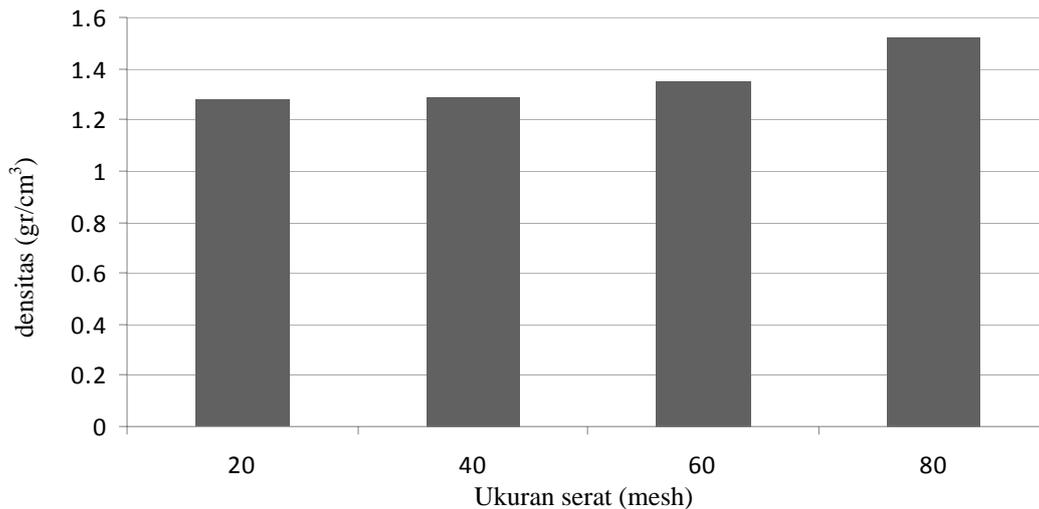


Gambar 1. Pengaruh ukuran serat terhadap kekuatan bending komposit semen-aren

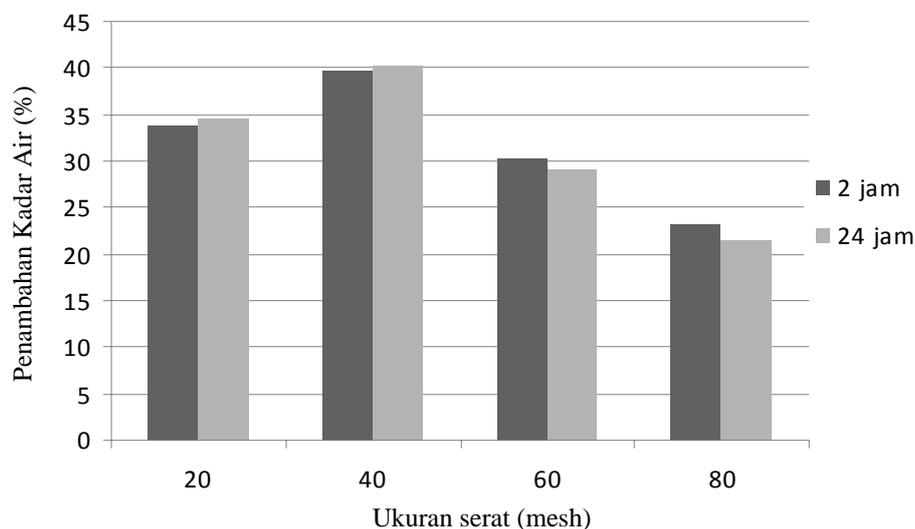
Ukuran serat (mesh)

Densitas komposit

Penurunan ukuran serat dalam komposit semen-aren akan diikuti dengan meningkatnya densitas komposit semen-aren. Pada gambar 2. terlihat bahwa dengan meningkatnya ukuran mesh, maka nilai densitas komposit semen-aren yang dihasilkan semakin meningkat. Kenaikan nilai densitas ini disebabkan serat dengan ukuran yang lebih kecil tertutup baik oleh semen dan memiliki ikatan lebih erat untuk rasio massa serat dan semen yang digunakan. Serat ukuran mesh yang semakin besar mengakibatkan kontak yang lemah antara partikel sehingga rongga di antara partikel-partikel bisa dengan mudah terbentuk dan tidak semua partikel serat terikat dengan baik oleh semen. Ukuran serat yang semakin kecil akan diikuti dengan kerapatan partikel dalam komposit, hal ini berakibat pada peningkatan nilai densitas komposit semen-aren.



