

PEMANFAATAN LIMBAH PABRIK KELAPA SAWIT SEBAGAI MATERIAL TEKNIK

Tarkono¹ , Hadi Ali²

¹ Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung

² Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas teknik Universitas Lampung

Email: tarkono.1970@eng.unila.ac.id dan tarkono_irfan@yahoo.com

ABSTRACT

Palm oil mill issues byproducts in the form of 0.70 tons of cubic meters of fiber, 0.35 tons of cubic meters of shell, and 1.1 tons of cubic meters of oil palm empty fruit bunches palm (EFBP) to yield 1 ton cubic meters of crude palm oil. The fiber content consisted in the EFB is a source of fiber for a variety of industries such as manufacturing of composites, fillers for thermo-plastic, paper-making and sound insulation as well as soil erosion control. Manufacturing of a natural fiber reinforced cement board is an effort to reduce the use of synthetic fibers and asbestos fibers which cause side effects for its users. So this research is one of the breakthroughs to obtain new materials as substitute to asbestos fibers. This research used portland cement, marble powder, CaCO_3 and EFBP fiber as reinforcement. EFBP fibers were arranged randomly in the form of short fibers. Percentage of the mixture of 16%, 12% marble powder, and portland cement was varied with a percentage of 50%, 45%, 40%, 35%, 30%, 25%, 20%, 15% and the volume percentage of CaCO_3 inverse of the percentage of portland cement. The results showed that the characteristics of fibrous EFBP cementboard in the optimum condition to produce value of tensile strength of 1.96 MPa, flexural strength of 2.61 MPa, compressive strength of 14.35 MPa, density (ρ) of 1519 kg/cm^3 , water absorption of 24.28 and flame propagation velocity between 54.4 to 61.5 FS. By the standard of JIS A 5417-1992 that the requirements of density in the construction of cement board is of 0.8 g/cm^3 , so that the material is appropriate to be applied. Its thermal conductivity lower than fibrous congested asbestos cement board $\lambda = 0.576 \text{ kcal}/\text{mh}^\circ\text{C}$, meaning that the cement board is worthy applied as a ceiling of the house.

Keywords: EFBP, fiber, cement board, engineering material

PENDAHULUAN

Produksi kelapa sawit di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, jumlah produksi kelapa sawit dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yang signifikan, pada tahun 2010 mencapai 21.958.120 ton, tahun 2011 mencapai 23.096.541 ton, tahun 2012 mencapai 26.015.518, 2013 mencapai 27.782.004, tahun 2014 mencapai 29.344.479 dan tahun 2015 mencapai 30.948.931 [1]. Setiap produksi kelapa sawit menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) 23%, cangkang 8%, serat 12% dan limbah cair 66% (Andriyati, 2007). Limbah TKKS pada tahun 2010 mencapai 5.050.367,6 ton dan pada tahun 2011 mencapai 5.176.842,53 ton [1]. Ternyata limbah TKKS pun mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya produksi kelapa sawit secara nasional. Dengan meningkatnya limbah kelapa sawit tidak menutup kemungkinan akan terjadinya masalah lingkungan bagi masyarakat sekitar pabrik kelapa sawit.

Pabrik minyak kelapa sawit mengeluarkan hasil samping sebanyak 0,70 ton meter kubik serat, 0,35 ton meter kubik tempurung dan 1,1 ton meter kubik tandan kosong kelapa sawit (TKKS) untuk menghasilkan 1 (satu) ton meter kubik minyak sawit mentah. TKKS

kelapa sawit yang tidak tertangani menyebabkan bau busuk dan menjadi tempat bersarangnya serangga lalat sehingga dianggap sebagai limbah yang dapat mencemari lingkungan dan menyebarkan bibit penyakit. TKKS yang merupakan 23 persen dari tandan buah segar mengandung bahan lignoselulosa sebesar 55-60 % berat kering [2]. Dengan produksi puncak kelapa sawit per hektar sebesar 20-24 ton tandan buah segar per tahun, berarti akan menghasilkan 2,5-3,3 ton bahan lignoselulosa. Material lignoselulosa diketahui memiliki kemampuan menyerap logam berat karena mengandung gugus-gugus aktif seperti OH dan COOH [3].

