

SIFAT ELEKTRIK DAN TERMAL NANOKOMPOSIT HDPE/NPCC

(ELECTRICAL AND THERMAL PROPERTIES OF HDPE/NPCC NANOCOMPOSITES)

Dwi Wahini Nurhajati, Arum Yuniari, Emiliana Kasmudjiastuti¹⁾

Email: dwiwahini@yahoo.com

Diterima: 2 September 2011

Disetujui: 28 Nopember 2011

ABSTRACT

This research present electrical and thermal properties of the Nano composite high density poly ethylene (HDPE) filled with nano precipitated calcium carbonate (NPCC). The purpose of this research was to study the effect of the application of NPCC to the electrical and thermal properties of the Nano composite HDPE / NPCC. Nano composite HDPE/NPCC was made by melt blending using a Haake 3000 Rheomix machine at a temperature of 180 °C, at a speed of 50 rpm for 10 minutes. The amount of HDPE in composite was fixed / constant, and NPCC content was varied at 5, 10, 15 and 20 phr (per hundred resin). Test for electrical properties (insulation resistance and electrical strength), and thermal properties (heat resistance and sparks) were using methods standardized in SNI 04-6504-2001. Thermal analysis were carried out by thermogravimetric analysis (TGA) and differential thermal analysis (DTA) methods. Nano composite surface was analyzed with Scanning Electron Microscopy (SEM) methods. The test results showed that the electrical properties of nanofiller NPCC provide insulation resistance of $\geq 4 M\Omega$ and impenetrable to electric current. Nano filler addition of 15 phr of NPCC provide the best heat resistance properties (1.6 mm) and showed a more even distribution. Thermal analysis by TG/DTA showed that the addition of NPCC increase the onset temperature.

Keywords: nanocomposite, HDPE/NPCC, electrical properties, thermal properties

ABSTRAK

Penelitian ini menjelaskan tentang sifat elektrik dan termal dari nanokomposit *high density polyethylene* (HDPE) yang diisi dengan *nano precipitated calcium carbonate* (NPCC). Tujuan penelitian adalah mempelajari pengaruh penggunaan nano precipitated calcium carbonat (NPCC) terhadap sifat elektrik dan termal nanokomposit HDPE/NPCC. Nanokomposit HDPE/NPCC dibuat dengan cara *melt blending* menggunakan mesin *Rheomix 3000 Haake* pada suhu 180 °C, kecepatan 50 rpm selama 10 menit. Jumlah HDPE dalam komposit dibuat tetap, dan kandungan NPCC divariasi 5; 10; 15 dan 20 phr (per hundred resin). Uji sifat elektrik (resistansi isolasi dan kuat listrik), dan sifat termal (ketahanan terhadap panas dan percikan api) mengikuti metode pada SNI 04-6504-2001. Analisis termal dilakukan dengan TGA dan DTA. Permukaan nanokomposit di analisis dengan metode SEM. Hasil uji sifat elektrik memperlihatkan bahwa nanofiller NPCC memberikan resistansi isolasi $\geq 4 M\Omega$ dan tidak tembus listrik. Penambahan nanofiller NPCC 15 phr memberikan sifat ketahanan panas terbaik (1,6 mm) dan memperlihatkan distribusi yang lebih rata. Analisis termal dengan TG/DTA memperlihatkan bahwa penambahan jumlah NPCC menaikkan *onset temperature*.

Kata kunci: nanokomposit, HDPE/NPCC, *melt blending*, sifat elektrik, sifat termal

PENDAHULUAN

High density polyethylene (HDPE) adalah salah satu plastik yang sangat penting

dan banyak digunakan diberbagai aplikasi. Produksi HDPE di Indonesia tahun 2009 sekitar 100.000 ton (Anonim, 2010).

