

---

## SIFAT FISIK DAN MEKANIK KOMPOSIT SEMEN-CaCl<sub>2</sub>-AREN DENGAN VARIASI TEKANAN PENGEPRESAN

Dikdo Kus Indarto<sup>1</sup>, Dody Ariawan<sup>2</sup>, Wijang WR<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Staff Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Sebelas Maret Surakarta  
Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta  
[dodya@uns.ac.id](mailto:dodya@uns.ac.id)

### Abstract

The aim of this research is to investigate bending strength values of arengata-cement composite that based on variation of pressing pressure at manufacture. The composite consists of randomized arengata fiber as filler/reinforced (80 mesh size) and portland cement (50% weight ratio)-CaCl<sub>2</sub> (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 have been measured as a function of variation pressing pressure (70 Kg/cm<sup>2</sup>, 76 Kg/cm<sup>2</sup>, 82 Kg/cm<sup>2</sup> dan 88 Kg/cm<sup>2</sup>). The experiment result indicate that bending strength increase with the increase of pressing pressure. As the result, the highest bending strength (125, MPa) and density (1,57 gr/cm<sup>3</sup>) were reached at 88 Kg/cm<sup>2</sup> pressing pressure and the lowest water absorption was reached at 88 Kg/cm<sup>2</sup> pressing pressure. Based on Scanning Electron Microscop observation, composite with 88 Kg/cm<sup>2</sup> pressing pressure shows a good bond between matrik and fibre.

**Keywords :** *aren-cement composite, weight fraction of CaCl<sub>2</sub> and bending strength.*

### Pendahuluan

Industri kerajinan kayu merupakan sektor industri andalan di Propinsi Jawa Tengah yang menampakkan gejala kesulitan mencari bahan baku furniture yang murah dan berkualitas. Kondisi ini disebabkan berkurangnya pasokan kayu akibat adanya pembatasan penebangan hutan kayu tanaman industri di Indonesia. Hal ini ditandai dengan pengaruh penurunan pendapatan dan tenaga kerja sebesar 2,45 %.

Sementara itu disisi lain, di daerah Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten terdapat sentra industri pati aren yang menghasilkan produk seperti gula aren dan mie soun. Industri makanan ini menunjukkan peningkatan seiring peningkatan jumlah penduduk dan industri makanan. Peningkatan ini meningkatkan pula jumlah limbah yang hampir mencapai 50 ton per hari. Dimana limbah ini merupakan limbah serat yang mengandung selulosa yang berpotensi sebagai bahan alternatif untuk industri furniture, seperti halnya *artificial wood* komposit semen-limbah aren.

Sebagai bahan pengganti kayu, *artificial wood* jenis komposit semen-limbah aren memiliki sifat mekanik dan sifat fisik yang tergantung pada banyak parameter seperti densitas komposit, rasio semen: serat, kekuatan serat, jenis perlakuan (*treatment*) serta material tambahan (*additive*). Komposit yang diperkuat dengan serat limbah aren (serat pendek) memiliki karakteristik mudah diterapkan pada komponen-komponen yang mempunyai bentuk kompleks dan rumit serta ongkos produksi murah. Pemakaian serat pendek ini akan memudahkan dilakukannya proses permesinan yang sering terjadi saat proses *finishing* berlangsung. Penelitian pemakaian serat pendek dengan menggunakan matrik pasir, semen dan sekam padi pernah dilakukan oleh Kristiawan, S.A., dkk,(2006). Dimana dari penelitian tersebut dihasilkan data bahwa penambahan kadar sekam akan menurunkan kekuatan mekanik dan kenaikan kadar additif akan menaikkan kekuatan mekanik.