Pemanfaatan limbah TKKS yang biasa dilakukan adalah sebagai bahan briket arang TKKS, kompos TKKS dan pupuk. Selain itu, TKKS juga dapat diolah menghasilkan serat kuat yang bisa dipakai untuk berbagai hal. Serat dari TKKS ini bisa berupa serat berkaret sebagai bahan pengisi matras dan jok mobil, polipot (pot kecil untuk bibit), papan ukuran kecil, sampai dengan bahan pengepak industri [4]. Kandungan serat yang terdapat pada TKKS mulai berkembang penggunaannya untuk

berbagai industri seperti pembuatan komposit, bahan pengisi termo plastik, pembuatan kertas dan isolasi bunyi serta kontrol erosi tanah.

Dengan memperhatikan berbagai hasil penelitian seperti di atas maka peluang TKKS sebagai salah satu bahan yang dapat digunakan untuk material alternatif pengganti serat sintetis maupun serat asbes yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Serat asbes awalnya digunakan untuk material penguat pada atap bergelombang dan material eternit sebagai plafon rumah. Salah satu bagian rumah yang cukup penting adalah plafon, karena memiliki berbagai fungsi untuk kenyamanan rumah. Fungsi dari plafon pada umumnya adalah untuk mencegah jatuhnya kotoran dari atap rumah, menjaga suhu didalam ruangan karena bisa melindungi terik sinar matahari dari celah atap rumah, melindungi air hujan yang masuk dari celah atap, peredam bunyi bising dari air hujan yang jatuh, dan juga bisa memberikan kesan elegan pada rumah dengan desain tertentu. Rumah-rumah pedesaan di sebagian pulau Jawa masih menggunakan anyaman bambu sebagai plafon, meskipun harganya murah namun tidak memiliki keindahan. Sementara di luar pulau Jawa, plafon rumah masih banyak yang terbuat dari papan kayu masif maupun kayu lapis. Ada beberapa kelamahan plafon yang terbuat dari bahan kayu, selain harganya mahal jika terkena air atau lembab maka umurnya akan berkurang. Sehingga perlu dicarikan jalan keluar untuk menanggulangi permasalahan tersebut. Bahan plafon yang memiliki karakteristik tahan terhadap air adalah eternit dan gipsium. Selain itu plafond eternit cukup ringan sehingga mudah dalam pemasangan harganya, relatif murah dibandingkan dengan kayu. Namun tidak lepas dari itu eternit juga memiliki kelemahan yaitu mudah retak atau patah, sehingga harus ekstra hati-hati dalam memasangnya.

Bahan baku yang dipergunakan dalam industri eternit terdiri dari semen, asbes atau majun sebagai pengganti asbes dan kapur. Asbes merupakan bahan tambang, umumnya masih diimpor dengan harga mahal serta berbahaya bagi kesehatan. Sedangkan majun umumnya dipakai pabrik-pabrik eternit yang berdekatan dengan indudtri tekstil, sehingga pengadaannya terbatas, oleh karena itu perlu dicari alternatif bahan serat pengganti asbes yang pengadaannya cukup mudah [5].

Asbes merupakan bentuk dari serat-serat yang mempunyai keunggulan tidak menghantarkan listrik. Penggunaan eternit dari asbes sebagai atap bangunan di Indonesia banyak diminati, tetapi penggunaan asbes pada eternit ini memiliki berbagai efek samping. Oleh sebab itu diperlukan bahan alternatif sebagai pengganti asbes untuk memenuhi kebutuhan industri papan berserat.

Bahan alternatif yang mungkin dapat digunakan untuk menggantikan serat asbes dalam pembuatan papan semen berserat adalah serat alam, melalui proses casting dan pengepresan. Produk papan semen berserat yang terbuat dari serat alam dapat mengurangi masalah lingkungan dan menciptakan produksi yang *sustainable*.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan utama papan semen berserat berupa semen portland, serbuk CaCO_3 , limbah gergajian batu marmer berupa powder, dan serat TKKS. TKKS dibuat serat pendek, sebelumnya serat direndam dalam larutan NaOH untuk menghilangkan sisa-sisa zat lemak. Hasil rendaman dicuci kemudian dikeringkan pada terik matahari. Bahan-bahan tersebut dicampur menjadi satu dengan ditambahkan air secukupnya sehingga berbentuk pasta dengan perbandingan : 16% serat TKKS, 12% serbuk marmer, CaCO_3 dan semen portland divariasikan. Variasi persentase semen portland yang digunakan adalah 50%, 45%, 40%, 35%, 30%, 25%, 20%, 15%, sementara CaCO_3 divariasikan 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% dan 50%. Dalam proses pencampuran ditambahkan air secukupnya dan diaduk sampai rata.

