

PEMANFAATAN LIMBAH DAUN JAMBU DAN POLIMER ALAMI GETAH KARET SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF FURNITURE

Heru Damayanti^{1,2*}, Masturi³, and Ian Yulianti³

¹ PPs S₂ Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Semarang

Jl. Bendan Ngisor Sampangan Semarang 50233

² SMP IT Bina Amal Semarang

Jl. Raya Gunungpati-Ungaran, KM 1,5, Plalangan, Semarang 50275

³ Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

Jl. Raya Sekaran, Gunungpati, Semarang 50299

*Corresponding author. Tel/Fax : 0815-757-52477; Email: herudamayanti@gmail.com

Abstrak

Limbah organik maupun anorganik seperti daun, kertas, sayuran, buah-buahan, styrofoam, dan plastik dapat digunakan sebagai sesuatu yang bermanfaat. Pada penelitian sebelumnya, sampah yang sering digunakan antara lain sampah styrofoam, sekam padi, kertas, plastik, dan serbuk kayu dapat dijadikan sebagai alternatif bahan bangunan, dan telah teruji kelebihannya, baik secara fisik maupun mekanik. Pada penelitian ini memanfaatkan sampah halaman yang kadang mengganggu dan tidak terkelola dengan baik, salah satunya adalah daun jambu. Komposit sampah daun jambu dapat digunakan sebagai bahan alternatif *furniture* seperti papan partikel yang berfungsi sebagai penyangga *keyboard* komputer, rak sepatu dan lain-lain. Daun jambu yang kering dibuat sebagai komposit dengan polimer alami getah pohon karet. Komposit dibuat dengan cara pencampuran sederhana (*simple mixing*) dengan perbandingan massa daun jambu dan getah karet masing-masing 5:1, 5:2, 5:3, 5:4, 5:5 dan 5:6. Sampah daun kering yang sudah dihancurkan kemudian dipress dengan mesin pengepress pada posisi berat 5 ton tekanan 39,81 MPa dan suhu kamar. Komposisi maksimum dari pencampuran komposit dengan polimer getah karet dapat diuji dengan melakukan uji kekuatan tekan. Kekuatan tekan yang paling baik menunjukkan bahwa komposit daun jambu dengan polimer getah karet layak untuk dijadikan sebagai bahan alternatif *furniture* pengganti kayu.

Kata kunci: daun jambu, *furniture*, komposit, polimer, tekanan

PENDAHULUAN

Sampah organik merupakan salah satu komponen sampah perkotaan yang mempunyai volume cukup besar dan menjadi permasalahan yang serius baik bagi pemerintah maupun masyarakat karena hingga saat ini belum diperoleh solusi yang tepat untuk menanganinya.

Sampah kota yang dihasilkan pada hari biasa rata-rata mencapai 260 ton/hari, namun jumlah ini akan terus meningkat 3-6% saat hari libur (Subroto, 2012). Dampak buruk sampah diantaranya lebih dari 25 jenis penyakit yang diakibatkan oleh pengelolaan yang buruk, sehingga dapat mengakibatkan bencana bagi kesehatan publik, polusi udara, pencemaran air, hambatan bagi kegiatan masyarakat dan

menjatuhkan nilai dan kualitas sarana dan prasarana yang ada (Pikiran Rakyat, 2005).

Sampah organik yang berasal dari limbah rumah tangga dibedakan menjadi dua yakni berupa sampah lunak (mudah membusuk) dan sampah padat (sukar membusuk). Sampah lunak biasanya sering berbau meskipun sudah dimasukkan plastik ketika sudah dibuang ditempat sampah seperti sayur-sayuran dan buah-buahan. Sampah padat berupa kertas dan daun kering biasanya sulit untuk membusuk sehingga sering dibakar ketika menghancurkan. Beberapa negara berkembang, melarang pembakaran sampah plastik ini karena termasuk pencemaran udara.

Sampah daun merupakan sampah halaman rumah yang mengganggu dan tidak

enak dipandang (Gambar 1). Penanganannya biasanya setelah kering dimasukkan tempat sampah atau dibakar, dan hal ini mencemari lingkungan. Salah satu penanganannya adalah dibuat komposit daun yang digunakan sebagai pengganti bahan kayu/ *furniture* rumah tangga.