Pada komposit yang tersusun dari semen-serat alam memiliki kekuatan lentur yang rendah. Hal ini dikarenakan komposit semen-serat alam memiliki struktur yang berongga, dengan adanya rongga menjadi pemicu timbulnya retakan awal pada saat pembebanan. Untuk mengatasi kelemahan tersebut tekanan pengepresan dapat diterapkan dalam proses pencetakan komposit (Coutts dan Warden, 1990)

Kuder (2009) melakukan penelitian tentang pengaruh tekanan pengepresan terhadap kekuatan *bending* dan tarik pada fiber-semen komposit. Dengan tekanan pengepresan sebesar 0, 10, 20, dan 30 bar, dapat meningkatkan kekuatan *bending* sebesar 65% dari tekanan pengepresan 0

menjadi 30 bar. Hal ini dikarenakan semakin besar tekanan pengepresan pada komposit dapat mengurangi jumlah *void* dalam matrik dan dapat meningkatkan ikatan antara serat dengan matrik.

Alhedy dkk (2000) melakukan studi eksperimental tentang pengaruh lamanya waktu perendaman (3, 7 dan 10 hari), tekanan pengepresan (0.05, 0.1 dan 0.15 kg/cm<sup>2</sup>) serta perbandingan semen dan serat bambu ( 2:1, 3:1 dan 4:1) terhadap *strength properties and density*. Lamanya perendaman komposit selama 7 dan 10 hari tidak mempunyai perbedaan yang signifikan dengan perendaman selama 3 hari yaitu memiliki kekuatan dan densitas yang rendah. Pengaruh waktu perendaman terhadap dimensi komposit yaitu semakin lama waktu perendaman maka dimensi komposit akan bertambah. Pengaruh resapan air terhadap perbandingan semen-bambu diperoleh semakin besar perbandingan semen-bambu, semakin kecil pula air yang terdapat pada komposit. Sedangkan pengaruh tekanan pengepresan sebesar (0.05, 0.1 dan 0.15 kg/cm<sup>2</sup>) terhadap kekuatan *bending*, kekuatan *bending* meningkat seiring bertambahnya tekanan pengepresan.

Almeida dkk (2007) melakukan penelitian tentang komposit semen-serat *curaua* dengan komposisi semen, pasir dan air sebesar (1: 1 : 0,4). Dengan cara mencampur semen dengan pasir dan mencampurnya selama 30 detik, dan *superplasticizer* dilarutkan dalam air. Kedua bahan dicampur dengan diaduk selama 3 menit agar homogen. Kemudian dituang ke cetakan pada satu lapisan pada satu waktu diikuti satu lapisan serat sejajar selanjutnya ditekan dengan tekanan pengepresan sebesar 0 dan 30 MPa.

Guntekin dan Sahin (2009) dalam penelitiannya yang menggunakan semen dan serat cemara untuk membuat komposit, dimana penelitiannya menunjukkan karakteristik yaitu adanya peningkatan rasio serat dan semen pada kondisi basah maka akan menghasilkan peningkatan kekuatan lentur, kekuatan tarik dan penurunan modulus elastisitasnya.

Menurut Frybort dkk (2008), penambahan panjang serat alam yang dikombinasikan dengan serat semen, akan meningkatkan kekuatan mekanik dan kekakuannya. Dan partikel serat yang tebal akan memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi daripada pemakaian serat yang tipis.

Untuk meningkatkan fungsi semen sebagai bahan pengikat dalam campuran maka diperlukan bahan tambahan, baik bahan tambahan alami maupun buatan. Bahan tambahan ini biasanya dikaitkan dengan unsur-unsur pembentuk dari semen yaitu kalsium oksida (CaO), silika dioksida (SiO<sub>2</sub>) dan aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Penambahan zat *additive* CaCl<sub>2</sub> pada pasta semen mampu meningkatkan proses hidrasi/pengerasan semen, hal ini terjadi karena adanya faktor kecocokan antara unsur-unsur kalsium yang terkandung dalam semen dan dalam *additive* CaCl<sub>2</sub> (Hachmi, 1990).

Berdasarkan uraian di atas, maka sangatlah menarik untuk dilakukan penelitian tentang pengaruh kandungan semen di dalam komposit CaCl<sub>2</sub>-aren terhadap karakteristik sifat mekanik dan fisisnya. Adapun sifat mekanik yang sesuai dilakukan untuk aplikasi di lapangan sebagai sebuah *fiberboard* adalah kekuatan bending, yang didukung dengan pengujian fisis mengenai densitas, profil permukaan patah dan serapan air.

