

**PARAMETER KEHILANGAN PANTULAN (R_L) KOMPOSIT FERIT
($Li_{0.5}Fe_{0.5}$) $_{0.4}Ni_{0.3}Zn_{0.3}Fe_2O_4$ – TERMOPLASTIK GETAH ASLI**

SITI ATKAH ABDUL HAMID dan ABDUL AZIZ MANSOR

Universiti Teknologi MARA Cawangan Pahang, 26400 Bandar Jengka, Pahang.

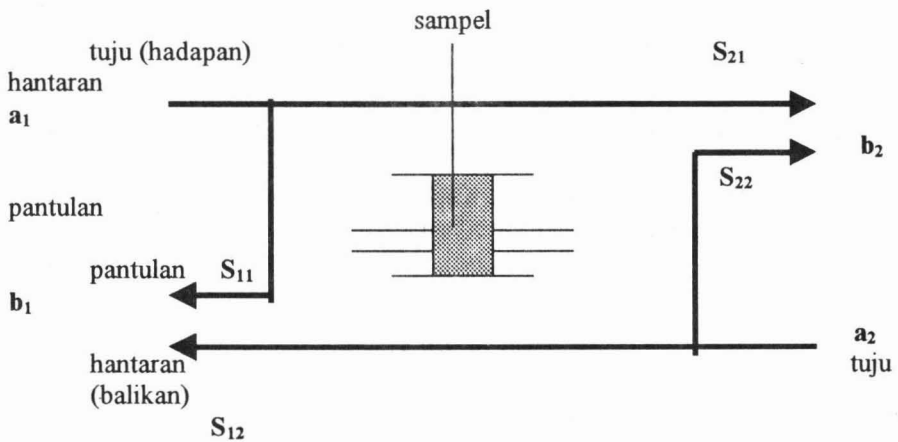
ABSTRAK

Ferit lithium-nikel-zink (LNZ) dengan formula molekul ($Li_{0.5}Fe_{0.5}$) $_{0.4}Ni_{0.3}Zn_{0.3}Fe_2O_4$ disediakan melalui kaedah keadaan pepejal di dalam udara. Termoplastik getah asli (TPNR) disediakan dengan kaedah adunan lebur getah asli (NR) dan polipropilena (PP) dengan getah asli cecair (LNR) sebagai pengserasi menggunakan mesin pengadunan dalaman Brabender. Komposit yang terdiri daripada matriks PP70/NR30 berpengisi dari 5 hingga 30 peratus berat ferit LNZ diadunkan dengan kaedah adunan lebur menggunakan mesin pengadunan dalaman Brabender. Kesan kandungan pengisi LNZ dan NR ke atas matriks PP/NR terhadap sifat penyerapan gelombang mikro masing-masing dikaji dengan menggunakan penganalisis rangkaian gelombang mikro (MVNA). Kehilangan pantulan (R_L) sangat dipengaruhi oleh kandungan pengisi ferit LNZ dan NR di dalam matriks PP/NR. Dua keadaan tanpa pantulan bagi kesemua sampel masing-masing berlaku pada julat frekuensi yang rendah dan tinggi. Keadaan tanpa pantulan bagi ferit LNZ tulen masing-masing dikaitkan dengan $|\epsilon_r^*| = |\mu_r^*|$ dan ketebalan bahan sebesar $\lambda/4$, manakala untuk matriks PP/NR dan komposit PP/NR/LNZ adalah dikaitkan dengan ketebalan bahan sebesar $\lambda/4$ dan $3\lambda/4$, dengan λ adalah panjang gelombang di dalam bahan tersebut.