Gambar. 1. Sampah halaman daun jambu

Kebutuhan jaman sekarang akan pemakaian kayu yang terus meningkat membuat ketersediaan kayu semakin menipis di alam, seiring dengan banyaknya kebakaran hutan di berbagai wilayah saat musim kemarau. Untuk itu dibutuhkan sebuah material alternatif yang bisa mewakili sifat-sifat dari kayu tersebut, karena alasan ini maka muncullah material baru yang disebut dengan material komposit, salah satu jenisnya adalah komposit daur ulang yang menggunakan bahan dasar sampah organik dan anorganik. Pembuatan komposit ini merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi volume sampah.

Komposit sampah daun jambu dipilih karena memiliki serat yang lembut dan beraroma yang menyegarkan sehingga cocok untuk dijadikan sebagai bahan furniture yang kedap air. Beberapa alternatif yang dapat diciptakan untuk mengatasi semakin langkanya bahan baku kayu, produk-produk turunan dari kayu yang bisa dibuat antara lain papan partikel, papan semen, papan serat dan yang lainnya (Sudarsono, 2010).

Namun komposit ini harus menggunakan polimer sebagai perekatnya. Polimer yang dipilih adalah polimer alami yang berasal dari getah karet. Di Indonesia perkebunan karet sangat luas. Kemajuan dalam riset polimer telah menemukan berbagai polimer yang bersifat konduktif maupun semikonduktif. Salah satu cara untuk membuat polimer menjadi konduktif adalah dengan menambahkan karbon aktif sebagai dopping

sehingga terbentuk bahan komposit polimer-karbon.

Penelitian ini menggunakan bahan limbah daun jambu sebagai komposit dengan polimer alami getah karet diharapkan dapat menjadi salah satu solusi alternatif untuk membuat papan partikel atau bahan *furniture* lain pengganti bahan kayu yang efektif.

Definisi komposit adalah sebuah system material yang tersusun atas campuran atau kombinasi dari dua atau lebih papan partikel mikro maupun makro yang berbeda bentukmaupun komposisi kimianya yang terikat secara erat satu dengan yang lain (Smith, 1991).

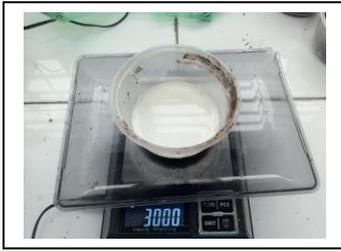
Polimer adalah sebuah molekul panjang yang mengandung rantai-rantai atom yang dipadukan melalui ikatan kovalen yang terbentuk melalui proses polimerisasi. Pada umumnya polimer dikenal sebagai materi yang bersifat non-konduktif atau isolator.

Selama penggunaan bahan polimer, bahan polimer akan terpapar terhadap lingkungan seperti panas, kelembaban, oksigen, ozon dan sebagainya. Berbeda dengan polimer lainnya, karet alam sangat tahan terhadap degradasi karena pada rantai utama olekul karet alam terdapat ikatan rangkap. Degradasi karet alam pada umumnya dipercepat oleh panas, kelembaban, sinar, ozon, radiasi dan sebagainya (Vinod, 2002).

Beberapa polimer yang sangat baik digunakan sebagai matriks adalah polyvinyl acetate (PVAc), antara lain sebagai matriks pada pembuatan komposit sensor temperatur (Arshak, 2006), pembuatan magasin (Shedge, 2007), pada pembuatan beton (Valencia, 2007) dan pada komposit sampah daun dengan penguat nanosilika (Masturi, 2010). Bahkan ada juga yang menggunakan karet alami sebagai matrik pada pembuatan beton. Polimer alami ini dalam masih tersedia sangat melimpah, karena Indonesia termasuk negara yang memiliki tanah perkebunan karet yang cukup luas.

Karet adalah polimer hidrokarbon yang terbentuk dari emulsi kesusuan (dikenal sebagai latex) yang diperoleh dari getah beberapa jenis tumbuhan pohon karet tetapi dapat juga diproduksi secara sintesis. Getah dari pohon karet yang memiliki nama ilmiah *Hevea brasiliensis* (Euphorbiaceae) dilakukan dengan cara melukai kulit pohon sehingga pohon akan memberikan respons yang menghasilkan lebih