## Metodologi

### 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<sub>2</sub>).

### Alur Penelitian

Penelitian diawali dengan proses pencucian dan pengeringan limbah aren dengan sinar matahari. Setelah proses pengeringan, limbah aren di-*crushing* (dihancurkan) lalu disaring dengan ukuran mesh 80. Selanjutnya dilakukan pembuatan komposit dengan mencampur bahan dasar komposit (semen, serat aren, air) dan bahan tambahan (additif/CaCl<sub>2</sub>).

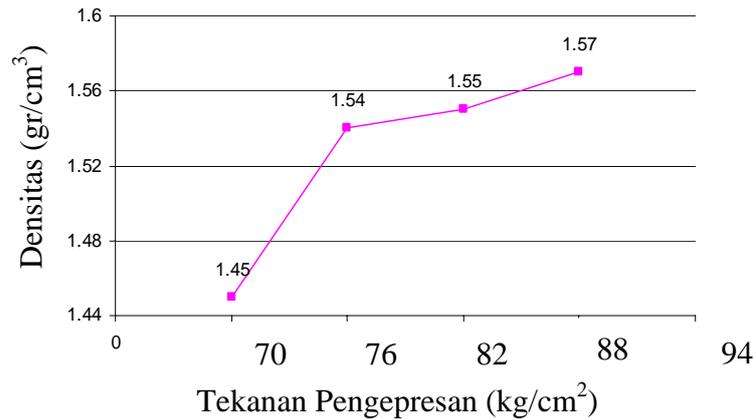
Komposisi bahan-bahan yang digunakan yaitu dengan perbandingan kadar berat bahan semen : serat : air : CaCl<sub>2</sub> = 5 : 2 : 2 : 1. Campuran diaduk merata dan kemudian dituang ke dalam cetakan dan diberi variasi tekanan pengepresan sebesar 70 Kg/cm<sup>2</sup>, 76 Kg/cm<sup>2</sup>, 82 Kg/cm<sup>2</sup> dan 88 Kg/cm<sup>2</sup> dengan lama penekanan selama 10 menit. Selanjutnya komposit yang telah dicetak di keringkan selama 7 hari diudara terbuka, kemudian di keringkan kembali dengan *oven* pemanas pada temperatur 50 °C selama 6 jam . Kemudian dilakukan pengujian bending/lentur dengan mengacu pada standar ASTM D 1037 dan diamati permukaan patahnya menggunakan Scanning Electron Microscope, 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 Data Dan Pembahasan

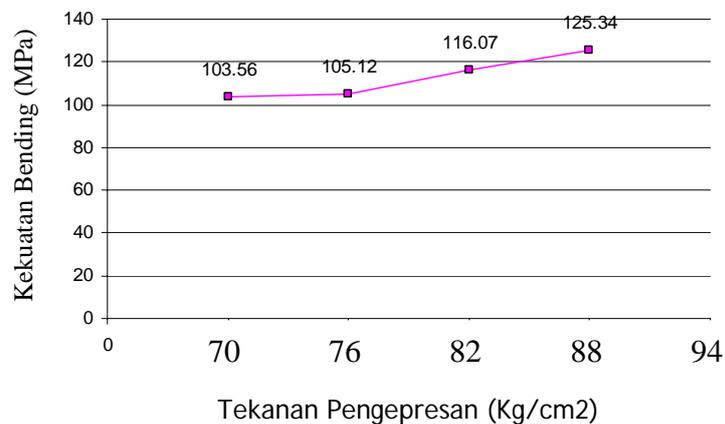
#### Pengaruh Tekanan Pengepresan Terhadap Densitas Komposit Semen-aren

Dari pengujian densitas terlihat bahwa nilai densitas komposit semen-aren naik seiring dengan naiknya tekanan pengepresan. Gambar 1. memperlihatkan hubungan antara tekanan pengepresan dan nilai densitas komposit. Kenaikan nilai densitas ini disebabkan dengan semakin meningkatnya tekanan pengepresan, maka jumlah rongga pada komposit semen-aren semakin berkurang. Berkurangnya jumlah rongga ini berdampak pada peningkatan densitas komposit semen-aren.