Proses pencetakan papan semen berserat dilakukan cetakan dengan cara menuangkan adonan ke dalam cetakan. Dalam proses pencetakan diiringi pengepresan yang bertujuan untuk memadatkan. Adapun pengepresan menggunakan tekanan antara 2,5 sampai 3 atm. Sebelum melakukan pengujian maka papan semen berserat harus melampaui waktu perawatan selama 28 hari, dengan tujuan untuk memastikan bahwa papan semen berserat tersebut telah melakukan reaksi yang sempurna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

TKKS mengandung serat yang tinggi, kandungan utama tandan kosong kelapa sawit adalah selulosa dan lignin. Selulosa dalam tandan kosong kelapa sawit mencapai 54-60 %, sedangkan kandungan lignin mencapai 22-27 % [6]. Salah satu usaha menanggulangi bahaya limbah pabrik kelapa sawit adalah dengan melakukan pengolahan dan penanganan limbah secara menyeluruh. Penanganan limbah yang tidak tuntas akan berpotensi terjadinya pencemaran di lingkungan penghasil limbah. Pemanfaatan TKKS sejauh ini sebagian besar sebagai bahan organik seperti briket, pakan ternak dan pupuk mulsa. Serat TKKS sebenarnya mengandung selulosa dan holoselulosa yang cukup tinggi sehingga layak dikembangkan dalam teknologi bahan, terutama bidang rekayasa beton. Efek penambahan serat TKKS dalam pembuatan bahan bangunan (beton) antara lain: ringan, kekuatan mekanik tinggi dan ramah lingkungan [6]. Serat ini juga berfungsi sebagai penguat serta meningkatkan kekuatan tarik agar lebih daktail dari pada beton pada umumnya. Beton biasanya bersifat getas, adanya serat sebagai penguat pada beton tersebut maka dapat mencegah terjadinya perambatan retakan akibat beban maupun panas hidrasi. Serat TKKS yang digunakan dalam pembuatan beton memberikan prospek dalam penyediaan bahan bangunan yang murah dengan memanfaatkan lokal *resources* yang ramah lingkungan (*eco-friendly*) [7]. Dalam rangka menganalisa kemungkinan/peluang pemanfaatan serat TKKS sebagai bahan penguat eternit maka perlu dilihat beberapa sifat mekaniknya.

Kekuatan Tarik

Berikut ditampilkan hasil pengujian tarik spesimen berbentuk mortar papan semen berserat TKKS dengan berbagai variasi semen portland dan CaCO₃.

Tabel 1. Data hasil pengujian tarik papan semen berserat TKKS

Komposisi	Kekuatan tarik (Mpa)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Kuat tarik	2,01	1,55	1,96	1,74	1,90	1,04	1,27	1,16

Keterangan :

Komposisi 1 : 16% serat, 12% serbuk marmer, 50% semen, 15%CaCO₃

Komposisi 2 : 16% serat, 12% serbuk marmer, 45% semen, 20%CaCO₃

Komposisi 3 : 16% serat, 12% serbuk marmer, 40% semen, 25%CaCO₃

Komposisi 4 : 16% serat, 12% serbuk marmer, 35% semen, 30%CaCO₃

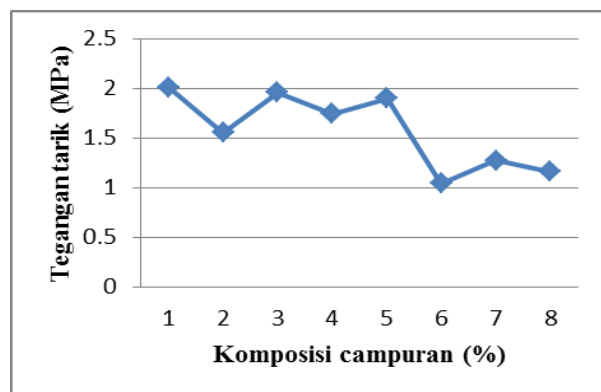
Komposisi 5 : 16% serat, 12% serbuk marmer, 30% semen, 35%CaCO₃

