

KAJIAN KOMPOSIT PLASTIK DAUR ULANG DENGAN SERBUK KAYU UNTUK BAHAN BANGUNAN (REVIEW OF WOOD-FLOUR PLASTIC RECYCLING COMPOSITES FOR BUILDING MATERIAL)

Arum Yuniari¹⁾

SUMMARY

The require problem were wood as building material either for material, decoration, or furniture increases along with the raise of population. Composite is a material which is formed by two or more distinctive components united. The manufacturing of composite made of recycle plastic and wood flour is aimed to lower environmental encumbering and produce a kind of product for building material. Composite of recycle plastic and wood flour is that made of recycle plastic as the matrix and wood flour as the filler, and expected being able to adopt both properties. The process of composite manufacturing was carried-out through the phase of preparation for filler, plastic recycle, mixing, pelletizing, and product manufacturing. It can be concluded from the review that the quantity, type of wood selected, size of wood flour prepared, water content, and quantity of compatibilizer affect very much upon the quality of composite produced. Composite produced of plastic recycle and wood flour by applying certain technology can be used for material building.

Keywords: composite, recycle plastic, wood-flour

RINGKASSAN

Kebutuhan masyarakat akan kayu untuk keperluan bahan bangunan, dekorasi maupun mebel terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Komposit merupakan bahan yang dibuat dari dua atau lebih penggabungan komponen yang berlainan. Pemanfaatan komposit plastik daur ulang dan serbuk kayu dimaksudkan untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan menghasilkan produk yang bermanfaat untuk pemenuhan kebutuhan bahan bangunan. Komposit plastik daur ulang dan serbuk kayu adalah komposit yang terbuat dari plastik daur ulang sebagai matriks dan serbuk kayu sebagai bahan pengisi (filler). Komposit diharapkan mempunyai sifat lebih baik dari masing masing sifat yang dimiliki oleh plastik daur ulang maupun serbuk kayu. Pembuatan komposit dilaksanakan melalui tahap penyiapan bahan pengisi, daur ulang plastik, pencampuran, pelletizing dan pembuatan produk. Dari hasil kajian dapat disimpulkan bahwa jumlah, jenis kayu, ukuran serbuk kayu, kadar air dan jumlah compatibilizer sangat mempengaruhi kualitas komposit. Komposit plastik daur ulang dan serbuk kayu dengan teknologi tertentu dapat dimanfaatkan untuk bahan bangunan.

Kata kunci: komposit, plastik daur ulang, serbuk kayu.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mulai kesulitan untuk menggunakan bahan konvensional dalam hal memenuhi aplikasi baru. Beberapa produk baru membutuhkan beberapa persyaratan yang tidak bisa dipenuhi dari bahan - bahan konvensional contoh untuk bidang angkasa, perkapalan, automotif, transportasi dan bahan bangunan merupakan contoh aplikasi yang memerlukan bahan - bahan yang ringan, tahan karat, kuat, kokoh dan bisa meredam suara dan lain lain.

Komposit adalah bahan yang terbentuk dari penggabungan dua atau lebih komponen yang berlainan. Komposit ini termasuk plastik yang diperkuat dengan serat, logam, keramik, kopolimer

plastik berpengisi atau campuran dua bahan atau lebih untuk mendapatkan bahan baru.(Kroschwitz, 1987). Sedangkan Rosato dan Di Matitia, 1991 menyatakan bahwa bahan komposit adalah kombinasi bahan tambahan yang berbentuk serat, butiran, serbuk, serat kaca, karbon, keramik, dan serat logam dalam julat panjang yang berbeda beda didalam matriks. Komposit mempunyai ciri - ciri yang berbeda untuk menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat dan ciri tertentu yang berbeda dari sifat dan ciri konstituen asalnya. Disamping itu konstituent asal masih kekal dan dihubungkan melalui antar muka. Konstituen konstituennya dapat dikenal secara pasti dari sifat fisiknya. Dengan kata lain, bahan komposit adalah bahan yang heterogen yang terdiri dari dua fasa

¹⁾Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik, Yogyakarta

tersebar. Fasa tersebar selalu terdiri dari serat atau bahan penguat, manakala yang berterusan terdiri dari matriks.