¹⁾ Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik, Yogyakarta

Kebutuhan resin PE dalam negeri dipasok oleh dua perusahaan besar di Indonesia yaitu Chandra Asri dan Titan PENI (Moesa, 2009). HDPE merupakan plastik yang murah, mudah diproses dengan berbagai metode seperti cetak injeksi (*injection molding*), cetak tekan (*compression molding*), dan cetak tiup (*blow molding*), juga mempunyai sifat tahan bahan kimia, memiliki ketahanan elektrik (*electrical resistance*) dan sangat getas pada suhu rendah. Tetapi karena mempunyai titik leleh rendah dan kurang tahanan terhadap panas maka penggunaannya di industri menjadi terbatas. Resin HDPE sering juga digunakan sebagai bahan isolator. Bahan isolator mempunyai daya hantar listrik (*electrical conductivity*) yang kecil dan ketahanan listrik (*electrical resistance*) besar. Oleh sebab itu pemakaian sebagai isolator perlu mempertimbangkan sifat kelistrikan menurut (Harper, 1975) dan (Wawas Swathatafrijiah, 2004) mencakup resistivitas (*volume and surface resistivity*), permitivitas atau tetapan dielektrik (*dielectric constant*), dan kebocoran arus listrik (*electrical-loss properties*). Sarathi *et.al* (2004) telah melakukan analisa karakteristik *tracking* dari HDPE murni, dan menunjukkan bahwa HDPE murni cocok untuk digunakan sebagai isolator pada voltase rendah.

Untuk memperbaiki kelemahan HDPE tersebut maka perlu ditambah *nanofiller*. Saat ini, pengisi berukuran nano merupakan pendekatan menarik untuk meningkatkan sifat baik polimer. Komposit yang berisi bahan pengisi ukuran nano, lazim disebut disebut dengan nanokomposit (Abubakar, 2006).

Salah satu *filler* berukuran nano yang banyak digunakan di industri plastik adalah *precipitated calcium carbonate* (PCC). PCC adalah produk turunan kapur yang telah mengalami rekarbonisasi dengan rumus kimia CaCO_3 dan banyak tersedia di Indonesia. Perkembangan penggunaan nanofiller CaCO_3 telah banyak dilakukan oleh para peneliti, hal ini dikarenakan stabilitasnya, warna putih, dan murah. Penggunaan CaCO_3 yang telah dilapis permukaannya dengan *coupling agent* dapat memperbaiki kuat tarik dan

ketahanan pukul telah dilaporkan oleh (Phueakbuakhao, *et.al.*, 2008).

Penggunaan nanokomposit HDPE untuk isolator listrik telah dipublikasikan oleh Shah *et.al.*, (2009) telah meneliti berbagai sifat elektrik dari nanokomposit terutama kekuatan dielektrik, resistivitas volume dan permukaan. Sifat kekuatan dielektrik ternyata naik secara nyata dengan kenaikan kandungan nano-clay sampai 5% berat, juga naiknya resistivitas volume permukaan.

Pengaruh nano CaCO_3 dan *compatibilizer* terhadap sifat dan kristalisasi nanokomposit *polypropylene* (PP)/ CaCO_3 telah dipelajari secara detil oleh (Lin *et.al.*, 2004; Avella *et.al.*, 2006; Zhang *et.al.*, 2006; Yiping *et.al.*, 2005; Zhang *et.al.*, 2003; Chan *et.al.*, 2002 dan Lyu *et.al.*, 1997) menunjukkan bahwa suhu kristalisasi dan kristalinitas komposit LDPE naik dengan bertambahnya jumlah kalsium karbonat.

Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari pengaruh penggunaan *nano precipitated calcium carbonat* (NPCC) terhadap sifat elektrik dan sifat termal nanokomposit HDPE/NPCC.

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Plastik jenis *high density polyethylene* (HDPE) produksi dalam negeri merek Asrene SI 5230 *injection grade*. *Nano precipitated calcium carbonate* (NPCC) merek SHENGKE dengan spesifikasi NPCCA-602 bentuk kubus dengan ukuran partikel rata-rata 40 nm, dan permukaannya sudah dilapisi dengan *coupling agent* dan maleat anhidrat sebagai *compatibiliser*.

Alat penelitian

Peralatan terdiri atas *Rheomic 3000 Haake*, dan alat tekan hidrolik (Gonno). Alat uji yang digunakan meliputi alat uji resistansi isolasi dan kuat listrik, *Ball Presser*, *Heat Glow Wire Tester*, *thermalgravimetric/differential thermal analyser* (TG/DTA) (Diamond Perkin Erlin) serta *Scanning Electron Microscope* (SEM) (JEOL).

Metode Penelitian

a. Pembuatan komposit

Komposit dibuat dari kompon HDPE dan NPCC. Jumlah NPCC divariasi. Perbandingan HDPE/NPCC dalam formulasi yang diteliti adalah 100/5; 100/10; 100/15; 100/20 dan sebagai kontrol digunakan perbandingan HDPE/NPCC 100/0 tanpa ditambah NPCC.

