

# **KESAN PENGISI DAN KANDUNGAN GETAH ASLI KE ATAS SIFAT DIELEKTRIK KOMPOSIT GETAH ASLI TERMOPLASTIK – GARNET ITRIUM BESI (PP/NR -Y<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>)**

**ABDUL AZIZ MANSOR dan SITI ATKAH ABDUL HAMID**  
Universiti Teknologi MARA Cawangan Pahang, 26400 Bandar Jengka, Pahang.

## **ABSTRAK**

Komposit polipropilena - getah asli (PP/NR) berpengisi serbuk YIG (Y<sub>3</sub>Fe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>) telah disediakan dengan menggunakan mesin Brabender. Kesan penambahan serbuk pengisi YIG dan kandungan getah asli (NR) yang berbeza di dalam komposit PP/NR/YIG telah dikaji dari segi pemalar dielektriknya. Pemalar dielektrik meningkat dengan penambahan kandungan pengisi YIG sehingga 30 peratus berat tetapi tidak berubah dengan perubahan kandungan NR.

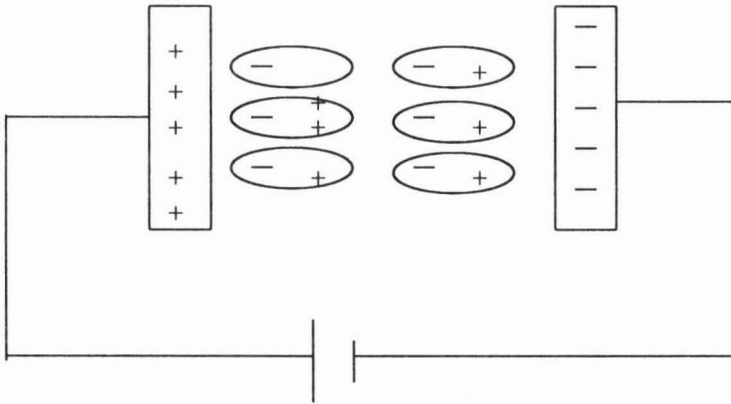
## **PENDAHULUAN**

Dielektrik adalah bahan penebat. Bahan polimer biasanya berada dalam kumpulan ini. Bahan-bahan dielektrik merupakan bahan yang mengalami pengutuban elektrik apabila suatu medan elektrik dikenakan ke atasnya. Pengutuban elektrik merujuk kepada anjakan cas di dalam bahan-bahan itu kerana berlakunya orientasi dwikutub elektrik yang kekal atau terhasilnya dwikutub teraruh, seperti ditunjukkan dalam Rajah 1. Dwikutub elektrik mengorientasi di antara dua plat yang bercas atau di antara elektrod supaya cas negatif menghala ke arah positif dan sebaliknya. Proses ini akan mengurangkan keupayaan di antara plat-plat itu. Semakin tinggi darjah pengorientasian dwikutub, semakin kurang nilai keupayaan di antara dua plat tersebut. Pengukuran kuantitatif terhadap kesan anjakan cas ini diberikan oleh pemalar dielektrik,  $\epsilon_r$  iaitu kuantiti yang mencirikan sesuatu bahan dielektrik.

Molekul dwikutub adalah molekul yang mempunyai momen dwikutub elektrik kekal. Jumlah magnitud cas positif dan negatifnya sama sehingga menyebabkan ia neutral secara elektrik tetapi cas positif dan negatif berada pada suatu titik yang terpisah oleh suatu jarak yang setara dengan dimensi molekul. Fenomena ini menyebabkan wujudnya momen dwikutub elektrik. Ketelusan bahan meningkat bagi bahan yang mempunyai sifat keterkutuban yang tinggi. Pengutuban di dalam sesuatu bahan dielektrik boleh disebabkan oleh empat proses, iaitu pengutuban elektronik, pengutuban ionik, pengutuban orientasi, dan pengutuban antara muka (Mustaffa 1991; Kingery et al. 1975).