Gambar 1. Pengaruh tekanan pengepresan terhadap densitas komposit semen-aren

#### Pengaruh Tekanan Pengepresan Terhadap Kekuatan Bending Komposit Semen-aren

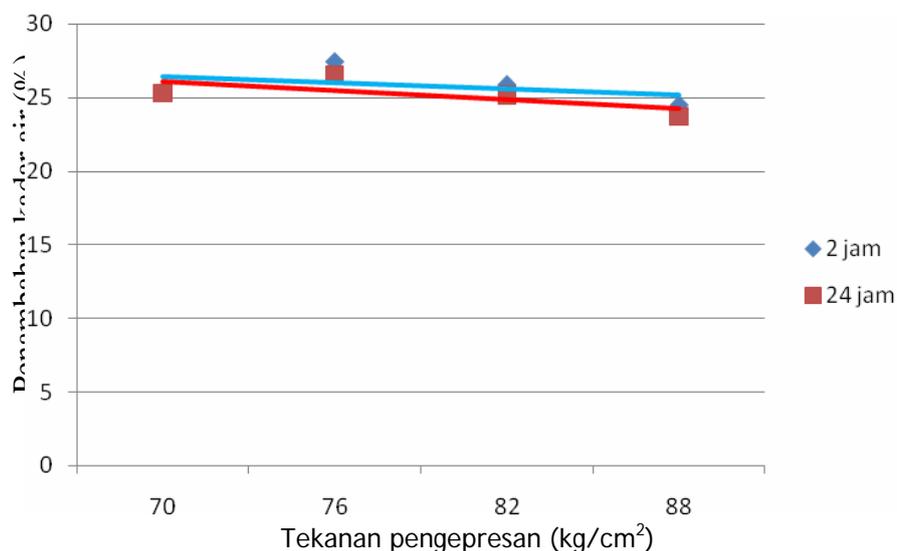


Gambar 2. Pengaruh tekanan pengepresan terhadap kekuatan bending komposit semen-aren

Dari pengujian tekanan pengepresan terlihat bahwa kekuatan bending komposit semen-aren naik seiring dengan naiknya tekanan pengepresan. Gambar 2 memperlihatkan hubungan antara tekanan pengepresan dan kekuatan bending komposit. Nilai kekuatan bending yang ditampilkan merupakan nilai rata-rata dari lima buah sampel uji untuk setiap variasi pengujian. Kenaikan nilai kekuatan bending disebabkan dengan semakin meningkatnya tekanan pengepresan, maka rongga yang muncul pada komposit semen-aren semakin berkurang. Dengan berkurangnya jumlah rongga yang terjadi, maka kekuatan bending komposit semen-aren 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.

### Pengaruh Tekanan Pengepresan Terhadap Penambahan Kadar Air Komposit Semen-aren



Gambar 3. Pengaruh tekanan pengepresan terhadap penambahan kadar air komposit semen-aren