Proses pembuatan komposit dilakukan dengan menggunakan mesin *Rheomic 3000 Haake* pada suhu 180 °C dengan kecepatan rotor 50 rpm selama 10 menit. Pada pembuatan komposit ini HDPE dalam bentuk butiran yang sudah dicampur dengan aditif dimasukkan dalam Rheomix, setelah bercampur baru dimasukkan NPCC.

b. Karakterisasi komposit

Homogenitas dispersi nanofiller NPCC didalam komposit diamati melalui *Scanning Electron Microscope* (SEM). Pengamatan morfologi komposit menggunakan SEM dengan metode *secondary electron image* dengan perbesaran 2000x.

Pengujian sifat elektrikal meliputi resistansi isolasi dan kuat listrik mengikuti prosedur pada SNI 04-6504-2001.

Pengujian sifat termal meliputi uji ketahanan terhadap panas, dan percikan api mengacu SNI 04-6504-2011. Uji ketahanan terhadap panas dilakukan dengan *Ball Presser* dan uji ketahanan terhadap percikan api digunakan *Heat Glow Wire Tester*.

Thermogravimeter (TGA) digunakan untuk mengukur perubahan berat nanokomposit sebagai fungsi dari suhu maupun waktu. Hasilnya berupa rekaman diagram kontinyu, berat sampel yang digunakan ±10 mg, dipanaskan pada laju konstan, ±5 °C/menit, sampai mulai dekomposisi pada suhu tertentu. *Differential thermal analysis (DTA)* merupakan teknik analisa untuk mengukur perbedaan suhu sampel dan standar sebagai fungsi suhu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji sifat elektrik, termal, dan SEM untuk semua formula nanokomposit HDPE/NPCC dengan variasi jumlah NPCC (0-20 phr) disajikan pada Gambar 1, 2, 3, serta Tabel 1 dan 2.

Pengaruh jumlah NPCC terhadap sifat elektrik nanokomposit HDPE/NPCC

Sifat elektrik nanokomposit HDPE/NPCC meliputi resistansi isolasi dan kuat listrik . Hasil uji disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat elektrik nanokomposit HDPE/NPCC

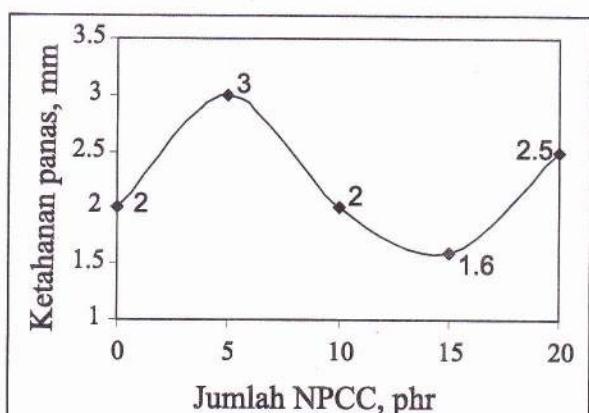
No	Formulasi HDPE/ NPCC	Resistansi isolasi, MΩ	Kuat listrik
1	100/0	≥ 4	Tidak tembus
2	100/5	≥ 4	Tidak tembus
3	100/10	≥ 4	Tidak tembus
4	100/15	≥ 4	Tidak tembus
5	100/20	≥ 4	Tidak tembus

Tabel 1 memperlihatkan bahwa sifat elektrik nanokomposit HDPE/NPCC hasil penelitian memenuhi persyaratan yang tercantum pada SNI 04-6504-2011 tentang Lampu swa-balast untuk pelayanan pencahayaan umum persyaratan keselamatan, yaitu mempunyai nilai resistansi isolasi ≥ 4 MΩ, termasuk komposit tanpa ditambah NPCC sebagai kontrol.

Sifat termal nanokomposit meliputi ketahanan terhadap panas dan percikan api disajikan pada Gambar 1.

Menurut SNI 04-6504-2001, nilai ketahanan terhadap panas adalah $\leq 2,00$ mm. Gambar 1 memperlihatkan bahwa data ketahanan panas nanokomposit naik turun tidak beraturan memperlihatkan pencampuran pada saat pembuatan nanokomposit tidak homogen. Nanokomposit yang Mempunyai nilai ketahanan panas $\leq 2,00$ mm adalah

nanokomposit yang ditambah NPCC berturut-turut 10 dan 15 phr.