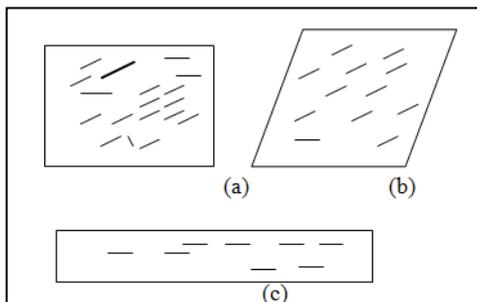
banyak latex lagi. Pohon jenis lainnya yang mengandung lateks termasuk fig, euphorbia dan dandelion (Deperin.co.id)



Gambar 2. Polimer alami getah karet

Peningkatan pemanfaatan sumber daya alam yang terbarukan yang dimiliki Indonesia, seharusnya Indonesia dapat memanfaatkannya kesempatan untuk membuat komposit ini, karena Indonesia merupakan penghasil karet alam dunia, sehingga secara tidak langsung sumber daya alam berupa karet dapat ditingkatkan nilai jualnya. Karet alam berfungsi sebagai matriks komposit (Sri, 2011).

Tugas utama matriks adalah mengikat serat bersama-sama, karena sekumpulan serat tanpa matriks tidak dapat menahan gaya dalam arah tekan dan transversal. Komposit juga merupakan material yang sangat berguna karena berisi susunan dari beberapa material dalam kekuatan yang tinggi, yang termasuk dalam pembentukan komposit itu. Kekuatan komposit terdiri dari serat dan posisi serat dalam komposit itu sendiri apabila posisi serat dalam matriksnya satu arah saja sesuai dengan arah serat. Komposit berkualitas tinggi adalah komposit yang bisa melayani gaya dari segala arah.



Gambar 3. Arah Serat: (a) arah menyebar tidak beraturan, (b) arah menyebar beraturan, (c) arah sejajar (Sumber: Gatenholm, 1993)

Papan partikel adalah istilah umum untuk panel yang dibuat (biasanya kayu),

terutama dalam bentuk potongan-potongan kecil atau partikel dicampur dengan perekat sintesis atau perekat lain yang sesuai dan direkat bersama-sama dibawah tekanan dan pres di dalam suatu alat kempa panas melalui suatu proses dimana terjadi ikatan antara partikel dan perekat yang ditambahkan (Prasetyo, 2007).

FAO (1998) mendefinisikan papan serat adalah papan tiruan yang dibuat dari serat kayu atau lignin selulosa lain, dengan cara tenunan serat yang dikejutkan dengan penekanan oleh kempa plat/rol. Bahan perekat atau bahan lain dapat ditambahkan untuk meningkatkan sifat papan seperti sifat mekanis, ketahanan kelembaban, ketahanan terhadap api maupun serangga (Kollman, 1975).

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan pencampuran sederhana (*simple mixing*) daun yang telah dicacah hingga partikel yang terbentuk lebih kecil. Pencacahan daun menggunakan blender yang dicampur air agar mudah untuk berputar. Daun yang telah dicacah dijemur dibawah terik matahari untuk menghilangkan kandungan air yang ada didalamnya, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengerinan daun setelah dihaluskan

Komposit sampah daun jambu kering dibuat dengan cara dipress dalam tekanan yang dijaga tetap yaitu 5 ton, dengan perbandingan massa campuran getah karet yang divariasikan. Massa daun jambu dibuat tetap yaitu 50 gram daun, dan massa getah dari 10 gram sampai 60 gram divariasikan (10 gram, 20 gram, 30 gram, 40 gram, 50 gram, dan 60 gram). Kemudian komposit yang sudah terbentuk diuji kekuatan daya tekannya dan daya serap terhadap air.

Daun yang sudah dicacah dan dicampur dengan getah kemudian dimasukkan kedalam

mesin *press* seperti pada Gambar 5, dengan tekanan tetap 5 ton dan waktu tekan 5 menit dengan cetakan silinder berdiameter 4 cm.



Gambar 5. Mesin pengepress

Hasil optimasi sampah daun jambu kering yang ditambahkan dengan polimer getah karet alami, telah membentuk komposit daun yang cukup kuat. Penambahan polimer ini bertujuan sebagai perekat dan meningkatkan kekuatan material yang dihasilkan. Metode yang dipakai dalam tahap ini adalah memvariasikan massa getah dan menjaga massa sampah daun. Dari berbagai komposisi tersebut, kemudian dilakukan pencetakan sampel dengan perlakuan yang sama dengan tahapan sebelumnya. Sampel-sampel tersebut selanjutnya dilakukan uji kekuatan tekan untuk mendapatkan komposisi antara massa polimer dan massa sampah sedemikian rupa sehingga dihasilkan material dengan kekuatan tekan yang paling optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil uji tekan berbagai komposit daun