Bagi bahan yang tidak terkutub, keterkutuban berpunca daripada sesaran elektron relatif kepada nukleus (pengutuban elektronik) dan sesaran nukleus atom relatif kepada nukleus atom lain (pengutuban ionik) dalam medan yang dikenakan. Akan tetapi, dalam bahan berkutub, satu lagi pengutuban wujud iaitu pengutuban orientasi, dengan anggapan bahawa dwikutub-dwikutub elektrik adalah bebas untuk bergerak. Tanpa dikenakan medan elektrik, momen-momen dwikutub elektrik tertabur secara

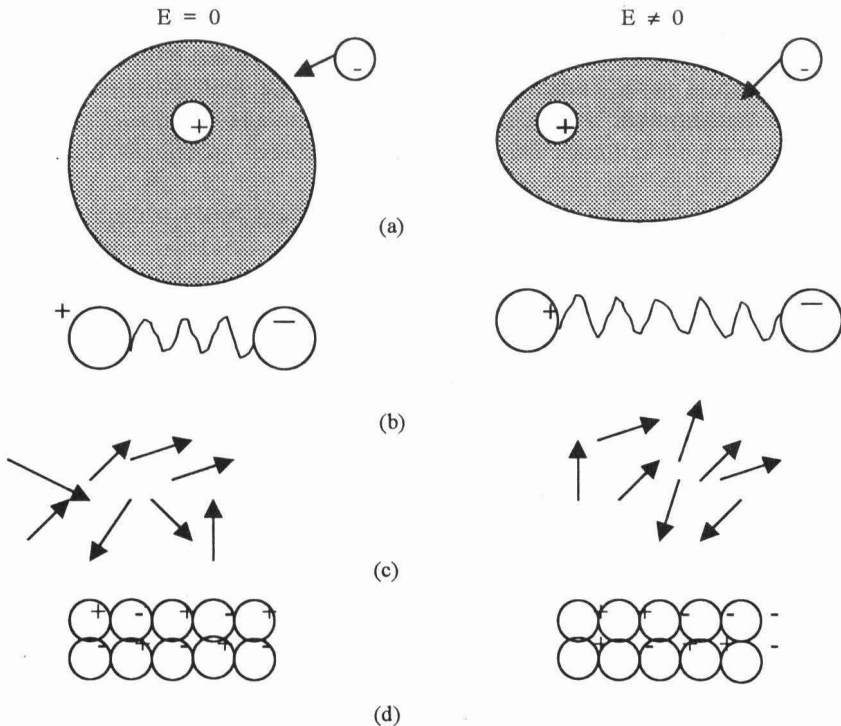
rawak dalam berbagai arah dan pergerakannya sentiasa diganggu oleh pergerakan terma molekul. Apabila medan dikenakan, momen-momen tersebut akan cuba mengorientasi secara selari arah medan. Pengutuban orientasi ini merupakan tambahan kepada pengutuban elektronik dan ionik dan dengan sebab itulah bahan berkutub mempunyai ketelusan yang lebih tinggi daripada bahan tak berkutub. Dalam suatu bahan seramik polihablur seperti ferit, wujud beberapa ketakhomogenan struktur seperti kekosongan kekisi hablur, kehadiran pusat-pusat bendasing dan sempadan-sempadan butiran. Pembawa-pembawa cas yang bergerak di bawah pengaruh medan yang dikenakan, akan terperangkap dan terkumpul pada ketakhomogenan struktur tersebut (Jonsher 1980). Magnitud jumlah cas yang terperangkap di dalam bahan mengaruh suatu magnitud jumlah cas sama pada elektrod. Cas imej yang terbentuk pada elektrod dan cas yang terperangkap seolah-olah membentuk suatu dwikutub elektrik dan pengutuban jenis ini dinamakan pengutuban antaramuka.



Rajah 1: Pengutuban dielektrik

Sifat-sifat keterkutuban adalah merupakan fungsi kepada frekuensi medan ulang-alik yang dikenakan. Pergerakan elektron, ion, atom dan dwikutub elektrik akan dipengaruhi oleh medan elektrik tersebut. Pada frekuensi rendah, kesemua pengutuban dikatakan dapat mencapai keseimbangan dan pergerakannya mengikut ayunan frekuensi medan. Apabila frekuensi ditingkatkan, pengutuban antaramuka adalah yang pertama sekali menunjukkan keadaan relaksasi, iaitu ayunannya tidak lagi dapat mengikut ayunan medan yang semakin meningkat. Pengutuban ini terangsang kepada frekuensi ulang-alik pada frekuensi di sekitar  $10^{-2} - 10^4$  Hz. Peningkatan frekuensi seterusnya menyebabkan berlakunya relaksasi bagi pengutuban orientasi. Pemusingan atau pergerakan dwikutub-dwikutub elektrik tidak lagi sekata dan seimbang malah terlembab disebabkan frekuensi medan yang semakin meningkat. Pengutuban ini terangsang kepada frekuensi ulang-alik pada frekuensi di sekitar  $10^3 - 10^{12}$  Hz. Pada frekuensi yang lebih tinggi pengutuban orientasi tidak lagi dapat mengikut ayunan medan ulang-alik sehingga menyebabkan relaksasi. Pada frekuensi ini, jumlah pengutuban hanyalah sumbangan daripada pengutuban elektronik dan ionik kerana pengutuban jenis ini memerlukan masa yang lebih singkat untuk mencapai keseimbangan pergerakan berbanding dengan pengutuban antaramuka dan