Komposisi 6 : 16% serat, 12% serbuk marmer, 25% semen, 40%CaCO₃

Komposisi 7 : 16% serat, 12% serbuk marmer, 20% semen, 45%CaCO₃

Komposisi 8 : 16% serat, 12% serbuk marmer, 15% semen, 50%CaCO₃

Dari hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik material papan semen berserat tertinggi sebesar 2,01 MPa. Kekuatan tarik tertinggi ini terjadi pada komposisi 16% serat TKKS, 12% serbuk batu marmer, 50% semen portland dan 15% serbuk CaCO₃. Namun pada kondisi optimum kekuatan tarik hanya sebesar 1,96 MPa yang terjadi pada komposisi campuran 16% serat TKKS, 12% serbuk batu marmer, 35% semen portland dan 25% serbuk CaCO₃. Kondisi optimum artinya kondisi dimana ada beberapa aspek pertimbangan yang dijadikan acuan sehingga didapatkan harga yang paling menguntungkan. Dewasa ini penggunaan serat semakin meluas, yang dibuktikan dengan berbagai penelitian yang dilakukan oleh perguruan tinggi di seluruh Indonesia. Dan dari hasil penelitian tersebut telah banyak diaplikasikan menjadi bahan teknik seperti penguat kursi kereta eksekutif di pulau Jawa.



Gambar 1. Grafik kekuatan tarik papan semen berserat TKKS

Dari grafik sangat jelas bahwa perbedaan antara kondisi optimum dengan kekuatan tertinggi tidak terlalu jauh perbedaannya yaitu sekitar 0,05 MPa. Namun jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang sama pada tahun sebelumnya terjadi peningkatan hampir 0,9 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi perbaikan sifat mekanik bahan dengan adanya perubahan komposisi campuran, sehingga peluang pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit terutama limbah padat masih mungkin terjadi.

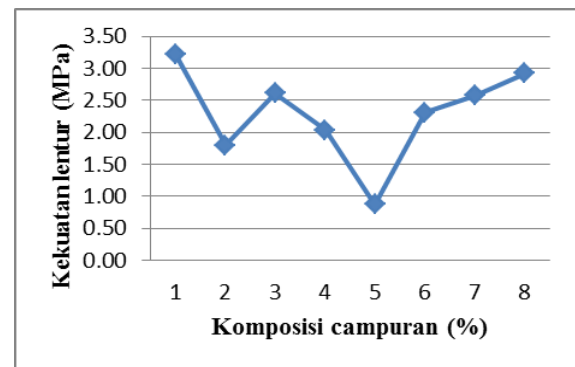
Kekuatan Lentur

Hasil pengujian lentur spesimen berbentuk mortar secara lengkap dipada tabel berikut ini.

Tabel 2. Data hasil pengujian lentur papan semen berserat TKKS

Komposisi	Kekuatan lentur (Mpa)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Kuat lentur	3,2	1,8	2,6	2,0	0,8	2,3	2,5	2,9
	2	0	1	3	7	1	7	2

Seperti halnya kekuatan tarik, maka kekuatan lentur tertinggi juga diperoleh pada kondisi campuran yang sama yaitu pada komposisi 16% serat TKKS, 12% serbuk batu marmer, 50% semen portland dan 15% serbuk CaCO₃. Dengan menggunakan cara yang sama akhirnya ditetapkan bahwa pada kondisi optimum maka kekuatannya sebesar 2,61 MPa.



Gambar 2. Grafik kekuatan lentur papan semen berserat TKKS

Pertimbangan dalam menentukan kondisi optimum ini didasarkan beberapa hal diantaranya dengan melihat aspek ekonomi dari material tersebut. Aspek ekonomi dipertimbangkan karena jika material ini kelak akan diproduksi secara massal maka akan sangat menentukan keuntungan yang diperoleh bagi produsennya. Selain aspek ekonomi tentunya tidak terlepas dari aspek teknis yang lain.

