

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT POLIPROPILENA/SERBUK KAYU GERGAJI

Sudirman, Aloma, K.K., Indra Gunawan, Ari Handayani, dan Evi Hertinvyana

*Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN
Kawasan Puspipstek, Serpong, Tangerang 15310*

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT POLIPROPILENA/SERBUK KAYU GERGAJI.

Komposit polimer polipropilena (PP) dengan bahan pengisi (*filler*) Serbuk Kayu Gergaji (SKG) merupakan bahan komposit alternatif. Penyebaran bahan pengisi dalam bahan komposit ini secara random atau acak dengan komposisi SKG 10, 30 dan 50 % fraksi volume. Dari sintesis bahan komposit dengan berbagai komposisi dilakukan pengujian mekanik (kuat tarik), sifat fisik (titik leleh dan suhu dekomposisi), strukturmikro dan derajat kristalinitas dengan menggunakan SEM dan XRD. Dari hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa seiring dengan penambahan bahan pengisi, kuat tarik, titik leleh, suhu dekomposisi dan derajat kristalinitas mengalami penurunan. Jika dibandingkan antara komposit bermatriks PP MF 2 dengan komposit PP MF 10, untuk kuat tarik komposit bermatriks PP MF 10 lebih tinggi 4,24 % dibanding komposit bermatriks PP MF 2. Untuk titik leleh, komposit bermatriks PP MF 10 lebih tinggi 4,09 % dari komposit bermatriks PP MF 2 dan perbedaan suhu dekomposisi antara komposit bermatriks PP MF 10 dengan komposit bermatriks PP MF 2 hanya 0,17 %. Komposit bermatriks PP MF 10 mempunyai nilai derajat kristalinitas yang lebih tinggi 2,55 % dibanding komposit bermatriks PP MF 2. Komposit dengan derajat kristalinitas yang lebih tinggi mempunyai kuat tarik yang lebih tinggi.

Kata kunci : Komposit, polipropilena, serbuk kayu gergaji.

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF POLYPROPYLENE/JIGSAW WOOD ASH

COMPOSITE. The composite of polypropylene (PP) polymer with jigsaw wood ash as filler is the alternative composite material. The dispersion of the filler in the composite is random with the jigsaw wood ash composition of 10, 30, and 50 % by volume. The characterizations of composite are done to measure its mechanical properties, physical properties and microstructure by using XRD and SEM. From this research, it is concluded that increasing filler content of the composite will decrease its mechanical and physical properties. The comparison of different composites are found that tensile strength of PP MF 10 is higher 4.24 % compared with PP MF 2 as a matrix. It is also found that melting temperature of PP MF 10 is higher 4.09 % compared with PP MF 2 as a matrices and the decomposition temperature different is 0.17 %. The degree of crystallinity of composite with PP MF 10 as a matrices is 2.55 % higher compared with PP MF 2. The higher degree of crystallinity is increasing the tensile strength.

Key words : Composite, polypropylene, jigsaw wood ash.

PENDAHULUAN

Polipropilena (PP) adalah polimer yang terbentuk dari struktur satuan (monomer) propilena, dan digolongkan dalam polimer termoplastik atau disebut plastik saja. Plastik merupakan bahan yang mudah diubah bentuk dengan perlakuan panas. Sifat dari plastik adalah massa jenis atau densitasnya rendah, tembus cahaya, tidak korosif, dapat didaur ulang, harganya relatif murah, kurang dapat menghantarkan listrik dan penghantar panasnya kurang baik.

Monomer propilena diperoleh dari proses fraksinasi minyak mentah (*crude oil*) yang merupakan salah satu hasil aktifitas barang tambang dalam negeri, sehingga harganya relatif murah. Polipropilena mempunyai sifat mekanik kuat, keras, tahan terhadap

bahan kimia dan dapat diberi zat pewarna serta harganya bersaing [1], sehingga polipropilena dapat dijadikan pilihan bahan dasar pembuatan komposit berbasis polimer.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan bahan komposit berbasis polimer polipropilena sebagai matriks dan serbuk kayu gergaji sebagai bahan pengisi. Serbuk kayu gergaji dikenal sebagai limbah industri meubel, dan pemanfaatan limbah agar memiliki nilai tambah dan nilai ekonomis.