Gambar 1. Ketahanan terhadap panas komposit LHE dengan filler NPCC

Ketahanan panas terkecil (1,6 mm) dimiliki oleh komposit yang ditambah *nanofiller* NPCC sebanyak 15 phr (Gambar 1). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh komposit yang ditambah NPCC 15 phr mempunyai *interfacial adhesion* lebih bagus dan terjadinya eksfoliasi NPCC dalam komposit oleh keberadaan maleat anhidride sebagai *compatibiliser*. Hal ini dikuatkan oleh hasil uji mikrograf SEM nanokomposit yang mengandung NPCC 10 dan 15 phr (Gambar 2). Dari Gambar 2 terlihat bahwa permukaan nanokomposit HDPE/NPCC lebih halus dan distribusi nanofiller NPCC lebih merata.

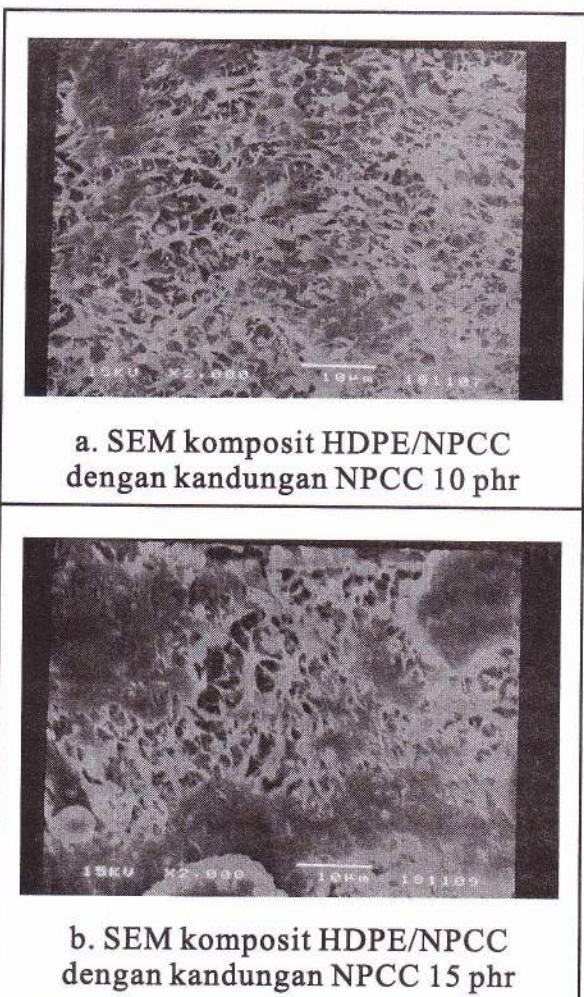
Pengaruh jumlah NPCC terhadap sifat ketahanan api nanokomposit HDPE/ NPCC

Berdasarkan analisa statistik SAS 1 faktor ada perbedaan ($p \leq 0,05$) yang bermakna pada ketahanan antar konsentrasi NPCC.

Ketahanan api nanokomposit HDPE/NPCC disajikan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa semua nanokomposit hasil penelitian yang ditambah nano filler (NPCC) memenuhi persyaratan yang ditetapkan pada SNI 04-6504-2011. Selain itu untuk melihat pengaruh nanofiller NPCC terhadap suhu dekomposisi komposit dilakukan analisa termal dengan metode TGA dan DTA.

Hasil analisa termal disajikan pada Gambar 3. memperlihatkan bahwa *onset temperature* dari nanokomposit HDPE yang ditambahkan NPCC berturut-turut 5, 10, 15, 20 phr serta kontrol (tanpa NPCC) berturut-turut adalah 385,59 °C (97,495%); 211,77°C (98,689%); 318,15°C (97,546%); 370,50°C (96,253%); dan 377,11°C (94,722%).