orientasi. Pada frekuensi yang lebih tinggi daripada frekuensi getaran atom-atom dalam molekul atau dalam rantau frekuensi gelombang inframerah, pengutuban ionik gagal untuk mencapai keseimbangan. Pengutuban ini boleh wujud sehingga kepada frekuensi dalam tertib  $10^{11}$  -  $10^{13}$  Hz. Pengutuban elektronik tidak lagi menyumbang kepada pengutuban bahan apabila frekuensi medan ulang-alik setara atau lebih besar daripada frekuensi penukaran elektron di antara aras-aras tenaga pada sesuatu atom atau dalam rantau frekuensi ultralembayung dan sinar-X. Pengutuban elektronik boleh berlaku sehingga tertib frekuensi  $10^{16}$  Hz. Rajah 2 menunjukkan gambarajah empat jenis pengutuban.



Rajah 2 Gambarajah empat jenis proses pengutuban (a) elektronik (b) ionik (c) orientasi dan (d) antaramuka

## KAEDAH KAJIAN DAN PENCIRIAN

### Penyediaan sampel tulen YIG

Pelet YIG tulen disediakan dengan menimbang lebih kurang 1.000 g serbuk ferit YIG dan dicampurkan polivinil alkohol (PVA) yang digunakan sebagai agen pengikat. Campuran tersebut dikisar dengan menggunakan lesung selama beberapa minit. Campuran tersebut kemudiannya di masukkan dalam acuan dan dikenakan tekanan sebanyak 3 kN untuk membentuk pelet dengan ketebalan  $\sim 3$  mm. Sampel kemudiannya disinter pada suhu  $1050$  °C selama 10 jam sebelum disejukkan secara perlahan-lahan ke suhu bilik.

### **Penyediaan matriks polipropilena-getah asli (Matriks PP/NR)**

Matriks PP/NR yang disediakan berdasar peratus berat bahan adalah PP/NR(70/30) dengan 10 peratus berat LNR sebagai pengserasi (Sahrim et al. 1994; Sahrim et al. 1995; Ibrahim & Dahlan 1998). Mesin pengadun leburan dalaman (Model Brabender Plastic-Corder PL 2000) dan pencampur (Model W50E/2) digunakan untuk mengadunkan matriks tersebut.

Proses pengadunan dijalankan dengan kadar putaran 50 putaran perminit dan suhu pencampuran 170 °C. Suhu ini dipilih berdasarkan suhu lebur PP (170 °C) dan getah asli (130 °C) bagi memastikan adunan PP dan NR adalah seragam. NR dimasukkan ke dalam Brabender dan dibiarkan selama 1 minit. Seterusnya diikuti pula oleh LNR sebelum dibiarkan berputar selama 2 minit. Pada minit keempat, PP di masukkan dan dibiarkan selama 12 minit sebelum adunan dikeluarkan dari Brabender. Ketulan matriks PP/NR yang terhasil dihancurkan selepas dibiarkan matang selama lebih kurang 24 jam dengan menggunakan pengisar (Model Refer Granulator PH 300S).