Limbah mempunyai pengertian sebagai bahan hasil sampingan, hasil ikutan dan hasil sisa yang sudah serta belum dimanfaatkan untuk produksi tertentu, setelah melewati proses lanjutan ataupun tidak [2]. Limbah

selulosa berbentuk serbuk kayu gergaji dapat digunakan sebagai pengisi komposit yang berbasis polimer, karena serbuk kayu gergaji mempunyai ukuran partikel atau butir yang sangat halus dan dapat terurai di alam terbuka (*biodegradable*).

Pencampuran antara matriks (polipropilena) dan bahan pengisi (serbuk kayu gergaji) melalui difusi padat, ketika matriks (polipropilena) dipanaskan akan mengalami pengembangan (*swelling*) kemudian serbuk kayu gergaji dicampurkan, proses ini bertujuan supaya serbuk kayu (SKG) mudah bercampur dengan polipropilena.

Tujuan dari penelitian ini adalah: pembuatan komposit berbasis polimer yaitu polipropilena sebagai matriks dengan serbuk kayu gergaji sebagai bahan pengisi, dan melakukan karakterisasi sifat mekanik (*tensile strength*), sifat fisik (titik leleh dan suhu dekomposisi) dan analisis strukturmikro (penyebaran bahan pengisi terhadap matriks) dan derajat kristalinitas.

BAHAN DAN TATA KERJA

Bahan

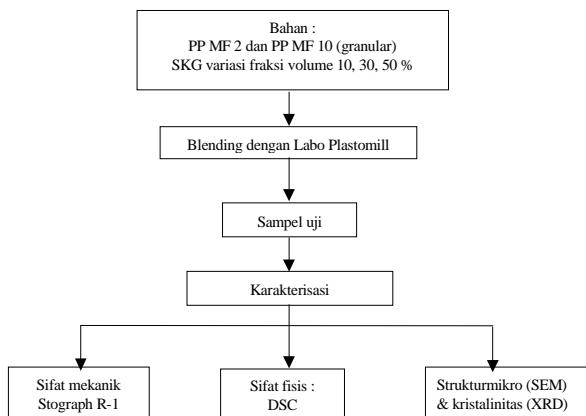
Polipropilena buatan PT Tripolyta Indonesia, Cilegon. Polipropilena MF 2, massa jenis: 0,8956, Titik leleh: 183 °C, Polipropilena MF 10, massa jenis: 0,8776, Titik leleh: 183 °C. Serbuk Kayu Gergaji (SKG) ukuran serbuk 40 mesh.

Alat

Labo plastomill. Mesin Uji Tarik Strograph R- 1 merk Toyoseiki, Jepang. *Scanning Electron Microscope* (SEM) merk Philips tipe 515. Diffractometer Sinar X (XRD) merk Shimadzu tipe XD 610. *Differential Scanning Calorimetry* (DSC).

Cara Kerja

Pengukuran komposisi bahan uji berdasarkan fraksi volume dari SKG adalah 10, 30 dan 50 %, kemudian dijadikan tolak ukur pengujian untuk mengetahui



Gambar 1. Bagan alir pembuatan komposit polipropilena serbuk kayu gergaji.

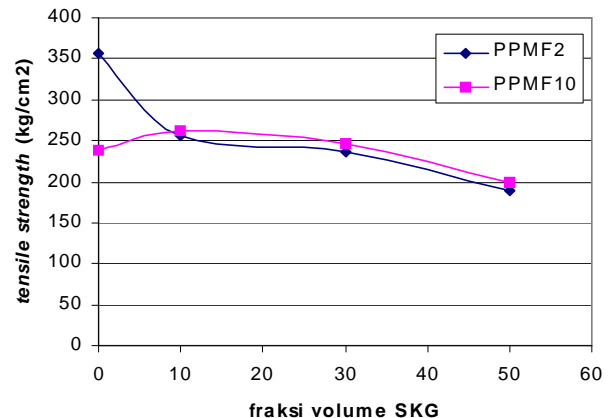
pengaruh penambahan prosentase fraksi volume SKG terhadap sifat sifat komposit berbasis polimer. Bagan alir pembuatan komposit polipropilena-serbuk kayu gergaji tertera pada Gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sifat Mekanik (*Tensile Strength*)