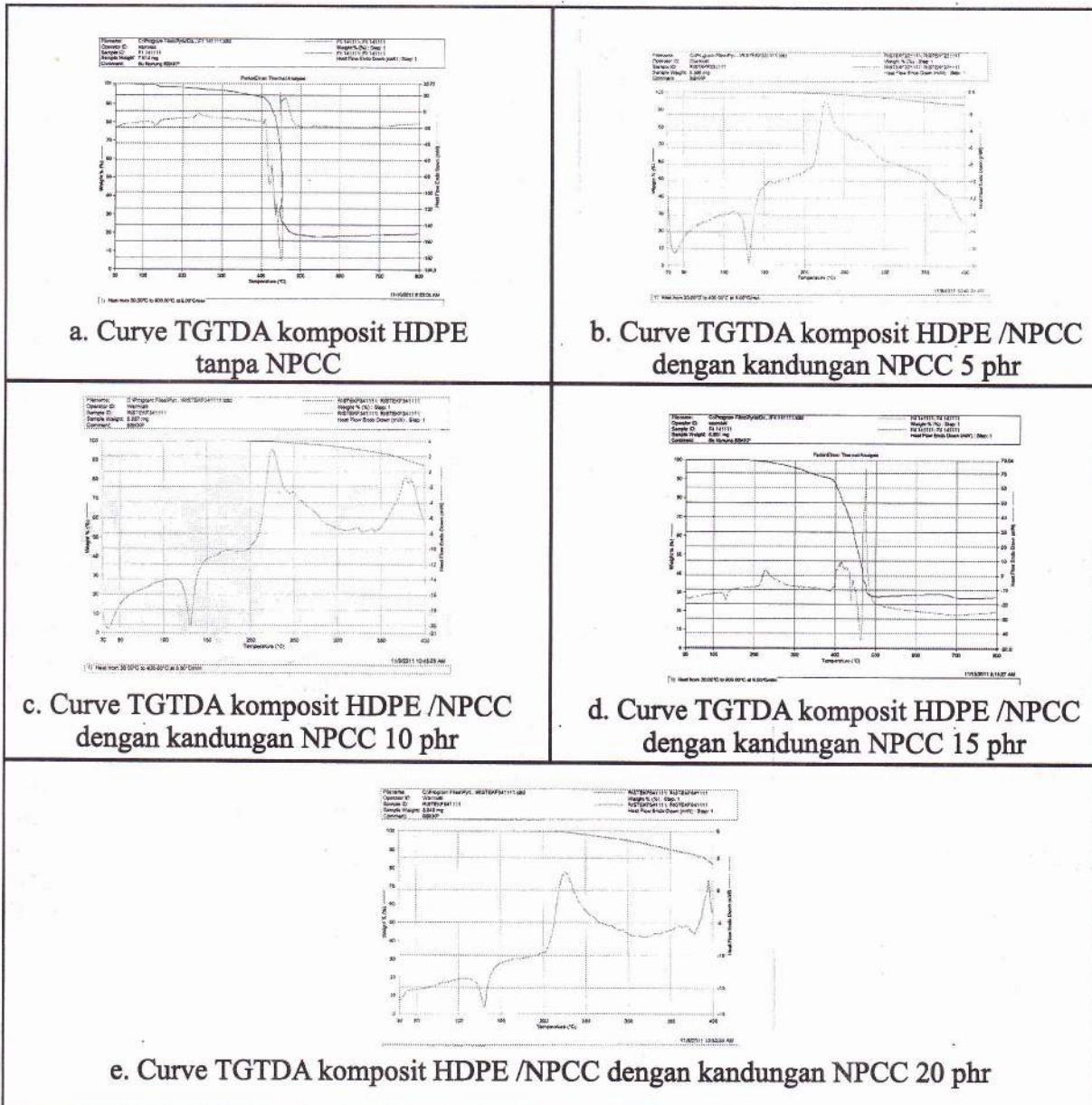
Penambahan jumlah NPCC memperlihatkan sedikit penurunan suhu dekomposisi. Residu pada suhu dekomposisi 460 °C untuk komposit yang tanpa NPCC adalah 20%, sedangkan untuk yang berisi NPCC 15 phr pada suhu dekomposisi 470 °C residunya sekitar 28%.