Sifat mekanik dan fisik dari suatu komposit adalah mempunyai kekuatan dan kekakuan spesifik yang lebih tinggi dari bahan konvensional. Implikasi kedua adalah produk komposit yang dihasilkan mempunyai kerut yang lebih rendah terutama apabila digunakan untuk pengganti bahan logam. Bahan komposit juga mempunyai kelebihan dari teknologi pembuatan yaitu produk yang dihasilkan mempunyai gabungan sifat sifat yang menarik yang dihasilkan dari perubahan jenis matriks dan serat yang digunakan.

Perkembangan teknologi khususnya komposit telah dihasilkan produk komposit yang merupakan gabungan antara serbuk kayu dengan plastik daur ulang. Teknologi ini berkembang pada awal 1990-an di Jepang dan Amerika Serikat. Dengan teknologi ini dimungkinkan pemanfaatan plastik daur ulang dan serbuk kayu secara maksimal sehingga dapat menekan jumlah limbah yang dihasilkan dan menghasilkan produk baru yang inovatif. Di Indonesia penelitian tentang produk komposit sangat terbatas, sedangkan bahan baku limbah plastik yang berbentuk rigid (kaku) maupun fleksibel potensinya sangat besar Hans (1990), Stark and Berger (1997) telah melakukan penelitian tentang komposit dengan meneliti faktor faktor yang berperan penting dalam pembuatan komposit serbuk kayu plastik, yaitu tipe dan bentuk bahan baku, jenis kayu, nisbah bahan pengisi dengan matriks, jenis dan kadar compatibilizer, serta kondisi pada saat pencampuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampai batas tertentu terjadi peningkatan kekuatan komposit dengan makin kecil ukuran serbuk kayu yang digunakan, demikian juga tipe, nisbah serbuk kayu dan plastik, kadar air serta jenis kayu berpengaruh nyata terhadap sifat sifat komposit yang dihasilkan. Penambahan compatibilizer sampai batas tertentu berpengaruh baik terhadap kekuatan komposit.

Setyawati (2003) melakukan penelitian mengenai pengaruh ukuran serbuk kayu, kadar compatibilizer dengan matriks plastik daur ulang jenis polipropilena terhadap sifat sifat fisis komposit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat sifat komposit meningkat dengan makin halus nya ukuran partikel. Perbandingan plastik daur ulang dan serbuk kayu 50:50 dengan pemakaian 2,5% compatibilizer disertai dengan penambahan inisiator menghasilkan kekuatan komposit yang optimal disamping sifat sifat fisis yang memadai.

Penelitian dari Dwi Wahini N, dkk (2003) tentang komposit dari sampah plastik fleksibel dan

serbuk gergaji untuk produk penutup lantai memberikan hasil bahwa kenaikan jumlah serbuk kayu dalam komposit menurunkan sifat kuat tarik, kemuluran, kelenturan dan kekerasan tetapi menaikkan stabilitas ukuran dan penguapan. Bila ditinjau dari sifat fisisnya komposit yang dibuat dari sampah plastik fleksibel dan serbuk gergaji dapat diaplikasikan untuk penutup lantai dan komposit yang dihasilkan dapat memenuhi persyaratan SNI. 03-4060-1996 Tegel plastik PVC.

Hanna N.V (2006) meneliti komposit plastik dan serbuk kayu diaplikasikan untuk wall tile dan peredam studio adapun faktor - faktor yang dipelajari adalah perbandingan plastik dan serbuk kayu serta jenis jenis kayu. Kayu yang digunakan adalah: kayu jati (*Tectona grandis*) dan kayu kamfer (*Cinamomum camphora*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tekan terbesar dimiliki oleh komposit dengan penguat serbuk kayu jati pada fraksi volume 2% dengan nilai 7,5 kg/mm², dengan demikian dapat dikatakan jumlah dan jenis serbuk kayu berpengaruh terhadap kekuatan mekanik komposit. Uji akustik memberikan nilai koefisien absorpsi yang paling tinggi pada frekwensi 125 Hz oleh serbuk kayu jati dan kayu kamfer dengan jumlah serbuk 2%, 3%, dan 4%.