Tensile Strength adalah kekuatan putus suatu bahan yang dihitung dari pembagian antara gaya maksimum yang mampu ditanggung bahan terhadap luas penampang bahan mula-mula. Dari Gambar 2 yang menyatakan hubungan antara variasi komposisi bahan pengisi (SKG) di dalam matriks PP MF2 atau PP MF10 terhadap *tensile strength* terlihat bahwa *tensile strength* komposit PP MF2/SKG cenderung turun secara linier pada peningkatan penambahan fraksi volume SKG sebagai bahan pengisi. Sedangkan *tensile strength* komposit PP MF10/SKG cenderung meningkat pada penambahan fraksi volume SKG 10 % disebabkan oleh adanya kekuatan adhesi antara PP MF10 dengan SKG dan turun secara linier pada penambahan fraksi volume SKG sampai 50 %. Penurunan secara linier *tensile strength* komposit PP/SKG terhadap fraksi volume SKG bersesuaian dengan persamaan 1 di bawah ini [3] :

$$\bar{TS} = \sum w_i TS_i \dots\dots\dots (1)$$



Gambar 2. Hubungan antara fraksi volume SKG didalam matriks PPMF2 atau PPMF10 terhadap *tensile strength*.

Penambahan bahan pengisi ke dalam matriks dapat meningkatkan atau mengurangi kekuatan tarik dari komposit, tergantung dari kuat tarik bahan pengisi dibandingkan kuat tarik matriks. Penelitian yang dilakukan oleh Fuad, M.Y.A [2] untuk RHA (*Rice Husk Ash*) sebagai bahan pengisi matriks polipropilena menghasilkan kekuatan tarik yang menurun seiring dengan penambahan bahan pengisi dikarenakan penyebaran dari bahan pengisi dalam matriks polimer kurang homogen atau tidak sempurna [2]. Pada saat komposisi SKG (% fraksi volume) meningkat, kontak antar partikel dengan partikel

lain semakin besar sehingga luas permukaan ikatan antara matriks dengan bahan pengisi menjadi semakin luas dan ketika dilakukan penarikan terhadap bahan komposit bahan pengisi tidak mampu menerima perpindahan tegangan dari matriks sehingga bahan komposit menjadi kurang kuat terhadap pembebanan, ini yang menyebabkan kekuatan tariknya menurun. Jika ditinjau dari *Melt Flow* (MF) yang mempunyai pengertian kemampuan leleh pada saat dipanaskan yang berhubungan dengan panjang rantai polimer. Dapat diasumsikan jika *melt flow* kecil, berarti berat molekul dari polimer besar maka rantai molekul polimer juga panjang. Polipropilena dengan MF 2 mempunyai berat molekul yang lebih besar daripada polipropilena dengan MF 10. Jika kedua kurva pada Gambar 1 dibandingkan, maka polipropilena MF 2 mempunyai nilai kuat tarik yang lebih tinggi dibanding polipropilena MF 10 sebelum dilakukan penambahan bahan pengisi, sesuai dengan persamaan 2 dibawah ini [3]:

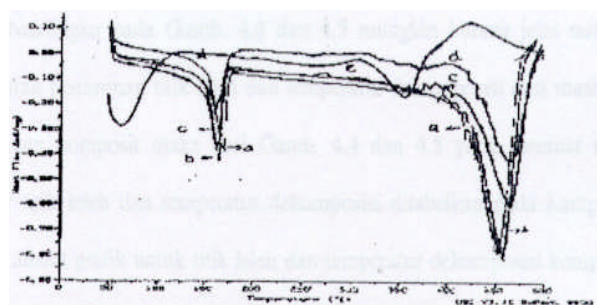
$$P = a - \frac{b}{M} \dots\dots\dots(2)$$

dengan : P = kuat tarik
 a, b = tetapan
 M = berat molekul polimer.

Analisis Sifat Fisik (Titik Leleh dan Suhu Dekomposisi)

Dalam pengujian sifat fisik bahan komposit polimer ini digunakan alat *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) merk Du Pont 9900 untuk mengetahui titik leleh dan suhu dekomposisi. Dengan cara mengambil bagian yang cukup kecil dari bahan kemudian dimasukkan ke dalam *sample holder* dari DSC. Setelah dilakukan pengukuran akan didapatkan hasil dalam bentuk kurva hubungan antara suhu dari 25 °C sampai 500 °C dan *heat flow* (mW/mg).