| Sampel | Luas (m ²) | F (N) | Tekanan (MPa) |
|--------|------------------------|-------|---------------|
| 1 | 0,00011 | 2500 | 22,73 |
| 2 | 0,000216 | 10000 | 46,30 |
| 3 | 0,000165 | 20000 | 121,21 |
| 4 | 0,00018 | 25000 | 138,89 |
| 5 | 0,000224 | 30000 | 133,93 |
| 6 | 0,000168 | 42500 | 252,98 |

Dari tabel menunjukkan hubungan bahwa ketika prosentase polimer ditambah maka kekuatan daya tekan pada komposit juga semakin bertambah. Hal ini disebabkan karena sebelum disisipi partikel sampah, rantai-rantai pada polimer getah karet cenderung elastis.

Hasil pembuatan komposit dari daun jambu dengan polimer getah karet alami dengan 6 sampel yang masing-masing dengan komposisi massa daun sama 60 gram dan massa getah yang berbeda. Hal ini dilakukan agar nampak perbedaan jika massa getah memiliki perbandingan yang sama dengan massa daun dan dibuat satu sampel dengan getah yang melebihi massa daun maka kekuatan daya tekan maupun daya serapnya akan mempengaruhi kualitas komposit dapat dilihat dari Gambar 6.

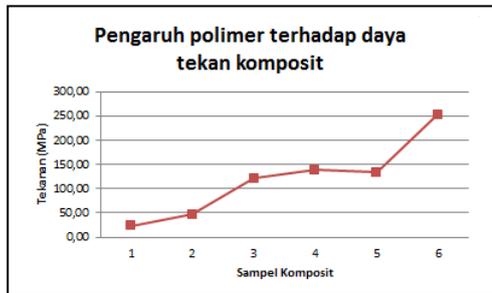


Gambar 6. Sampel komposit

Pengujian daya tekan masing-masing sampel dilakukan di Laboratorium Workshop Unnes dengan menggunakan mesin pengepress, sehingga pada posisi berapa ton sampel mampu menahan beban dan pecah sehingga dengan adanya regangan maka posisi tekanan perlahan akan turun. Komposit dipotong dengan ukuran persegi dan dikur luasnya. Masing-masing sampel memiliki prosentase polimer yang berbeda. Sampel 1 sebesar 20%, sampel 2 sebesar 40%, sampel 3 sebesar 60%, sampel 4 sebesar 80%, sampel 5 sebesar 100%, dan sampel 6 sebesar 120%. Hasil uji tekan dapat diamati pada Tabel 1

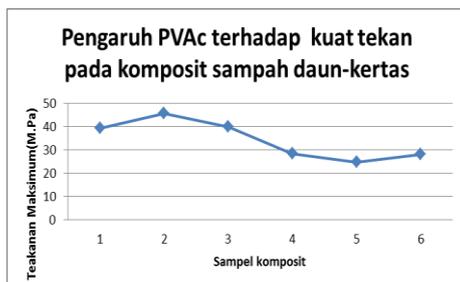
Setelah terikat dengan partikel sampah daun jambu rongga-rongga tersebut terisi dan menempel pada rantai polimer getah. Hal ini menyebabkan material komposit sampah daun menjadi keras dan kuat. Pada penelitian ada hasil yang agak menyimpang yakni pada saat

prosentase 100 %, daya tekan mengalami penurunan. Prosentase getah dan daun yang sama cenderung membuat banyak getah yang terbuang saat pengepresan tidak terkendali sehingga ada kehilangan kekuatan dari ikatan tersebut. Namun saat polimer getah ditambah prosentasenya yaitu 120 % kekuatan komposit bertambah lagi hingga hampir dua kali lipatnya dapat dilihat pada grafik Gambar 7.



Gambar 7. Grafik pengaruh polimer terhadap daya tekan komposit

Hasil penelitian ini, jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yaitu komposit yang terbuat dari sampah daun-kertas dengan memanfaatkan kuarsa dan PVAc sebagai penguat (Masturi, 2010) menunjukkan hasil yang signifikan seperti pada Gambar 8.