Kekuatan Tekan

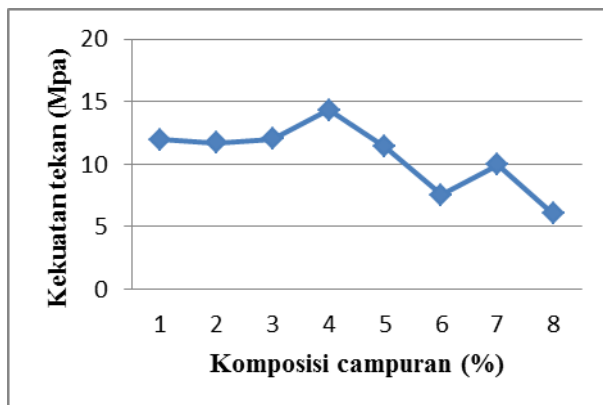
Adapun hasil pengujian tekan untuk material semen berserat TKKS yang akan diaplikasikan

sebagai eternit untuk plafon rumah dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Data hasil pengujian tekan papan semen berserat TKKS

Komposisi	Kekuatan tekan (Mpa)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Kuat tekan	11,98	11,73	12,01	14,35	11,39	7,53	9,95	6,05

Untuk lebih memperjelas hasil uji tekan ini maka datanya dituangkan dalam garafik . Grafik ini menunjukkan hubungan antara kekuatan tekan material papan semen berserat dengan komposisi dari campuran.

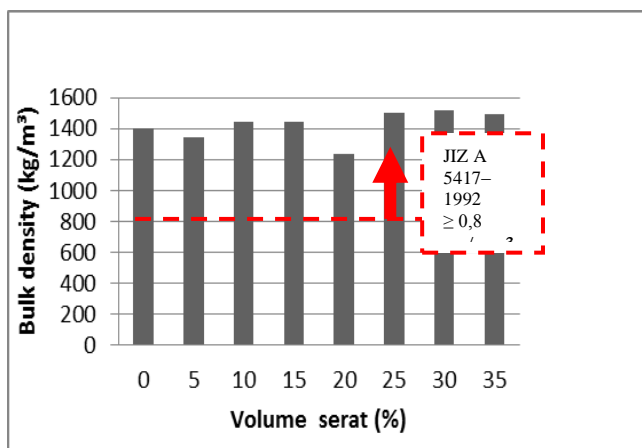


Gambar 3. Grafik kekuatan tekan papan semen berserat TKKS

Kekuatan tekan optimum terjadi pada komposisi campuran sebesar 16% serat TKKS, 12% serbuk batu marmer, 35% semen portland dan 25% serbuk CaCO₃ yaitu sebesar 12,01 MPa.

Kerapatan

Sifat-sifat papan semen berserat TKKS yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kerapatan. Selain itu kerapatan juga menjadi dasar pertimbangan penggunaan suatu produk. Hasil pengujian kerapatan papan semen berserat TKKS yang dihasilkan pada penelitian ini disajikan pada gambar berikut ini.



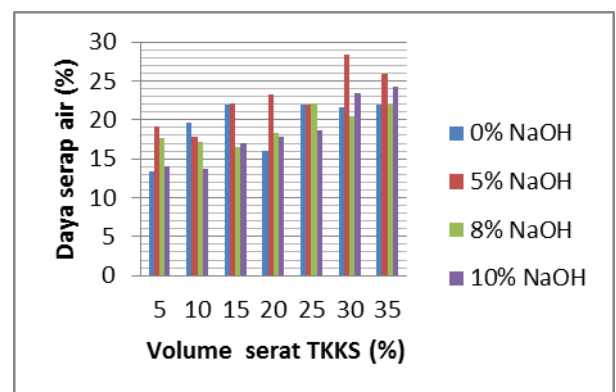
Gambar 4. Grafik kerapatan papan semen berserat TKKS

Hasil pengujian kerapatan papan semen berserat TKKS dengan 20% serat merupakan jenis campuran yang paling kecil kerapatannya yaitu 1233,7 kg/m³, sedangkan dengan campuran 30% serat TKKS kerapatannya 1519 kg/m³. Secara umum terlihat bahwa seiring dengan bertambahnya volume serat kerapatannya semakin besar yang berarti ikatan antara matrik dengan serat semakin baik. Hal ini bertentangan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mujtahid (2010) yang menyatakan bahwa ukuran partikel yang besar memiliki kerapatan yang rendah karena partikel dengan ukuran yang besar dapat mengakibatkan kontak yang lemah antara partikel dan semen sehingga menciptakan adanya rongga diantara partikel-partikel tersebut.[8] Perbadaan ini dianggap wajar sebab kedua penelitian menggunakan penguat yang berbeda yaitu serat TKKS dan serbuk batang aren.