Kurva mempunyai model yang khas dengan dua puncak endotermis. Nilai titik leleh dan suhu dekomposisi komposit polipropilena/SKG bukan merupakan harga



Gambar 3. Kurva hubungan antara suhu (° C) terhadap *heat flow* (mW/mg) untuk komposit PPMF2 dengan bahan pengisi SKG 0% (a), SKG 10 % (b), SKG 30 % (c) dan SKG 50 % (d).

tunggal tetapi terletak pada kisaran tertentu. Pada Gambar 3 terlihat puncak pertama, memberikan informasi mengenai titik leleh dari bahan, sedangkan untuk puncak kedua memberikan informasi mengenai suhu dekomposisi dan karakter kurva secara umum didominasi oleh polipropilena MF 2 dan MF 10 murni berarti polimer sebagai matriks telah berhasil melingkupi atau menjadi media bahan pengisi. Pada Tabel 1 terlihat lebih jelas kenaikan atau penurunan titik leleh dan suhu dekomposisi dari masing masing bahan komposit.

Tabel 1. Hubungan antara fraksi volume bahan pengisi terhadap titik leleh dan suhu dekomposisi dari masing-masing bahan

Sampel	% vol SKG	T _m °C	T _m ' °C	T _d °C	T _d ' °C
PPMF2/SKG0	0	150	167	417	452
PPMF2/SKG10	10	148	165	416	458
PPMF2/SKG30	30	145	161	414	461
PPMF2/SKG50	50	144	158	415	461
PPMF10/SKG0	0	155	171	413	452
PPMF10/SKG10	10	154	168	422	460
PPMF10/SKG30	30	152	167	414	461
PPMF10/SKG50	50	150	168	411	462

Titik leleh menggambarkan perubahan fasa dari padat menuju cair tanpa mengalami perubahan komposisi dan suhu leleh merupakan suhu kritis dimana polimer kehilangan kristalinitasnya secara keseluruhan [4]. Bahan komposit mengalami penurunan titik leleh seiring dengan penambahan bahan pengisi ini terjadi karena rantai polimer terdegradasi secara fisik, dalam arti rantai polimer terdesak oleh bahan pengisi sehingga merusak ikatan rantai molekul polimer.

Titik leleh dipengaruhi oleh bentuk simetri molekul dan berat molekul senyawa polimer dan derajat kristalinitas bahan komposit, semakin tinggi derajat kristalinitas bahan komposit semakin tinggi pula titik leleh bahan komposit, dan sebaliknya.

Pemanasan pada bahan komposit polipropilena dengan SKG, menimbulkan energi panas yang diserap oleh atom - atom pada rantai molekul polimer untuk melakukan gerakan translasi, vibrasi dan rotasi, jika panas yang diterima bahan sampai pada suhu leleh, gerakan translasi, vibrasi dan rotasi dari rantai molekul bahan polimer yang sangat cepat sehingga menyebabkan rantai tersebut menjadi terputus.

Jika bahan komposit bermatriks polipropilena MF 2 dibandingkan dengan bahan komposit bermatriks polipropilena MF 10, titik leleh dari bahan komposit bermatriks polipropilena MF 2 lebih rendah dari bahan komposit bermatriks polipropilena MF 10. Ini dikarenakan polipropilena MF 2 mempunyai berat molekul yang lebih besar dari polipropilena MF 10, ketika dilakukan pencampuran dengan bahan pengisi susunan rantai molekul yang semula teratur menjadi tidak teratur atau