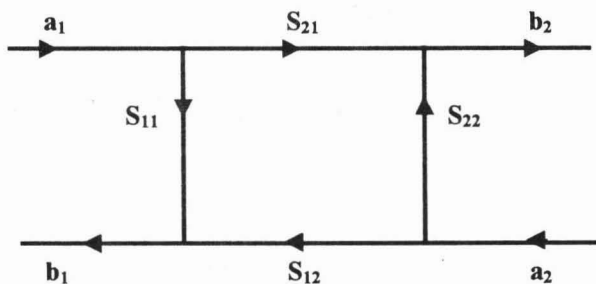
PENDAHULUAN

Kehilangan pantulan suatu sistem boleh diterangkan menggunakan parameter-parameter penyerakan system tersebut. Parameter penyerakan (Parameter S) yang merupakan nisbah di antara isyarat keluaran dan isyarat masukan diukur untuk mengenalpasti ciri rangsangan tersebut. Ini bermakna, parameter penyerakan juga merupakan suatu kuantiti kompleks. Empat parameter penyerakan yang diukur adalah S_{11}^* , S_{12}^* , S_{21}^* dan S_{22}^* . Notasi bagi subskrip parameter penyerakan ditulis sebagai $S_{\text{keluar-masuk}}$ iaitu nombor yang pertama (keluar) merujuk kepada terminal di mana isyarat keluar dan nombor yang kedua (masuk) merujuk kepada terminal di mana isyarat masuk. Definisi bagi parameter-parameter penyerakan telah diberikan secara skematik dalam Rajah 1 dan Rajah 2. Sebagai contoh (Scott 1993), $S_{11}^* = b_1^*/a_1^*$, merupakan kuantiti nisbah kompleks di antara medan elektrik isyarat keluaran pada terminal 1 (b_1^*) dan medan elektrik isyarat masukan pada terminal 1 (a_1^*) dengan syarat tiada isyarat masuk melalui terminal keluaran ($a_2^* = 0$). Kuantiti S_{11}^* dinamakan pekali pantulan. $S_{21}^* = b_2^*/a_1^*$ pula merupakan kuantiti nisbah kompleks di antara medan elektrik isyarat keluaran pada terminal 2 (b_2^*) dan medan elektrik isyarat masukan pada terminal 1 (a_1^*) dengan syarat tiada isyarat masuk melalui terminal keluaran ($a_2^* = 0$). Kuantiti S_{21}^* dinamakan pekali kehantaran yang mempunyai perkaitan dengan kehilangan sisipan atau gandaan (*gain*) sesuatu komponen. Dengan cara yang sama, $S_{12}^* = b_1^*/a_2^*$ ($a_1^* = 0$) merupakan pekali

kehantaran yang berkaitan dengan pemencilan (*isolation*) suatu komponen iaitu kuantiti yang menentukan berapa banyak kuasa terbocor dalam pengukuran arah bertentangan. Yang terakhir, $S_{22}^* = b_2^*/a_2^*$ ($a_1^* = 0$), suatu kuantiti yang berpadanan dengan S_{11}^* tetapi diperolehi daripada pengukuran dalam arah yang bertentangan. Memandangkan parameter penyerakan merupakan nisbah di antara medan elektrik isyarat masukan kepada medan elektrik isyarat keluaran, maka ia mengambil nilai di antara 0 dan 1. Jika $S_{11}^* = 1$ bermakna pantulan total berlaku, iaitu tiada isyarat yang dihantar melalui sesuatu sistem dan jika $S_{21}^* = 1$, tiada pantulan atau serapan berlaku dan keseluruhan isyarat dihantar melalui sesuatu sistem. Akan tetapi, jika $S_{11}^* = 0$, isyarat kemungkinan diserap secara total atau dihantar kesemuanya atau kedua-duanya berlaku sehingga tiada isyarat dipantulkan. Begitu juga jika $S_{21}^* = 0$, iaitu sama ada kesemua isyarat diserap atau dipantulkan. Hal yang sama juga adalah sah untuk S_{12}^* dan S_{22}^* . Suatu sistem yang memberikan perubahan (S_{11}^* , S_{21}^*) dan (S_{12}^* , S_{22}^*) yang sama terhadap frekuensi dalam mana-mana arah pengukuran dikatakan mempunyai sifat berbalik/bersaling iaitu nilai-nilai S yang tidak bergantung kepada arah perambatan gelombang. Sifat yang bertentangan adalah sifat tak berbalik iaitu nilai-nilai S berbeza dalam kedua-dua arah pengukuran.