Secara umum bahwa kerapatan papan sumpun hasil pengujian tekan en berserat TKKS yang dibuat dalam penelitian ini menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan standar yang ada. Artinya eternit yang dibuat menggunakan penguat serat TKKS dengan volume sampai 35% masih memenuhi standar JIS A 5417-1992 yang dipersyaratkan yaitu ≥ 0,8 g/cm³. Dengan demikian bahwa eternit tersebut dapat diaplikasikan sebagai pleton rumah tinggal.

Daya Serap Air

Daya serap air merupakan sifat fisis papan semen yang menunjukkan kemampuan papan untuk menyerap air selama 24 jam. Hasil pengujian daya serap air papan semen berserat TKKS yang dihasilkan pada penelitian ini disajikan pada gambar berikut ini.



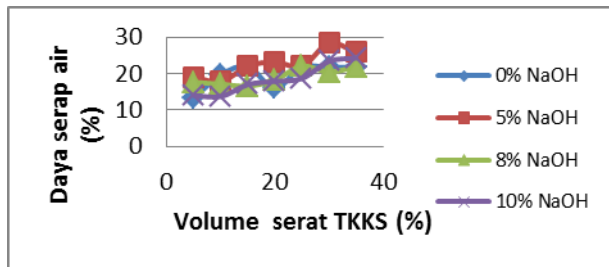
Gambar 5. Grafik daya serap air papan semen berserat TKKS

Hasil pengujian daya serap air selama 24 jam papan semen berserat TKKS dengan persentase serat 5% mengalami peningkatan seiring dengan penambahan volume serat sampai 35%. Daya serap air terendah adalah 13,23% terjadi pada papan semen (eternit) berserat TKKS sebanyak 5% dan daya serap air tertinggi adalah 27,35% terjadi pada papan semen berserat TKKS sebanyak 30%. Hal ini dipengaruhi oleh nilai kerapatan yang cukup tinggi pada material tersebut sehingga menyebabkan

lebih padat dan sulit menyerap air. Pada papan semen tersebut dengan 5% serat TKKS kerapatannya lebih tinggi dibandingkan dengan eternit yang berserat 30%. Daya serap air dipengaruhi besarnya diameter serat dan panjang serat partikel bambu yang digunakan. Semakin besar ukuran diameter dan panjang serat partikel yang digunakan maka nilai pengembangan tebalnya juga akan semakin besar [12].

Jumlah serat yang relatif besar biasanya akan membentuk struktur papan semen yang kurang padat sehingga menyebabkan adanya rongga di dalam papan semen yang memudahkan penyerapan air. Namun senyawa semen dapat menutupi permukaan serat dapat menghambat penyerapan air sehingga pada papan semen dengan rendaman serat pada NaOH 5% maupun 8% tidak terlalu terjadi perbedaan yang signifikan. Sebab serat yang telah terbebas dari pengaruh zat lemak akan mudah terjadi ikatan yang kuat dengan semen. Pada standar JIS A 5417-1992 tidak menetapkan nilai daya serap air yang dapat diterima sesuai standar.

Untuk lebih memperjelas dalam mengamati pengaruh rendaman serat pada larutan NaOH maka dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 6. Grafik daya serap air papan semen berserat TKKS

Secara umum terjadi kenaikan daya serap air seiring dengan bertambahnya serat TKKS dalam papan semen berserat. Hal ini disebabkan semakin banyaknya serat TKKS dalam papan semen berserat peluang terjadinya rongga antara serat dengan matriksnya semakin besar, walaupun dalam proses pembuatannya campuran antara serat dengan matriks diusahakan serata mungkin. Dari 4 variasi perendaman serat pada larutan NaOH menunjukkan bahwa eternit dengan serat TKKS yang direndam 8% larutan NaOH sangat bagus, hal ini dibuktikan kenaikan daya serapnya tidak terlalu tinggi sehingga jika diaplikasikan sebagai plafon akan sangat cocok.