Tulisan ini akan mengkaji mengenai prospek pemanfaatan plastik daur ulang dan serbuk kayu sebagai produk komposit yang ditujukan untuk dapat diaplikasikan sebagai produk - produk untuk keperluan bahan bangunan.

DAUR ULANG LIMBAH PLASTIK

Plastik adalah suatu polimer buatan yang mempunyai sifat - sifat unik dan luar biasa. Plastik merupakan polimer, yaitu molekul yang besar atau makromolekul yang terdiri dari molekul yang bergandengan membentuk rantai yang panjang. Polimer adalah suatu bahan yang molekul - molekulnya terdiri dari unit - unit ulangan yang disebut monomer. Jika monomernya sejenis disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda dihasilkan kopolimer. Polimer sukar membentuk kristal disebabkan molekulnya yang besar dan bukan merupakan atom tunggal yang dapat disusun menjadi struktur yang teratur.

Secara garis besar plastik dapat digolongkan menjadi 2 golongan, yakni plastik yang bersifat termoplastik dan yang bersifat termoset. Termoplastik dapat dibentuk kembali dengan mudah dan diproses menjadi bentuk lain, sedangkan jenis termoset bila telah mengeras tidak dapat digunakan kembali. Plastik yang paling umum digunakan dalam kehidupan sehari hari adalah dalam bentuk

termoplastik. Terdapat ribuan jenis termoplastik yang dapat digunakan dan masih terus dikembangkan, contoh: Polivinil klorida (PVC), Polietilena (PE) Polipropilena (PP), Polistirena (PS), Poliamida, Poliasetaldehida dan lain lain

Seiring dengan perkembangan dan kemajuan teknologi, kebutuhan akan plastik terus meningkat. Anonim (2004) menunjukkan bahwa volume perdagangan plastik Indonesia adalah 1.304.953,8 ton. Jumlah tersebut diperkirakan terus meningkat dari tahun ke tahun Sebagai konsekuensinya peningkatan limbah plastikpun tidak terelakkan. Menurut Hartono (1998) komposisi sampah atau limbah plastik yang dibuang oleh setiap rumah tangga 9,3 % dari total sampah rumah tangga. Anonim (2004) menyebutkan bahwa jumlah perusahaan yang memproduksi plastik daur ulang adalah 60 buah dengan total produksi 25.845,85 ton.

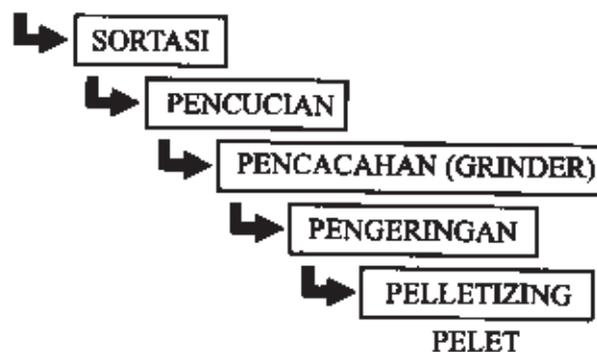
Pemanfaatan limbah plastik merupakan upaya menekan pembuangan plastik seminimal mungkin dan dalam batas tertentu menghemat sumber daya dan mengurangi ketergantungan bahan baku impor. Pemanfaatan limbah plastik dapat dilakukan dengan pemakaian kembali (reuse) maupun daur ulang (recycle). Di Indonesia pemanfaatan limbah plastik dalam skala rumah tangga umumnya adalah dengan pemakaian kembali untuk berbagai keperluan yang berbeda, misalnya tempat cat yang terbuat dari plastik digunakan untuk pot atau ember. Sisi jelek pemakaian kembali, terutama dalam bentuk kemasan adalah sering digunakan untuk pemalsuan produk seperti yang sering terjadi di kota - kota besar. Pemanfaatan limbah plastik dengan cara daur ulang umumnya dilakukan oleh industri skala kecil menengah dengan menggunakan mesin ekstruder dan pelletizing. Beberapa tahapan harus dilakukan agar suatu limbah plastik dapat diproses menjadi biji plastik kembali yaitu : pemisahan, pengecilan ukuran (pencacahan), pencucian, pencampuran dan pembuatan pellet. Secara umum terdapat empat persyaratan agar suatu limbah plastik dapat diproses oleh suatu industri antara lain limbah harus dalam bentuk tertentu sesuai kebutuhan yaitu pellet, serbuk, pecahan, limbah harus homogen, tidak terkontaminasi, serta diupayakan tidak teroksidasi. Untuk mengatasi masalah tersebut sebelum digunakan limbah plastik diproses melalui tahapan sederhana yaitu pemisahan, pemotongan, pencucian dan penghilangan zat zat lainnya..((Sasse et al, 1995).