### **Penyediaan komposit PP/NR/YIG**

Dua set komposit PP/NR/YIG telah disediakan dalam kajian ini. Set pertama adalah komposit yang terdiri dari matriks PP/NR (70/30) berpengisi ferit YIG sebanyak 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 peratus berat. Pengadunan dilakukan pada kadar putaran 50 putaran perminit dan suhu percampuran 170 °C. Butiran matriks PP/NR yang telah dihancurkan dimasukkan ke dalam Brabender dan dibiarkan selama 3 minit. Pada minit keempat, serbuk ferit YIG di masukkan dengan kuantiti yang ditetapkan dan dibiarkan berputar selama 12 minit. Selepas itu komposit tersebut dikeluarkan dan ditekan dengan mesin penekan panas (Carver Laboratory Press) yang telah dipanaskan pada suhu 175 °C. Penekanan dilakukan selama 2 minit pada 8 kN untuk membentuk kepingan komposit setebal 5 mm, 3 mm atau 1 mm. Ketebalan sampel bergantung kepada dimensi sampel yang diperlukan dalam setiap ujian yang dijalankan.

Set kedua adalah komposit PP/NR/YIG yang terdiri dari matriks-matriks PP/NR(80/20), PP/NR(70/30), PP/NR(60/40), PP/NR(50/50) dan PP/NR(40/60) dengan kandungan pengisi ferit YIG yang ditetapkan sebanyak 15 peratus berat. Peratusan berat pengisi ini dipilih berdasarkan keputusan kajian sifat elektrik di mana peratus berat kritikal pengisi YIG di dalam komposit adalah 15 peratus berat. Kaedah penyediaannya sama seperti penyediaan set komposit pertama di atas.

### **Pengukuran impedans kompleks**

Peralatan yang digunakan dalam pengukuran impedans kompleks adalah rangkaian penganalisis ransangan frekuensi tinggi (HFRA Model Solartron 1255) yang disambung ke mikrokomputer untuk pengawalan dan penentuan. Alat-alat bantuan lain yang digunakan adalah relau termostatik (Model Ando TO-19), elektrod pemegang sampel (Model Ando SE-70) dan kotak perintang yang mempunyai rintangan 1 k $\Omega$  hingga 10 M $\Omega$ .

Sampel berbentuk cakera dengan anggaran diameter 16 mm dan ketebalan 3 mm disediakan bagi sampel YIG tulen, matriks PP/NR dan kedu-dua set komposit

PP/NR/YIG yang mengandungi peratus berat pengisi berbeza dan tetap. Matriks PP/NR dan komposit-komposit PP/NR/YIG dibentuk dengan menggunakan penebuk berlubang berdiameter 16 mm. Kedua-dua belah permukaan setiap sampel ujian disalut dengan lapisan nipis emas dengan menggunakan mesin sputter coater (Model Bal-tec SCD 005). Tujuan penyalutan ini ialah untuk menyediakan permukaan sampel berpengalir dan mempunyai sentuhan elektrik antaramuka yang baik di antara sampel dan elektrod pemegang sampel.

Sampel yang telah disediakan diapit dengan elektrod pemegang sampel, kemudian di masukkan ke dalam relau pada suhu bilik (299 K). Semasa pengukuran dilakukan, frekuensi yang digunakan untuk pengukuran adalah dalam julat 1 Hz hingga 10 MHz dengan gelombang sinus voltan beramplitud 2 V yang dihasilkan oleh penjana isyarat SI 1255. Data-data yang diukur dipaparkan dalam satah kompleks (Nyquist) yang berbentuk semibulat. Pada titik maksimum lengkungan, paksi  $Z''$  akan memberi nilai kapasitans yang paling mungkin bagi sampel dan frekuensi yang berpadanan dengan nilai  $Z''$  sementara paksi  $Z'$  memberi nilai rintangan. Nilai-nilai kerintangan dan seterusnya pemalar dielektrik dapat ditentukan.

### KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Sifat elektrik bagi kesemua sampel dikaji dengan menggunakan penganalisis ransangan berfrekuensi tinggi Solarton model 1255 pada suhu bilik (299 K). Nilai rintangan setiap sampel diambil dari pintasan lengkungan impedans kompleks pada paksi impedans nyata. Nilai kerintangan elektrik dikira berdasarkan persamaan:

$$\rho = RA/L \quad (1)$$

di mana R adalah rintangan yang diperolehi daripada lengkungan semi bulatan yang dihasilkan oleh impedans kompleks, A adalah luas keratan rentas sampel dan L adalah tebal sampel. Nilai pemalar dielektrik diukur dengan menggunakan persamaan:

$$\epsilon_r = C / C_0 \quad (2)$$

dimana  $C = \epsilon_r \epsilon_0 A / d \quad (3)$

$$C_0 = \epsilon_0 A / d \quad (4)$$

di mana  $\epsilon_r$  adalah pemalar dielektrik bahan,  $\epsilon_0$  adalah pemalar dielektrik dalam vakum, C adalah kapasitans bagi kapasitor,  $C_0$  adalah kapasitans bagi kapasitor dalam vakum dan d adalah jarak pemisahan di antara dua plat. Daripada lengkungan impedans kompleks, nilai pemalar dielektrik boleh dihitung dengan menggunakan persamaan di atas, di mana  $Z_i$  adalah pada komponen khayal daripada lengkungan impedans kompleks pada puncak tertinggi semi bulatan tersebut. Pada keadaan ini, nilai frekuensi sepadan diperolehi.

$$C = 1 / \omega |Z''| = 1 / 2\pi f |Z''| \quad (5)$$

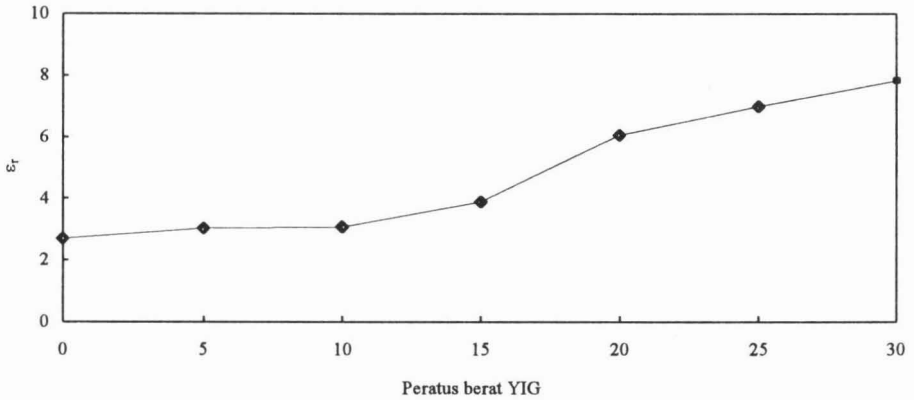
Rajah 3 dan Rajah 4 masing-masing menunjukkan graf pemalar dielektrik ( $\epsilon_r$ ) sebagai fungsi terhadap peratus berat kandungan YIG dan NR bagi kedua-dua set komposit

yang telah disediakan. Nilai-nilai  $\epsilon_r$  kedua-dua komposit adalah ditunjukkan dalam Jadual 1. Komposit PP/NR(70/30) berpengisi dari 5 hingga 30 peratus berat YIG menunjukkan peningkatan bagi  $\epsilon_r$  secara perlahan-lahan bagi kandungan pengisi YIG yang rendah sehingga 10 peratus berat diikuti dengan peningkatan yang mendadak bagi kandungan pengisi melebihi 10 peratus berat. Penambahan nilai  $\epsilon_r$  daripada 2.69 hingga 7.81, besar kemungkinan disebabkan oleh pengutuban elektronik iaitu saling tindakan cas pada permukaan zarah-zarah pengisi. Peningkatan mendadak  $\epsilon_r$  untuk kandungan pengisi yang tinggi, adalah berhubungkait dengan interaksi antara zarah-zarah pengisi di dalam matriks PP/NR di mana zarah pengisi yang bersifat pengalir ini akan membentuk rantaian berterusan di dalam matriks PP/NR (Sau et al. 1997). Menurut Dupuis et al. (1997) peningkatan pengisi melebihi nilai pecahan isipadu kritikal menghasilkan jarak kritikal antara zarah-zarah pengisi dan menyebabkan momen dwikutub adalah tidak boleh diabaikan.