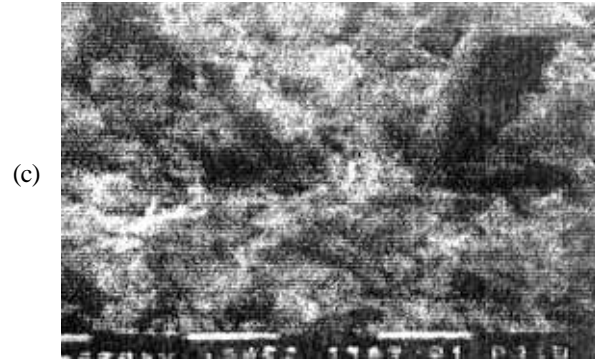
amorf. dan karena pemberian bahan pengisi dilakukan dengan pemanasan dan penekanan menyebabkan banyak rantai molekul polimer yang putus, serta untuk melelehkan bagian amorf tidak membutuhkan suhu setinggi untuk melelehkan bagian kristalin. Ketika bahan pengisi dicampurkan pada bahan matriks, kerusakan yang terjadi pada rantai molekul polipropilena MF 10 tidak sebanyak pada polipropilena MF 2, sehingga susunan rantai polimer yang masih teratur juga lebih banyak. Sehingga suhu yang digunakan untuk melelehkan bahan komposit bermatriks polipropilena MF 10 lebih tinggi dibanding suhu untuk melelehkan bahan komposit bermatriks polipropilena MF 2.

Suhu dekomposisi mempunyai pengertian suhu pada saat bahan mulai mengalami perubahan komposisi bahan - bahan penyusunnya. Pada Tabel 1. terlihat bahwa penurunan suhu dekomposisi tidak begitu signifikan, mungkin pada kondisi tersebut penambahan komposisi bahan pengisi (SKG) kurang mempengaruhi suhu dekomposisi. Jika dibandingkan suhu dekomposisi kedua bahan komposit polipropilena MF 2 dengan polipropilena MF 10, tidak menunjukkan perbedaan signifikan yang mempunyai arti tidak menunjukkan perbedaan berarti, ini disebabkan penambahan bahan pengisi (SKG) kurang mempengaruhi kondisi kedua komposit tersebut.

Analisis Strukturmikro dengan SEM.

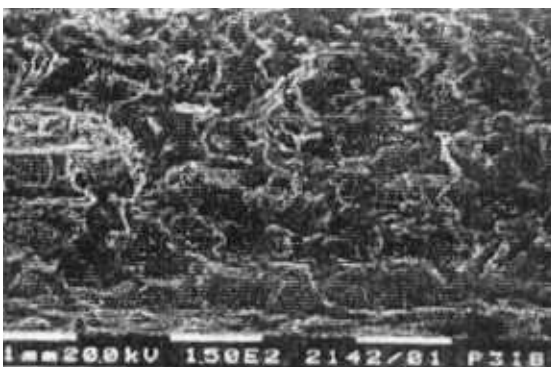
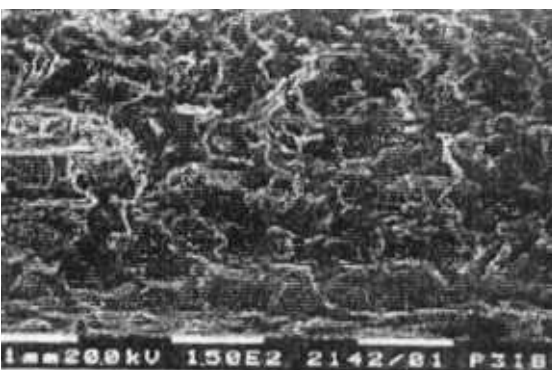
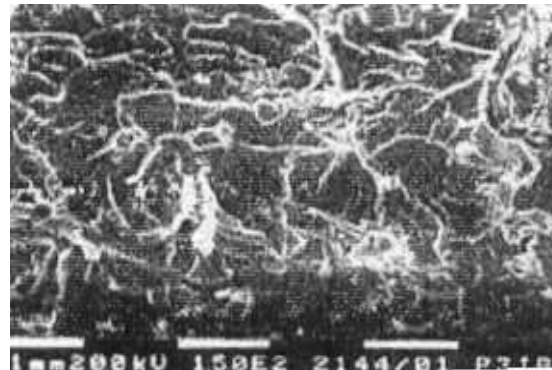
Pengamatan terhadap strukturmikro bahan komposit polimer bertujuan untuk mengamati sebaran bahan pengisi terhadap polipropilena sebagai matriksnya.