Gambar. 2. Pengaruh ukuran serat terhadap densitas komposit semen-aren



Gambar 3. Pengaruh ukuran serat terhadap penambahan kadar air komposit semen-aren

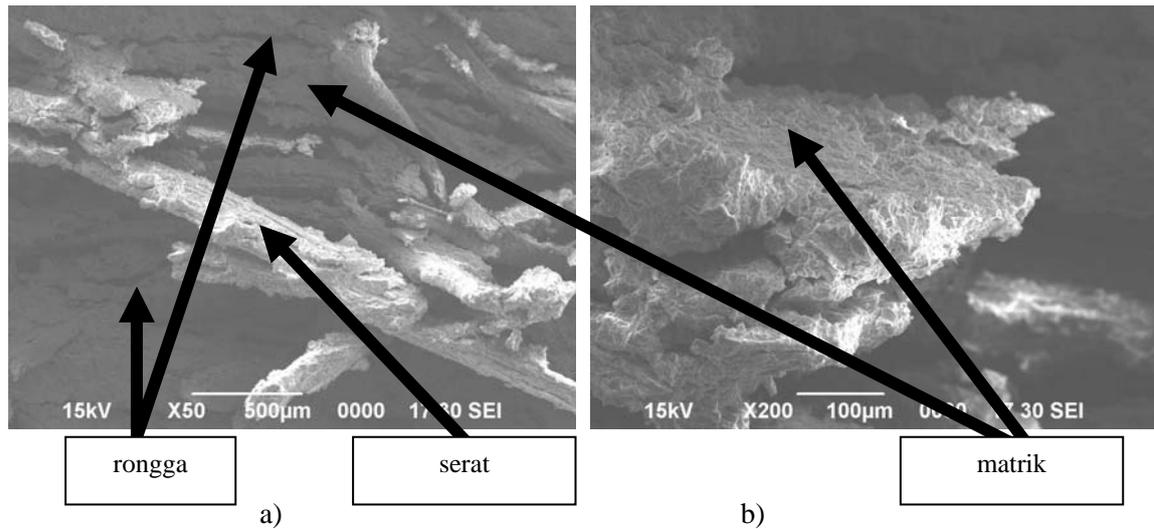
Penambahan kadar air/penyerapan air pada komposit

Peningkatan ukuran mesh/penurunan ukuran serat dalam komposit semen-aren akan diikuti dengan penurunan jumlah penambahan kadar air dalam komposit semen-aren. Pada gambar 3. terlihat bahwa dengan meningkatnya ukuran mesh, maka nilai penambahan kadar air komposit semen-aren yang dihasilkan semakin berkurang. Penurunan nilai penambahan kadar air ini disebabkan ukuran serat yang semakin kecil akan menyebabkan ikatan yang terbentuk antara

semen dan serbuk aren semakin baik, karena jumlah rongga yang terbentuk semakin berkurang. Pengurangan ukuran serat akan diikuti dengan pengurangan jumlah rongga yang terbentuk dalam komposit, hal ini berakibat pada pengurangan penambahan kadar air.

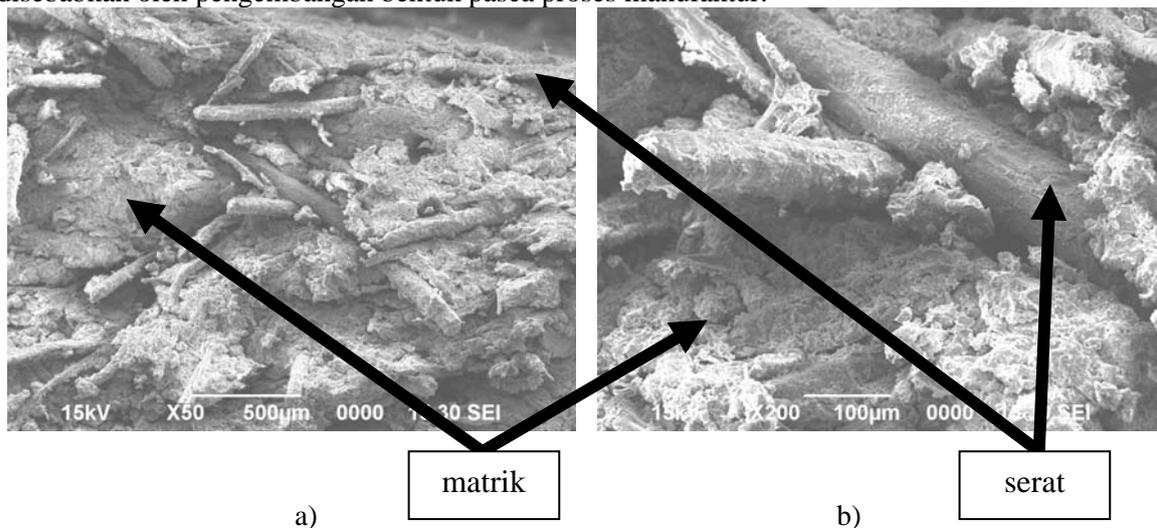
Pengamatan Permukaan

Dari hasil pengamatan permukaan patahan dengan serat ukuran mesh 20 (gambar 4) menunjukkan bahwa ikatan antara semen- CaCl_2 -serat aren memiliki ikatan yang kurang baik. Hal ini terlihat dari beberapa bagian matrik menunjukkan adanya garis/celah rongga. Garis rongga ini disebabkan karena fenomena pengembangan bentuk pasca proses manufaktur. Proses pengembangan bentuk biasa terjadi pada manufaktur komposit dengan serat dengan ukuran besar.