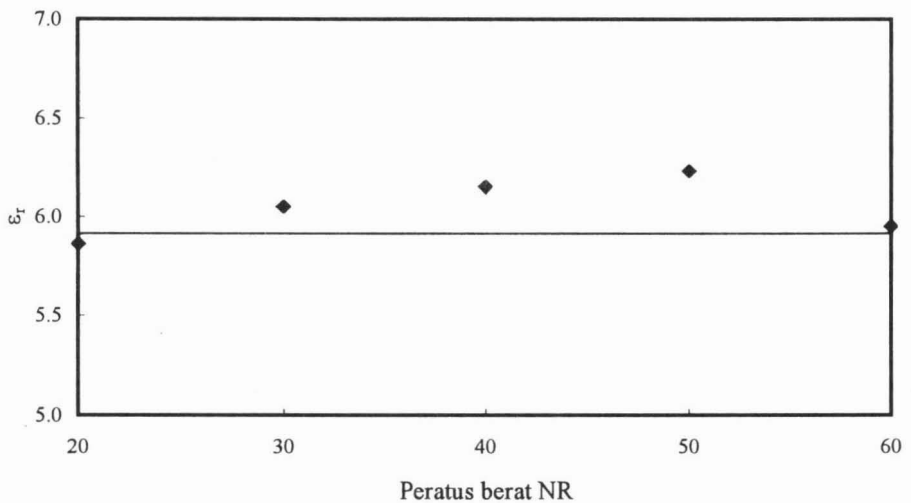
Komposit berpengisi malar di dalam matriks PP/NR berbeza, menunjukkan nilai  $\epsilon_r$  malar terhadap peningkatan kandungan NR di dalam matriks PP/NR. Ini menunjukkan bahawa nilai  $\epsilon_r$  tidak dipengaruhi oleh kandungan NR tapi sangat dipengaruhi oleh kehadiran pengisi YIG di dalam komposit.

Kandungan YIG di dalam matriks PP/NR(70/30) (Peratus berat)	Pemalar dielektrik ( $\epsilon_r$ ) ( $\pm 0.01$ )
YIG	1219.90
0	2.69
5	3.02
10	3.07
15	3.87
20	6.05
25	6.97
30	7.81
Matriks PP/NR(X/Y) berpengisi 15 peratus berat YIG	
PP/NR(80/20)	5.86
PP/NR(70/30)	6.05
PP/NR(60/40)	6.15
PP/NR(50/50)	6.51
PP/NR(40/60)	5.95

Jadual 1 Pemalar dielektrik bagi sampel tulen YIG dan kedua-dua set komposit



Rajah 3 Graf pemalar dielektrik ( $\epsilon_r$ ) bagi komposit PP/NR (70/30) berpengisi dari 0 hingga 30 peratus berat YIG



Rajah 4 Graf pemalar dielektrik ( $\epsilon_r$ ) bagi komposit PP/NR yang berbeza berpengisi 15 peratus berat YIG

### KESIMPULAN

Perubahan kandungan pengisi YIG di dalam matriks PP/NR didapati mempengaruhi pemalar dielektrik komposit yang dikaji. Keputusan menunjukkan perubahan kandungan NR di dalam matriks PP/NR tidak memberikan sebarang pengaruh ke atas sifat elektrik semua komposit berpengisi malar.

## RUJUKAN

- Dupuis, V., Tuailon, J., Prevel, B. & Melinon, P. 1997. Magnetic interactions in transition metal clusters embedded in matrices prepared by LECBD technique. *Z. Phys. D.* **40** : 155 – 159.
- Ibrahim, A. & Dahalan, M. 1998. Thermoplastic natural rubber blends. *Prog. Polym. Sci.* **23** : 665 – 706.
- Jonscher, A. K. 1980. A many-body universal approach to dielectric relaxation in solids. Dlm. Goodman, C. H. L. (pnyt.). *Physics of Dielectric Solids*. London : Inst. of Physics.
- Kingery, W. D., Bowen, H. K. & Uhlmann, D. R. 1975. *Introduction to ceramics* (2<sup>nd</sup> edition). New York : John Wiley & Sons.
- Mustaffa, A. 1991. *Sains bahan. Jilid. 1*. Kuala Lumpur : Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Sahrim, A., Ibrahim, A. & Che Som, S. 1995. Blending of natural rubber with linear low-density polyethylene. *J. Applied Polymer Science.* **58** : 1125 - 1133.
- Sahrim, A., Ibrahim, A., Che Som, S., Kohiya, S. & Yoon, S. R. 1994. Natural rubber – HDPE blends with liquid natural rubber as a compatibilizer. I. Thermal and mechanical properties. *J. Applied Polymer Science.* **51** : 1357 - 1363.
- Sau, K. P., Chaki, T. K. & Khastgir, D. 1997. Conductive rubber composites from different blends of ethylene-propylene-diene rubber and nitrile rubber. *J. Materials Science.* **32** : 5717 – 5724.