Pada Gambar 4a, 4b, dan 4c merupakan penampang strukturmikro (secara berurutan) dari



Gambar 4. Penampang strukturmikro (secara berurutan) dari polipropilena MF 2 (a), polipropilena MF 10 (b) dan serbuk kayu gergaji (SKG) sebelum dicampurkan (c)

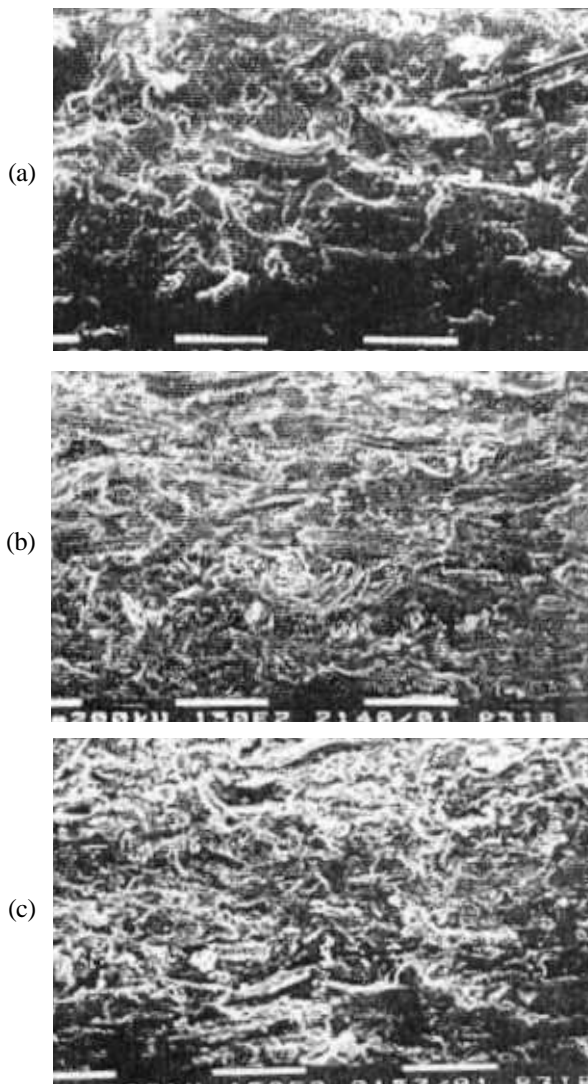
polipropilena MF 2, polipropilena MF 10 dan serbuk kayu gergaji (SKG) sebelum dicampurkan.



Gambar 5a, 5b, dan 5c. Penampang strukturmikro (secara berurutan) dari komposit polipropilena MF 2 dengan bahan pengisi serbuk kayu gergaji (SKG) 10 % (a), 30 % (b) dan 50 % (c).



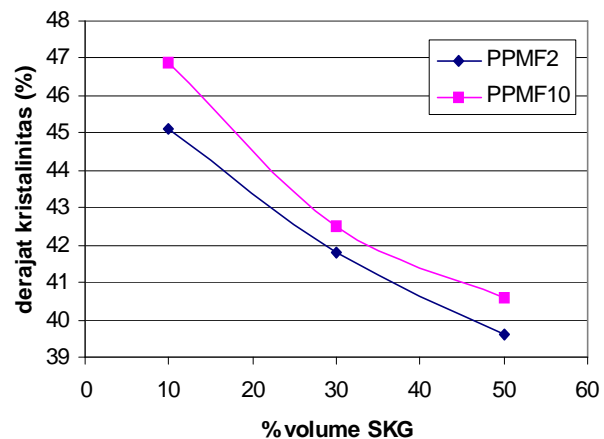
Jika secara keseluruhan gambar SEM dibandingkan antara komposit yang bermatriks polipropilena MF 2 dengan komposit yang bermatriks polipropilena MF 10 terlihat SKG sebagai bahan pengisi yang berbentuk serat pada komposit polipropilena MF 2 kurang berdifusi yang ditandai dengan terlihat jelas serat SKG yang menyebabkan ikatan antara bahan matriks dan bahan pengisi kurang baik sehingga pada uji mekaniknya dalam hal ini kuat tarik cenderung mengalami penurunan. Sedangkan untuk komposit polipropilena MF 10 terlihat bahan pengisi SKG lebih dapat berdifusi menyebabkan ikatan adhesi antara polipropilena sebagai bahan matriks dengan SKG sebagai bahan pengisi lebih baik daripada komposit yang bermatriks polipropilena MF 2 maka kuat tarik dari komposit yang bermatriks polipropilena MF 10 lebih baik.