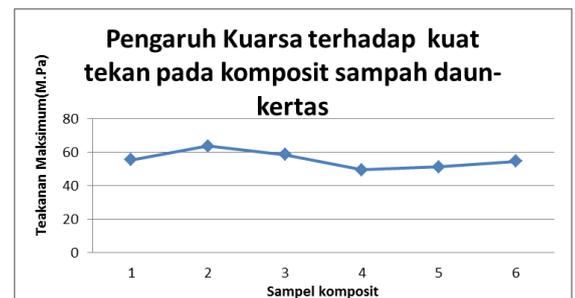
Gambar 8. Grafik kuat tekan pada masing-masing sampel dengan komposisi PVAc dan sampah yang divariasi (Masturi, 2010).

Komposisi yang tepat antara PVAc dengan sampah akan menghasilkan material komposit yang memiliki kekuatan mekanik yang optimum. Dalam hal ini komposisi itu adalah 2:7 di mana dalam Gambar 8diperlihatkan pada sampel 2. Penambahan PVAc melebihi kuantitas ini ataupun sebaliknya penambahan sampah melebihi kuantitas jenuh ini akan menyebabkan kekuatan komposit menjadi menurun. Hal ini

karena berkurangnya luasan interaksi antara partikel sampah dengan rantai polimer (Lee, , 2005; Masturi, 2010).

Penelitian kemudian menggunakan metode menambahkan kuarsa pada komposit. Masuknya kuarsa ke dalam komposit PVAc sampah berimplikasi pada meningkatnya kekuatan dan kekakuan rantai-rantai polimer.

Akibatnya, kekuatan material komposit pun akan semakin kuat. Dari Gambar 8 dan Gambar 9 dapat dilihat adanya peningkatan kekuatan mekanik material akibat penambahan kuarsa. Semakin banyak kuantitas kuarsa yang ditambahkan cenderung akan menambah kekuatan dari material komposit yang dihasilkan.



Gambar 9. Grafik kuat tekan sampel setelah diberi kuarsa (Masturi, 2010)

Perbandingan kuantitas dari kuarsa, PVAc dan sampah tersebut adalah 1:20:70, yaitu sampel 2 pada Gambar 3 dengan kekuatan tekan optimum mencapai 63,85 MPa. Pada sampel 2 ini, penambahan kuarsa mampu menaikkan kekuatan mekanik material sebesar 40,03% dari kekuatan tekan sebelum diberi kuarsa,yaitu sebesar 45,60 MPa. Dari kedua hasil penelitian yang menggunakan PVAc dan kuarsa kuat tekan optimum adalah 63,85.

Penelitian lain yang menyelidiki kuat tekan komposit adalah menggunakan serat daun lidah mertua dicampur dengan epoksi resin menghasilkan uji tekan yang cukup besar yaitu 128,63MPa untuk perbandingan komposit dan resinnya adalah 50 % (Kartika, 2012).

Dari hasil ini jika dibandingkan dengan komposit yang menggunakan polimer karet dapat maksimum di sampel 6 yaitu mencapai 252,98 MPa (Gambar 7). Hasil ini harus dilihat juga dengan kemampuan menyerap air, karena sebagai bahan furniture maka memperhatikan kerapatan partikel dan daya serap air yang rendah

Komposit yang dihasilkan, akan digunakan sebagai pengganti bahan *furniture*, maka memerlukan bahan yang memiliki daya serap air rendah. Pada papan

partikel yang dipakai untuk keyboard komputer, seharusnya dengan daya serap air rendah agar tidak mudah lapuk jika tersiram air minum, tinta dan sebagainya. Untuk itu, perlu dilakukan uji daya serap air terhadap komposit dengan sampel yang ada.

Daya serap air ditentukan berdasarkan berat spesimen setelah direndam dalam selama 24 jam dan hasilnya dihitung dengan persamaan :

$$DSA = \frac{B2-B1}{B1} \times 100 \%$$

Keterangan:
 B1= berat sebelum perendaman (gr)
 B2= berat setelah perendaman (gr)

Uji daya serap dilakukan pada komposit yang telah dipotong persegi, kemudian direndam dalam air sampai jenuh dan tidak mampu menyerap air lagi. Perendaman dilakukan selama 25 jam dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Komposit yang telah direndam hingga jenuh