Gambar 2. Hasil uji SEM nanokomposit HDPE/NPCC

Tabel 2. Ketahanan terhadap api nanokomposit HDPE/NPCC

No	Formulasi HDPE/NPCC	Ketahanan terhadap api, detik	Syarat mutu SNI 04-6504-2011
1	100/0	Tidak ada api dan tisu tidak terbakar	Tidak ada api dan tisu tidak terbakar
2	100/5	Tidak ada api dan tisu tidak terbakar	Tidak ada api dan tisu tidak terbakar
3	100/10	Tidak ada api dan tisu tidak terbakar	Tidak ada api dan tisu tidak terbakar
4	100/15	Tidak ada api dan tisu tidak terbakar	Tidak ada api dan tisu tidak terbakar
5	100/20	Tidak ada api dan tisu tidak terbakar	Tidak ada api dan tisu tidak terbakar



Gambar 3. Hasil Uji TGA dan DTA nanokomposit HDPE/NPCC

KESIMPULAN

Nanofiller NPCC memberi pengaruh terhadap sifat elektrik nanokomposit yang dinyatakan sebagai resistansi isolasi dan kuat listrik. Nanokomposit HDPE mempunyai resistansi isolasi $\geq 4 \text{ M}\Omega$ dan tidak tembus ketika diuji kuat listrik.

Penambahan NPCC 15 phr memberikan sifat ketahanan panas terbaik (1,6mm). Penambahan jumlah NPCC menaikkan *onset temperatur* nanokomposit. Hasil uji morfologi dengan SEM memperlihatkan bahwa distribusi nanofiller NPCC didalam komposit cukup homogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. *Laporan market intelligence*. www.datacon.co.id/Plastik -2010 PE.html.
- Abu Bakar, A., and Nurul Nazihah Mohamed Rosli. 2006. *Effect of Nano-Precipitated Calcium Carbonate on Mechanical Properties of PVC-U and PVC-U/Acrylic Blend*. Jurnal Teknologi, 45(F) Dis. 2006: 83-93.
- Avella, M., Cosco, S., DiLorenzo, M. L., DiPace, E., Errico, M.E., Gentile, G. 2006. *Nucleation Activity of Nanosized CaCO₃ on Crystallization of Polypropylene, in Dependence on Cyrstal Modification Particle Shape and Coating*. Eur Polym J, 42, 1548-1557.
- Chan, C. C., Wu, J., Li, J. X., Cheung, Y. K. 2002. *Polypropylene/Calcium Carbonate Nanocomposites*, Polymer, 43, 2981.
- Harper, C.A., 1975. *Electrical Design Properties of Plastics and Elastomer, Chapt 2 in "Handbook of Platics and Elastomer" Edited by Harper, C.A.*, Hide Book Company, New York.
- Lin, Z., Huang, Z., Zhang, Y., Mai, K., Zeng, H., 2004. *Crystallization and Melting Behavior of NanoCaCO₃/Polypropylene Composites Modified by Acrylic Acid*. J Appl Polym Sci, Vol. 91, 2443-2453.
- Pueakbuakhao, N., Prissanaroon-Quajai, W., Kreua-Ongarnukool, N., 2008. *Effect of Coupling Agents on Mechanical Properties and Morphology of CaCO₃ filled Recycled High Density Polyethylene*. J. Metal, Materials and Minerals, 18(2), 131-135
- Sarathi, R., Chandrasekar, S., Sabari Giri, V., Venkataseshaih, C., and Velmurugan, R., 2004. *Analysis of surface degradation of high density polyethylene (HDPE) insulation material due to tracking*. Bulletin of Materials Science, 27 (3), 251-262
- Shah, K.S., Jain, R. C., Shrinet, V., Singh, A.K., and Bharambe, D. P., 2009. *High density polyethylene (HDPE) clay nanocomposite for dielectric applications*. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 16 (3), 853-861.
- SNI 04-6504-2001. *Lampu swa-balast untuk pelayanan pencahayaan umum-persyaratan keselamatan*.
- Tanaka, T., Montanari, G. C., and Mülhaupt, R., 2004. *Polymer nanocomposites as dielectrics and electrical insulation-perspectives for processing technologies, material characterization and future applications*. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 11 (5), 763-784.
- Wawas, Swathatafrijiah, 2004. *Sifat listrik Bahan Polimer*. Sentra Polimer, Volume 3 Nomor 15, halaman 17, Jakarta
- Zhang, F., Qiu, W., Yang, L., Endo, T., Hirotsu, T., 2003. *Crystallization and Melting Behavior of Maleated Polyethylene and its Composites Fibrous Cellulose*. J Appl. Polym Sci 89, 3292-3300.
- Zhang, J., Ding, Q. J., Zhou, N. L., Li, L., Ma, Z. M., Shen, J., 2006. *Studies on Crystal Morphology and Crystallization Kinetics of Polypropylene Filled CaCO₃ of Different Size and Distribution*. J Appl Polym Sci., 101, 2437-2444.