Gambar 6. Penampang strukturmikro (secara berurutan) dari komposit polipropilena MF 10 dengan bahan pengisi serbuk kayu gergaji (SKG) 10 % (a), 30 % (b) dan 50 % (c).

Derajat Kristalinitas

Sifat polimer termoplastik umumnya mempunyai dua fasa, yaitu fasa amorf dan fasa kristal. Daerah kristalin tersusun dari rantai molekul yang teratur dan rapat sehingga mempunyai kuat tarik lebih besar dibanding daerah amorf karena daerah amorf mempunyai susunan rantai molekul yang tidak teratur. Perbandingan antara fasa kristal dan fasa amorf disebut derajat kristalinitas. Penentuan derajat kristalinitas dilakukan dengan menggunakan metode sinar-X (XRD). Pada Gambar 7 terlihat hubungan antara penambahan bahan pengisi di dalam matriks PPMF2 ataupun PPMF10 terhadap derajat kristalinitas bahan. Dari Gambar 7 tersebut terlihat penambahan bahan pengisi menyebabkan penurunan derajat kristalinitas bahan komposit. Fenomena ini terjadi disebabkan SKG merupakan bahan yang mempunyai fasa amorf. Ketika dibandingkan komposit bermatriks polipropilena MF 2 mempunyai derajat kristalinitas yang lebih tinggi dibanding komposit bermatriks polipropilena MF 10, ini disebabkan polipropilena MF 2 memiliki daerah kristalin (teratur) yang lebih banyak dibanding polipropilena MF 10.



Gambar 7. Hubungan antara penambahan bahan pengisi di dalam matriks PPMF2 ataupun PPMF10 terhadap derajat kekrystalan bahan.

KESIMPULAN

Setelah melakukan pembuatan dan karakterisasi komposit bermatriks polipropilena dengan bahan pengisi (*filler*) SKG dengan beberapa komposisi dalam prosentasi volume SKG, diperoleh informasi mengenai pengaruh penambahan komposisi SKG (% fraksi volume) terhadap matriks (polipropilena MF 2 dan polipropilena MF 10) yang kemudian dilakukan pengujian mekanik, sifat fisik (titik leleh dan suhu dekomposisi) dan analisis strukturmikro (derajat kristalinitas dengan XRD dan SEM), maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penambahan komposisi bahan pengisi (SKG) dalam prosentase fraksi volume menyebabkan kuat tarik dari bahan komposit berkurang, sedangkan kuat tarik

- dari komposit bermatriks polipropilena MF 10 lebih besar 4,24 % daripada komposit bermatriks polipropilena MF 2.
2. Pada uji fisik, penambahan komposisi bahan pengisi menyebabkan penurunan pada titik leleh dari bahan komposit dan perbedaan penurunannya antara komposit bermatriks polipropilena MF 10 dengan komposit bermatrik polipropilena MF 2 sebesar 4,09 %. Sedangkan untuk suhu dekomposisi komposit bermatriks polipropilena MF 10 menunjukkan perbedaan sebesar 0,17 % lebih tinggi dibanding komposit bermatriks polipropilena MF 2.
 3. Dari analisis strukturmikro, penambahan bahan pengisi berpengaruh pada penurunan derajat kristalinitas bahan komposit polimer. Komposit bermatriks polipropilena MF 10 mempunyai derajat kristalinitas yang lebih tinggi 2,55 % dibanding komposit bermatriks polipropilena MF 2.

DAFTARACUAN

- [1]. COWD, M.A., *Kimia Polimer*, Ed. 1, Bahasa Indonesia, ITB Bandung, (1991)
- [2]. VANVLACK, L.H., DJAPRIE, S., *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*, Ed. 5, Erlangga, Jakarta, (1994).
- [3]. HOOLEY, C.J., MAXWELL, J., *Thermoplastics Composite in Combination with Metal, Plastic and Rubber Processing and Applications*, **5**, (1), (1985), 19-25.
- [4]. BILLMEYER, F.W., *Textbook of Polymer Science*, Ed. 3, John Wiley & Sons, Inc., New York, (1984).