Untuk mengetahui daya serapnya, maka sebelum dimasukkan ke air, komposit ditimbang dahulu, lalu setelah dimasukkan ditimbang lagi. Hasil selisih massa komposit ini yang menjadi perhitungan daya serap air per volume komposit tersebut. Hasil kerapatan partikel tampak pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil kerapatan partikel berbagai komposit daun

| Sampel | Volume (cm ³) | Massa (g) | Kerapatan Papan Partikel (g/ml) | Daya Serap Air (%) |
|--------|---------------------------|-----------|---------------------------------|--------------------|
| 1 | 3,12 | 1,30 | 0,42 | 10 |
| 2 | 2,64 | 1,54 | 0,58 | 5 |
| 3 | 2,74 | 1,77 | 0,65 | 6 |
| 4 | 2,10 | 1,82 | 0,87 | 13 |
| 5 | 2,50 | 1,69 | 0,68 | 28 |
| 6 | 4,95 | 3,46 | 0,70 | 11 |

Bahan *furniture* yang baik yang memiliki kerapatan komposit, yaitu untuk sampel 1, 2 dan 3. Untuk sampel 4 memiliki kerapatan yang tinggi, namun di sampel 5 turun pada 0,68 gram/ml. Data daya serap air dapat dilihat pada grafik di Gambar 11.

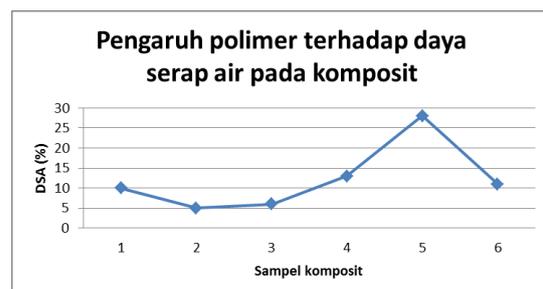


Gambar 11. Grafik pengaruh polimer terhadap kerapatan partikel pada komposit

Hasil dari grafik menunjukkan bahwa semakin banyak polimer yang diberikan maka kerapatan juga bertambah. Hal ini disebabkan

karena polimer yang digunakan adalah berbentuk cairan sehingga menambah kerapatan partikel, karena getah karet tidak mudah untuk dijaga agar tetap encer. Penambahan zat aditif agar getah tetap cair, juga mempengaruhi kadar air yang terbentuk.

Untuk hasil daya serap air pada masing- masing sampel berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat pada grafik di Gambar 12.



Gambar 12. Grafik pengaruh polimer terhadap daya serap air (DSA)

Dari gambar 12. Menunjukkan daya serap air tertinggi adalah pada sampel 5 ketika polimernya 100% dari massa daunnya. Hal ini disebabkan tingkat keenceran dari polimer cukup tinggi. Jika di bandingkan dengan SNI 03-2105-1996 yakni, kadar air < 14 % maka yang memenuhi syarat DSA hanya sampel 5 yang tidak memenuhi standar.

Pada penelitian sebelumnya tentang daya serap air dan kerapatan komposit partikel yaitu penelitian Indra (2009) diperoleh hasil nilai kerapatan papan partikel yang menggunakan polimar PS (polystyrene) sebagai perekat berkisar antara 0,45 – 0,85 gr/cm³. Nilai kerapatan terendah terjadi pada konsentrasi KKS-PS (80:20) dan tertinggi pada konsentrasi 30:70 dan daya serap Nilai kadar air yang dihasilkan dalam berkisar antara 3,60 - 11,68%. Masih tingginya kadar air yang dihasilkan tidak terlepas dari kandungan parenkim dan air yang dikandung KKS (Kayu Kelapa Sawit). Tingginya kadar air menyebabkan kestabilan dimensi KKS rendah. Kadar air optimum terjadi pada kosentarsi KKS-PS (20:80), yaitu 3,60% dan yang terendah pada kosentarsi sebaliknya 80:20, yaitu 11,68%.

Hasil penelitian daya tekan untuk komposit partikel yang paling optimum adalah 121,21 MPa berdasarkan SNI 03-2105-1996 yaitu > 6 kgf/cm². Konversi 1 kgf/cm² = (9,81 / 100) MPa sehingga 6 kgf/ cm² = 0,5866 MPa. Hasil ini sudah sesuai dengan SNI. Nilai kadar air papan partikel yang dihasilkan telah memenuhi standar yang diisyaratkan SNI 03-2105-1996 yakni, kadar air < 14 % yang sesuai adalah sampel 1,2,3,4 dan 6 dan semua sampel telah memenuhi kerapatan standar yang dipersyaratkan oleh SNI 03-2105-1990 untuk kerapatan, yaitu berkisar antara 0,4-0,9 gr/cm³ Berdasarkan daya tekan, kerapatan dan daya serap air dari komposit daun dengan polimer karet dapat digunakan sebagai alternatif pengganti bahan furniture.