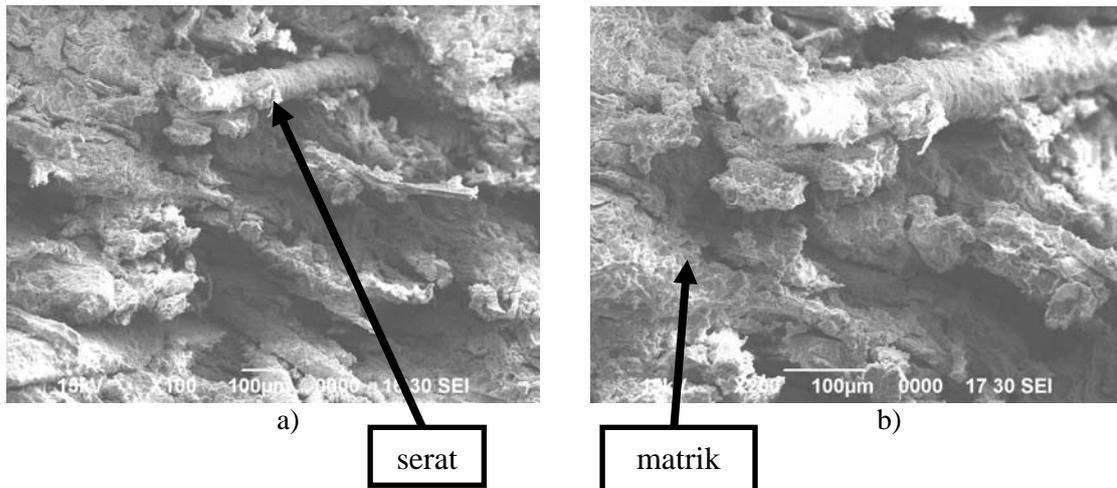
Dari pengujian tekanan pengepresan terlihat bahwa penambahan kadar air komposit semen-aren turun seiring dengan naiknya tekanan pengepresan. Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara tekanan pengepresan dan penambahan kadar air komposit. Nilai penambahan kadar air yang ditampilkan merupakan nilai rata-rata dari lima buah sampel uji untuk setiap variasi pengujian. Penurunan nilai penambahan kadar air disebabkan dengan semakin meningkatnya tekanan pengepresan, maka rongga yang muncul pada komposit semen-aren semakin berkurang. Dengan berkurangnya jumlah rongga yang terjadi, maka jumlah air yang masuk kedalam komposit semen-aren semakin berkurang pula. Keberadaan rongga yang semakin berkurang akan berpengaruh pada berkurangnya penambahan kadar air komposit.

Dari gambar 3. dapat dilihat bahwa semakin tinggi tekanan pengepresan berdampak pada menurunnya kemampuan air menyusup ke dalam komposit semen-aren. Penurunan kemampuan air menyusup ke dalam komposit disebabkan adanya penurunan jumlah rongga yang terbentuk akibat peningkatan tekanan pengepresan. Penurunan jumlah rongga ini akan menghambat pergerakan air memasuki bahan komposit.