Pemanfaatan plastik daur ulang untuk pembuatan kembali barang barang plastik telah berkembang pesat. Hampir seluruh limbah plastik (80%) dapat diproses kembali menjadi barang semula walaupun harus dilakukan dengan penambahan bahan

baku baru dan additive untuk meningkatkan kualitas. Menurut Hartono,1998 terdapat empat jenis limbah yang laku dipasaran yaitu polietilena (PE), High Density Polyethylene (HDPE) dan polipropilene (PP). Berdasarkan fungsinya, maka bahan tambahan atau bahan pembantu proses dapat dikelompokkan menjadi: bahan pelunak (plasticizer), bahan penstabil (stabilizer), bahan pelumas (lubricant), bahan pengisi (filler), pewarna, antistatic agent, blowing agent, flame retardant, anti blocking agent. Bahan pelunak berfungsi untuk menaikkan fleksibilitas, menurunkan titik leleh, menurunkan viskositas lelehan dan mengurangi kerapuhan barang plastik. Bahan penstabil berfungsi untuk mempertahankan produk plastik dari kerusakan baik selama proses dalam penyimpanan maupun aplikasi produk. Bahan pelumas berfungsi untuk memperbaiki sifat alir plastik leleh selama diproses, mencegah bahan plastik cair melekat pada permukaan logam panas dari alat cetakan, dan mempermudah pengeluaran produk dari cetakan. Bahan pengisi berfungsi untuk pengisi kompon plastik yang bertujuan untuk menurunkan atau menekan biaya produksi, dapat juga berfungsi untuk memperbaiki sifat mekanik, elektrik, fisik, kekerasan dan bobot jenis.(Wilbrand Woebcken, 1995)

Proses daur ulang plastik adalah sebagai berikut:

LIMBAH PLASTIK



Gambar 1. Proses Daur ulang Plastik

POTENSI LIMBAH SERBUK KAYU

Kebutuhan kayu untuk industri perkerayuan di Indonesia diperkirakan sebesar 70 juta m³ per tahun dengan kenaikan rata - rata sebesar 14,2% per tahun (Priyono 2001). Kegiatan pemanenan dari pengolahan kayu di Indonesia masih menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Purwanto dkk 1994 menyatakan komposisi limbah pada kegiatan pemanenan dan industri pengolahan kayu adalah sebagai berikut:

1. Pada pemanenan kayu, limbah umumnya berbentuk kayu bulat, mencapai 66,16%.

2. Pada industri penggergajian limbah kayu meliputi serbuk gergaji 10,6%, sebetan 25,9% dan potongan 14,3%, dengan total limbah sebesar 50,8% dari jumlah bahan baku yang digubakan.
3. Limbah industri kayu lapis meliputi limbah potongan 5,6%, serbuk gergaji 0,7% sampai yang limbah basah 24,8%, sampah vinir kering 12,6%, sisa kupasan 11,0% dan potongan tepi kayu lapis 6,3%. Total limbah kayu lapis mencapai 61,0% dari jumlah bahan baku yang digunakan.

Limbah kayu berupa potongan log maupun sebetan telah dimanfaatkan sebagai inti papan blok dan bahan baku papan partikel. Adapun limbah berupa serbuk gergaji pemanfaatannya masih belum optimal. Untuk industri besar dan terpadu, limbah serbuk kayu penggergajian sudah dimanfaatkan menjadi bentuk briket arang dan arang aktif yang dijual secara komersial. Namun untuk industri penggergajian kayu skala industri kecil yang jumlahnya mencapai ribuan unit dan tersebar diseluruh daerah.