SIMPULAN

Komposisi terbaik yang dihasilkan dengan kriteria memiliki daya tekan tinggi kerapatan partikel dan daya serap rendah adalah untuk sampel 3 yaitu dengan prosentase polimer 60%, dimana daya tekannya mampu menahan 121,21 MPa, daya serap air rendah hanya 6% dan kerapatannya 0,65 gram/ml. Penambahan polimer getah karet mampu menghasilkan

komposit dengan daya tekan yang lebih tinggi, namun daya serapnya terhadap air juga meningkat, untuk itu disarankan untuk menggunakan perbandingan massa limbah daun dan polimer karet yang tepat yaitu 5 : 3.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan untuk Kepala Laboratorium Jurusan Fisika dan Laboratorium Workshop Unnes yang telah memberikan fasilitas untuk pelaksanaan penelitian ini, M. Bajuri, S.Pd selaku Kepala Sekolah SMP IT Bina Amal yang telah memberikan kesempatan untuk memperdalam pengetahuan di Unnes, Ahmad Nurkhin, S.Pd, M.Si, suami yang selalu mendukung, serta Ulul Albab, mahasiswa Fisika Unnes yang telah banyak membantu proses pembuatan sampel penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arshak, K., Morris, D., Arshak, A., Korostynska, O., & Moore, E.2006. PVB, PVAc and PS Pressure Sensors with Interdigitated Electro-des, , 132 :199 – 206
- Deperin.co.id
- Indra, M.2009. Mutu Papan Partikel dari Kayu Kelapa Sawit (KKS) Berbasis Perekat PS (polystyrene) PS Jurnal Teknik Mesin Vol. 11, No. 2, Oktober 2009: 91–96
- Kartika Sari.2012. Fabrikasi dan Karakterisasi Serat Daun Lidah Mertua dengan Matriks Epoksi Resin sebagai *Fiberglass*, Seminar Nasional Fisika Jakarta 2012
- Kollman, F. F. P. E. W, Kuenzi dan A. J Stamm, 1975, Principles of Wood Science and Technology II, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
- Lee, S.I., Hahn, Y.B., Nahm, K.S. & Lee, Y.S. 2005. Synthesis of Polyether-Based Polyurethane-Silica Nano-composites with High Elongation Property. ., 16 : 328–331
- Masturi, Abdullah, M., & Khairurrijal. 2010. High Strength Lightweight Nano-composite from Domestic Solid Waste., 16 Juni 2010 : 59 – 63
- Pikiran Rakyat, edisi april 2005
- Prasetyo Joko Teguh, 2007, Kekuatan Papan Partikel Terbuat dari Sekam Padi, Skripsi Teknik Mesin, IST AKPRIND, Yogyakarta

- Shedge, M.T., Patel, C.H., Tatkod, S.K., & Murthy, G.D. 2008. Polyvinyl Acetate Resin as a Binder Effecting Mechanical and Combustion Properties of Combustible Cartridge Case Formulations, , 58 : 390 – 397
- Smith F William, Principles of Material and Engineering, 3rd edition, Mc. Graw Hill International Edition
- , 1991, ASTM Standard Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature, ASTM Standard C1161, American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA
- Subroto, 2012, *Liburan panjang sampah kota menumpuk*, diperoleh 24 Juli 2012, <http://suara.merdeka.com>
- Sudarsono, 2010, Pembuatan papan partikel berbahan baku sabut kelapa dengan bahan pengikat alami lem kopal, vol-3 no.1 Juni, 22-32
- Sri Mulyono, 2011, Desain Pintu pesawat sinar X dari bahan komposit karet alam timbal oksida, ISSN 1411-0296, vol 8 No.1 Juni
- Valencia, L.E.C., Alonso, E., Manzano, A., Pérez, J., Contreras, M.E., & Signoret, C. 2007. Improving the Compressive Strengths of Cold-Mix Asphalt Using Asphalt Emulsion Modified by Polyvinyl Acetate, 21 : 583 – 589
- V.S. Vinod, S. Varghese, dan B. Kuriakose. 2002. Poly m. Deg. and Stab. 75, pp405-412.