Gambar 4. a) SEM untuk serat ukuran mesh 20 perbesaran 50 X
 b) SEM untuk serat ukuran mesh 20 perbesaran 200 X

Pengamatan pada gambar 5 menunjukkan bahwa ikatan antara semen- CaCl_2 -serat aren memiliki ikatan yang baik. Hal ini terlihat dari permukaan patahan, baik itu pada bagian matrik maupun serat. Matrik dan serat berikatan dengan baik dan tidak ada garis-garis rongga yang disebabkan oleh pengembangan bentuk pasca proses manufaktur.



Gambar 5. a) SEM untuk serat ukuran mesh 80 perbesaran 50 X
 b) SEM untuk serat ukuran mesh 80 perbesaran 200 X

Dari gambar 4 dan gambar 5 jelas terlihat perbedaan yang nyata. Adanya garis rongga pada komposit berpengaruh pada kekuatan bending. Pada waktu proses pembebanan garis-garis rongga ini merupakan tempat konsentrasi tegangan yang akan menjadi tempat inisiasi/awal retak, sehingga kekuatannya menjadi rendah. Hal ini tidak terjadi pada komposit dengan serat ukuran kecil, karena semakin sedikitnya rongga dan ikatan antara matrik dan serat sangat baik.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa simpulan diantaranya :

1. Semakin kecil ukuran serat aren maka kekuatan bending komposit semen-aren juga semakin meningkat.
2. Kekuatan bending tertinggi terdapat pada komposit semen-aren-CaCl₂ dengan ukuran serat mesh 80 sebesar 122.65 MPa.
3. Peningkatan ukuran mesh untuk serat aren sebanding dengan peningkatan densitas.
4. Peningkatan ukuran mesh untuk serat aren berbanding terbalik dengan penyerapan air terhadap material komposit serat aren-semen-CaCl₂.
5. Ikatan interfasi antara serat dan matrik secara visual menunjukkan ukuran serat mesh 80 memiliki ikatan antara serat dan semen-CaCl₂ yang baik.

Ucapan Terima Kasih

Dukungan dana dari Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional dengan surat persetujuan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi No. 231/D3/PL/2009, tanggal 24 Maret 2009 telah memungkinkan penelitian ini dilaksanakan.

Daftar Pustaka

- Alhedy, A.M.A., Algadir, A.A.Y.A., Mohamoud, A.E.A., 2000, *Effect of Pretreatment and Pressure on Properties of Cement-bonded Products from Oxytenanthera abyssinica*.
ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA.
- d'Almeida, A.L.F.S., Melo Filho, J.A., Toledo Filho, R.D., 2008, *Use of Curaua Fibers as Reinforcement in Cement Composites*, Civil Engineering Department, Coppe/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro-RJ-Brazil. P.O. Box 68506, CEP 21941-72, Rio de Janeiro.
- Elvira, C.F., Vanessa, P., 2000, *The Use and Processing of Rice Straw in the Manufacture of Cement-bonded Fibreboard*, Wood-Cement Composites in the Asia-Pacific Region, Canberra, Australia.
- Erakhrumen, A.A., Areghan, S.E., Ogunleye, M.B., Larinde, S.L., Odeyale, 2008, *Selected physico-mechanical properties of cementbonded particleboard made from pine (Pinus caribaea M.) sawdust-coir (Cocos nucifera L.) mixture*, Scientific Research and Essay Vol. 3.
- Kristiawan, S.A, Raharjo, W.R., Kristiawan, B., 2006, *Mechanical Characteristics of cement-rice husk and CaCl₂*. Majalah ilmiah Teknik GEMA TEKNIK.Nomor Akreditasi :39/DIKTI/Kep/2004. hal 121-127.
- Kuder, K.G., Shah, S.P., 2009, *Processing of high-performance fiber-reinforced cement-based composites*, Construction and Building Materials, Elsevier.
- Zhongli, P., Yi, Z., Ruihong, Z., Bryan, M.J., 2007, *Physical properties of thin particleboard made from saline eucalyptus*, Elsevier.