KOMPOSIT DAUR ULANG PLASTIK DAN SERBUK KAYU

Komposit plastik daur ulang dan serbuk kayu adalah komposit yang terbuat dari plastik daur ulang sebagai matriks dan serbuk kayu sebagai bahan pengisi (filler), yang mempunyai sifat gabungan keduanya. Penambahan bahan pengisi kedalam matriks bertujuan mengurangi densitas, meningkatkan kekerasan, meningkatkan kuat tarik, dan mengurangi biaya perunit volume. Pembuatan komposit dengan menggunakan matriks dari plastik yang telah didaur ulang selain dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan kayu, juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan terhadap limbah plastik disamping menghasilkan produk inovatif sebagai bahan bangunan pengganti kayu. Keunggulan produk ini antara lain: biaya produksi murah, bahan bakunya melimpah, fleksibel dalam proses pembuatannya, kerapatannya rendah, lebih bersifat dapat terdegradasi dibanding plastik, memiliki sifat - sifat yang lebih baik dibandingkan bahan baku asalnya, dapat diaplikasikan untuk berbagai keperluan, serta bersifat dapat didaur ulang. Beberapa contoh penggunaan produk ini antara lain sebagai komponen interior kendaraan (mobil, kereta api, pesawat terbang), perabot rumah tangga maupun komponen bangunan (jendela, pintu, dinding dan lantai) Youngquist, (1995)

Pada pembuatan barang barang plastik umumnya ditambahkan bahan bahan inorganik sebagai bahan pengisi seperti kalsium karbonat, talk, mika, dan fiberglass, dengan tujuan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. Penambahan fiberglass dapat meningkatkan kekuatan produk tetapi harganya sangat mahal. Karena itu penggunaan bahan

organik seperti kayu sebagai bahan pengisi dalam industri plastik mulai mendapat perhatian.

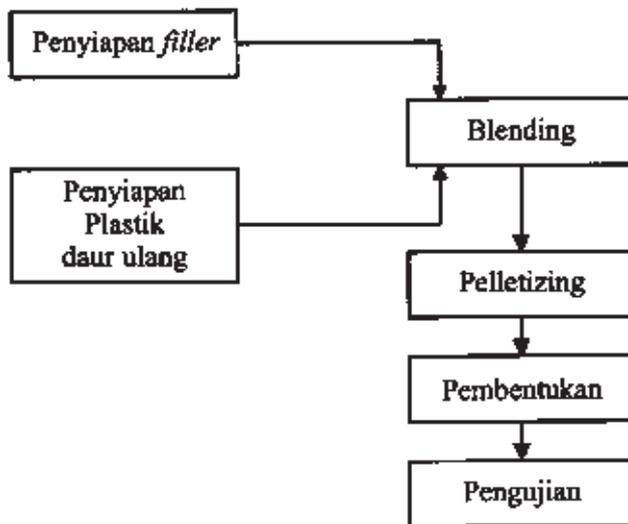
Menurut Strak dan Berger, (1997), serbuk kayu memiliki kelebihan sebagai bahan pengisi bila dibandingkan dengan bahan pengisi jenis mineral seperti mika, kalsium karbonat, dan talk yaitu temperatur proses lebih rendah kurang dari 400°F, dengan demikian mengurangi biaya energi, dapat terdegradasi secara alami, berat jenisnya jauh lebih rendah, sehingga biaya pervolume lebih murah, gaya geseknya rendah sehingga tidak merusak peralatan pada proses pembuatan, serta dapat berasal dari sumber yang dapat diperbaharui.