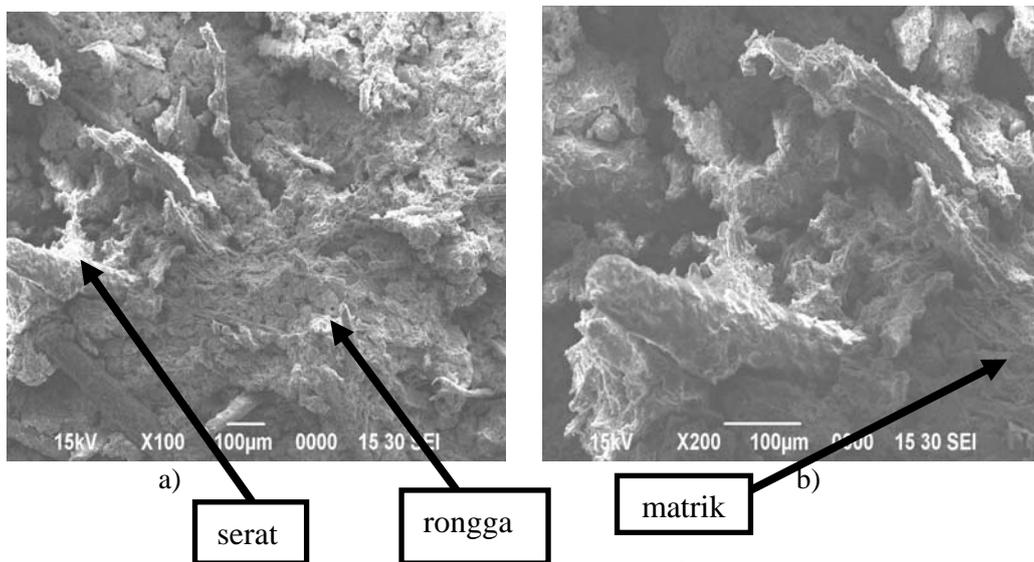
### Pengamatan Permukaan Patahan

Dari hasil pengujian bending dilakukan pengamatan pada permukaan patahan untuk melihat fenomena yang terjadi akibat pembebanan. Pada gambar 4 terlihat bahwa komposit dengan tekanan pengepresan sebesar 88 kg/cm<sup>2</sup> memiliki ikatan yang baik antara matrik dan serat. Hal ini dapat dilihat dari permukaan serat yang kasar dan terikat dengan baik pada matrik. Pada gambar dibawah ini terlihat bahwa matrik memiliki struktur yang padat tidak terdapat rongga, dengan semakin sedikit jumlah rongga yang terdapat pada matrik dapat meningkatkan kekuatan bending komposit. Pada gambar 5 dengan tekanan pengepresan sebesar 70 kg/cm<sup>2</sup> ikatan antara serat dengan matrik memiliki ikatan yang baik terlihat dari permukaan serat yang kasar. Sedangkan pada matrik banyak terdapat rongga, yang dapat mengakibatkan kekuatan bending komposit menurun. Hal ini

disebabkan adanya rongga pada matrik menimbulkan konsentrasi tegangan yang akan memicu timbulnya retakan awal pada saat pembebanan.



Gambar 4. a) Komposit dengan tekanan pengepresan  $88 \text{ kg/cm}^2$ , perbesaran 100X  
 b) Komposit dengan tekanan pengepresan  $88 \text{ Kg/cm}^2$ , perbesaran 200X



Gambar 5. a) Komposit dengan tekanan pengepresan  $70 \text{ kg/cm}^2$ , perbesaran 100X  
 b) Komposit dengan tekanan pengepresan  $70 \text{ Kg/cm}^2$ , perbesaran 200X

### Kesimpulan

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

1. Semakin tinggi tekanan pengepresan maka kekuatan bending komposit semen-aren akan meningkat.
2. Kekuatan bending tertinggi terdapat pada komposit semen-aren-  $\text{CaCl}_2$  dengan tekanan pengepresan  $88 \text{ kg/cm}^2$  sebesar 119 Mpa.
3. Peningkatan tekanan pengepresan sebanding dengan peningkatan densitas.
4. Peningkatan tekanan pengepresan berbanding terbalik dengan penyerapan air terhadap material komposit serat aren-semen- $\text{CaCl}_2$ .

### Ucapan Terimakasih

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

- ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA.
- Alhedy, Atef, M.A; Abd, Algadir; Abd, Elatief, A, Mohamoud, 2000, *Effect of Pretreatment and Pressure on Properties of Cement-bonded Products from Oxytenanthera abyssinica*.
- Coutts RSP, Warden PG. Effect of compaction on the properties of air-cured wood fibre reinforced cement. *Cem Concr Compos* 1990;12:151–6.
- d'Almeida, A.L.F.S, Melo Filho, J.A.; Toledo Filho, R.D ., 2007, *Flexural mechanical behavior of curaua fiber-reinforced composites: effect of mercerization and enzyme treatments. Proceedings of the Fourth International Conference on Science and Technology of Composite Materials (Comat, 2007)*, Rio de Janeiro, Brazil.
- Ergun Guntekin and Halil Turgut Sahin, 2009, *Accelerated weathering performance of cement bonded fiberboard*, Scientific Research and Essay Vol. 4 (5) pp. 484-492, May, 2009.
- G.Kuder Katherine, Surendra P.Shah, 2009, *Prosesing of high-performance fiber-renrorced cement-base composites*, USA.
- Hachmi, M., Moslemi, A.A. and Campbell, A.G. 1990. *A new technique to classify the compatibility of wood with cement*. *Wood Science and Technology*, 24, 345–354.
- Kristiawan, S.A, Raharjo, W.R., Kristiawan, Budi.(2006).” *Mechanical Characteristics of cement-rice husk and CaCl<sub>2</sub>”*. *Majalah ilmiah Teknik GEMA TEKNIK*. Nomor Akreditasi :39/DIKTI/Kep/2004. hal 121-127.
- Stephen Frybort, Raimund Mauritz, Alfred Teischinger, Ulrich muller, 2008, *Cement Bonded Composites - A Mechanical Review*, NSCU.edu/Bioresources, 3(250.000), 602-626.