Daya Rambat Api

Dari hasil uji rambat api menunjukkan bahwa material eternit berbasis TKKS memiliki nilai FS untuk eternit dengan ketebalan 13 mm (kode sampel A) nilai FS sebesar 54,4 kemudian eternit dengan ketebalan 10 mm (kode sampel B) nilai FS sebesar 61,5 dan eternit dengan ketebalan 10 mm (kode sampel C) memiliki nilai FS sebesar 61,5. Dengan demikian maka papan semen berbasis TKKS yang dibuat dalam penelitian ini menduduki kelas II yang artinya material tersebut masih dapat digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan.

KESIMPULAN

Karakteristik papan semen berserat TKKS pada kondisi optimum menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar 1,96 Mpa, kekuatan lentur sebesar 2,61 Mpa, kekuatan tekan 14,35 MPa, kerapatan (ρ) = 1519 kg/cm³, daya serap air = 24,28 serta kecepatan rambat api antara 54,4 sampai 61,5 FS. Berdasarkan standar JIS A 5417-1992 bahwa persyaratan kerapatan dalam konstruksi papan semen adalah sebesar 0,8 g/cm³ dengan demikian maka material ini layak untuk diaplikasikan. Konduktivitas termalnya lebih rendah dari papan semen berserat asbes padat $\lambda = 0,576$ kkal/mh^oC, artinya papan semen hasil penelitian ini layak diaplikasikan sebagai plafon rumah. Maka penggunaan serat dari limbah pabrik kelapa sawit sangat besar peluangnya jika dimanfaatkan sebagai material teknik.

SARAN

Untuk penelitian pengembangan maka perlu dilakukan pengujian dengan skala penuh yang diterapkan pada konstruksi sesungguhnya. Dan masih perlu dicari alternatif agar berat material dapat dikurangi lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS. 2012, Indonesia Dalam Angka. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. Jakarta
- [2] Han J. S. 1999. Stormwater Filtration of Toxic Heavy Metal Ions Using Lignocellulosic Materials Selection Process, Fiberization, Chemical Modification and Mat Formation. USA: Departement of Agriculture. Forest Service. Forest Product Laboratory. Madison. Wisconsin.
- [3] Richana N, Lestina P, Irawadi T. 2004. karakterisasi Lignoselulosa dari Limbah Tanaman Pangan dan emanfaatannya untuk Pertumbuhan Bakteri RXA III-5 Penghasil Xilanase. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen. Institut Pertanian Bogor. Jawa Barat 23: 112.
- [4] Muladi S. 2001. Pemanfaatan Abaca (Batang Pisang Hutan), Tandan Kosong Sawit, Eceng Gondok dan Batang Kenaf sebagai Bahan Baku Industri Kertas Uang, Kertas Koran, Tissue, Karton, Kardus, Papan Partikel dan MDF. Samarinda: Lembaga Penelitian Universitas Mulawarman.
- [5] Nurul Dzirkillah, Nur Aeni, Denny Nurkertamanda. 2011. *Pembuatan Eternit Dari Sabut Kelapa Sebagai Pengganti Asbes*. Simposium Nasional RAPI X FT UMS Buku 1 : 41 – 44.
- [6] Wismogroho, A. 2002. The Use of Natural Fibre Reinforced Composites in Building Materials. *Proceedings- International Symposium*; Building Research and The Sustainability of The Built Environment in The Tropics. Tarumanagara University Indonesia. pp. 598-610 9.

- [7] Gurning, N., A.P.Tetuko, dan P. Sebayang. 2013. *Pembuatan Beton Serat Tandan Kosong Kelapa Sawi*. TELAAH Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Akreditasi LIPI Nomor :377/E/2013.
- [8] Mujtahid. 2010. Pengaruh Ukuran Serbuk Aren Terhadap Kekuatan Bending Densitas dan Hambatan Panas Komposit SemenSerbuk Aren. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.