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan serbuk kayu sebagai bahan pengisi komposit kayu plastik adalah jenis kayu, ukuran serbuk serta nisbah antara serbuk kayu dan plastik. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah sifat dasar dari serbuk kayu itu sendiri. Kayu merupakan bahan yang sebagian besar terdiri dari selulose (40-59%), hemiselulose (20-30%), lignin (20-30%) dan sejumlah kecil bahan - bahan anorganik dan ekstraktif. Karenanya kayu bersifat hidrofilik, kaku serta dapat terdegradasi secara biologis. Sifat - sifat tersebut menyebabkan kayu kurang sesuai bila digabungkan dengan plastik, karena itu dalam pembuatan komposit kayu-plastik diperlukan bantuan coupling agent. (Pari G, 2002) Beberapa jenis coupling agent yang dapat digunakan antara lain : asam stearat, asam palmitat.

PROSES PEMBUATAN KOMPOSIT DAUR ULANG PLASTIK DAN SERBUK KAYU UNTUK BAHAN BANGUNAN

Proses pembuatan komposit plastik daur ulang serbuk kayu dapat dibuat melalui proses satu tahap maupun proses dua tahap. Pada proses satu tahap semua bahan baik plastik daur ulang maupun serbuk kayu dicampur terlebih dahulu dalam banbury mixer dengan menggunakan panas setelah dihasilkan suatu campuran yang homogen langsung dilakukan proses berikutnya sesuai dengan produk yang akan dibuat. Pada proses dua tahap setelah plastik daur ulang dan serbuk kayu dilakukan pencampuran pada banbury mixer dengan suhu tertentu, komposit yang dihasilkan dimasukkan pada mesin pelletizing sehingga diperoleh komposit berupa pellet yang siap digunakan sebagai bahan baku suatu produk. Menurut Han dan Shiraishi (1990) umumnya proses dua tahap menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik dari proses satu tahap karena campuran lebih homogen namun proses satu tahap memerlukan waktu lebih singkat.

Diagram alir proses pembuatan produk komposit disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Komposit

Penyiapan filler (bahan pengisi)

Penyiapan bahan pengisi dimaksudkan untuk mendapatkan serbuk kayu atau tepung kayu dengan ukuran dan kadar air yang seragam, dengan cara serbuk kayu dihaluskan menggunakan grinder kemudian, diayak dengan ayakan 400 mesh, sedangkan untuk memperoleh kadar air yang homogen serbuk kayu dioven pada suhu 100°C. Makin halus serbuk kayu semakin besar kontak permukaan antara bahan pengisi dengan plastik sebagai matriksnya, sehingga produk menjadi lebih homogen dan lebih meningkatkan sifat fisisnya.

Penyiapan plastik daur ulang

Limbah plastik disortasi terlebih dahulu dan dikelompokkan sesuai jenis plastiknya yaitu polietilena, polipropilena, polistirena dan lain lain. Kemudian limbah plastik dilakukan pencucian, dan dikecilkan ukurannya dengan menggunakan grinder. Cacahan plastik yang dihasilkan dikeringkan dengan menggunakan sinar matahari atau oven. Cacahan plastik yang telah kering dimasukkan dalam mesin ekstruder dilelehkan kemudian dicetak berupa pellet.

Blending (pencampuran)

Pada tahap pencampuran plastik daur ulang yang berupa pellet dicampur dengan serbuk kayu yang mempunyai ukuran seragam dengan menggunakan alat banbury mixer suhu, torsi dan waktu pencampuran tergantung dari jenis plastik daur ulang yang digunakan

Pelletizing

Pelletizing yang dimaksud adalah pembentukan komposit menjadi bentuk pellet (butiran) dengan menggunakan mesin ekstruder. Agar dapat menghasilkan produk dengan kualitas tinggi dan sesuai dengan yang dikehendaki maka pada proses pelletizing ditambahkan coupling agent yang berfungsi sebagai compatibilizer, pewarna, stabilizer,

blowing agents, reinforcing agent, foaming agents, lubricant.

Tahap pembentukan.

Pellet komposit plastik daur ulang dan serbuk kayu yang telah terbentuk dapat dibuat produk dengan menggunakan peralatan kalendering untuk produk berupa lembaran yaitu wall tile, penutup lantai, peredam suara sedangkan injection moulding untuk produk cetakan seperti kerangka pintu, pertamanan, tangga, jendela dan lain - lain.

Pengujian.

Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui apakah produk yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan yang ditentukan untuk suatu penggunaan tertentu. Jenis penggunaan disesuaikan dengan kebutuhan umumnya meliputi pengujian terhadap sifat fisis dapat menggunakan alat tensile strength, impact strength dan alat Differential Thermal Analysis untuk mengetahui analisa thermal komposit

KESIMPULAN

Komposit plastik daur ulang dan serbuk kayu merupakan salah satu alternatif pemanfaatan limbah plastik dan limbah kayu yang bertujuan untuk mengurangi pencemaran lingkungan terhadap limbah plastik serta dapat menghasilkan produk yang inovatif. Komposit dapat dibuat melalui beberapa tahapan proses yaitu: penyiapan serbuk kayu sebagai bahan pengisi, pembuatan plastik daur ulang, pencampuran, pembuatan pellet (butiran plastik daur ulang), pembuatan produk dan pengujian. Komposit yang berupa pellet dapat dibentuk menjadi produk untuk bahan bangunan seperti penutup lantai, wall tile dengan sistem kalendering, jendela, kerangka pintu, tangga taman dengan sistem cetak injeksi. Kualitas produk yang dihasilkan sangat tergantung dengan jumlah serbuk kayu yang ditambahkan ukuran serbuk kayu, jenis kayu, kadar air dari serbuk kayu dan jumlah compatibilizer.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia, Produksi, Jakarta
- De Paolo P.A. and Davia, 1979. Compounding Thermoplastics Elastomer For Specific Application, dalam Hand Book of Thermoplastics Elastomer edited by Walker, BM. Van Nostrand Reinhold Company.
- Dwi Wahini N, Arum Yuniari dan Herminiwati, 2003. Komposit dari Sampah Plastik Fleksibel dan Serbuk Gergaji. Majalah Kulit, Karet Dan Plastik Vol 19 No.1 Tahun 2003 ISSN: 0215-0115 Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik Yogyakarta.

- ans G.S. and Shiraishi N., 1990. Composite of Wood and Polypropilene IV Wood Research Society at Tsubuka (11) 976 – 982
- anna N.V., 2006. Analisa Variasi Fraksi Volume Zat Aditif Terhadap Kekuatan Tekan Dan Sifat Akustik Material Komposit Resin Berpenguat Serbuk Kayu. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- artono ACK., 1998. Daur Ulang Limbah Plastik dalam Pancaroba. Diplomasi Ekonomi dan Pendidikan dan Mitra Lingkungan. Jakarta.
- http://en.wikipedia.org/wiki/wood_plastics_composit direkam tanggal 27 juni 2007 jam 08.25
- roschwitz J.I. and Grestle F.P., 1987. Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, 2 nd ed, John Wiley and Sons Inc, New York.
- ksman K. and Clemons, C., 1997. Effect of elastomers and coupling agent on impact performance of wood flour filled polypropilene. Didalam Fourth Internasional Conference on Woodfiber-Plastic Composites. Madison Winconsin Forest Product Society.
- ari G., 2002. Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu. Program Pasca Sarjana IPB.
- Priyono SKS., 2001. Komitmen Berbagai Pihak dalam Menanggulangi Illegal Logging. Konggres Kehutanan Indonesia III.
- Sasse H.R, Lehmkamper O. and Kwasny-Echterhagen R., 1995. Polymer Granulates for Masonry Mortars and Outdoor Plaster. Didalam Ohama Y, editor, Disposal and Recycling of Organic and Polymeric Construction Materials. Proceeding of THE International RILEM Workshop.
- Setyawati D., 2003. Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serbuk Kayu Plastik Polipropilene Daur Ulang. Institut Pertanian Bogor.
- Strak N.M. and Berger M.J., 1997. Effect of paricle size on properties of wood flour reinforced Polypropilene Composites. Winconsin Forest Product Society.
- Rosato D.V. and Di Matitia D.P., 1991. Designing with Plastic and Composite Hand Book Van Nostrand Reinhold, New York.
- Wilbrand and Woebcken, 1995. International Plastics Handbook, Hanser Publishe, New York.
- Yungquist J.A., 1995. The Marriage of Wood and Non Wood Materials. Forest Product Journal .