Rajah 1 Definisi parameter-parameter penyerakan



Rajah 2 Cartalir parameter-parameter penyerakan berpadanan dengan

BAHAN-BAHAN DAN KAEDAH

Penyediaan bahan ferit LNZ

Sampel ferit $(Li_{0.5}Fe_{0.5})_{0.4}Ni_{0.3}Zn_{0.3}Fe_2O_4$ (LNZ) disediakan melalui tindakbalas keadaan pepejal di dalam udara menggunakan serbuk oksida-oksida logam LiO (99.5%), Fe_2O_3 (99.995%), NiO (99.995%), dan ZnO (99.999%) ditambahkan dengan 0.5 % berat bismuth oksida (Bi_2O_3) (99.998%) (Kishan et al. 1985 ; Mitra et al 1992). Serbuk-serbuk oksida tersebut seterusnya ditimbang mengikut kuantiti stoikiometri yang diperlukan dengan menggunakan neraca elektrik dan dikisar selama 2 jam dengan menggunakan lesung untuk memperolehi suatu campuran yang halus dan homogen. Seterusnya campuran yang telah homogen dimasukkan ke dalam mangkuk pijar untuk diprasinter pada suhu 800 °C selama 6 jam dalam relau dan kemudiannya disejukkan secara perlahan-lahan kepada suhu bilik. Untuk menjamin kehomogenan sampel, ferit yang telah disejukkan itu dikisar sekali lagi selama 2 jam dan kemudiannya disinter pada suhu 1050 °C selama 15 jam. Sampel tersebut sekali lagi disejukkan secara perlahan-lahan ke suhu bilik kemudiannya dikisar sekali lagi selama 2 jam untuk mendapatkan serbuk ferit LNZ.

Penyediaan matriks getah asli termoplastik (Matriks PP/NR)

Komposisi-komposisi matriks PP/NR yang disediakan mengikut peratus berat adalah 70% PP dan 30% NR (PP70NR30) dengan 10% berat LNR sebagai pengserasi dalam matriks-matriks PP/NR (Sahrim et al. 1994, Sahrim et al. 1995). Mesin pengadun leburan dalaman) dan pencampur digunakan untuk mengadunkan matriks tersebut.

Proses pengadunan dijalankan dengan kadar putaran 50 putaran perminit dan suhu pencampuran adalah 170 °C. Suhu ini dipilih berdasarkan suhu lebur PP (170 °C) dan getah asli (130 °C) bagi memastikan adunan PP dan NR adalah seragam (Ibrahim & Dahalan 1998). NR dimasukkan ke dalam Brabender dan dibiarkan selama 1 minit. Kemudian LNR dimasukkan pula dan dibiarkan berputar selama 2 minit. Pada minit keempat, PP dimasukkan dan dibiarkan selama 12 minit sebelum adunan dikeluarkan dari Brabender. Ketulan matriks PP/NR yang terhasil dihancurkan dengan menggunakan pengisar setelah dibiarkan matang selama 1 hari.

Penyediaan komposit PP/NR/LNZ

Dua set komposit PP/NR/LNZ telah disediakan dalam kajian ini. Set pertama adalah komposit yang terdiri dari matriks PP/NR (70/30) berpengisi ferit LNZ 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 LNZ di masukkan dengan kuantiti yang ditetapkan dan dibiarkan berputar selama 12 minit. Selepas itu komposit tersebut dikeluarkan dan ditekan dengan mesin penekan panas 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/LNZ 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 LNZ yang ditetapkan sebanyak 20 peratus berat. Peratusan berat pengisi ini dipilih berdasarkan keputusan kajian sifat elektrik di mana peratus berat kritikal pengisi LNZ di dalam komposit adalah 15 peratus berat. Kaedah penyediaannya sama seperti penyediaan set komposit pertama di atas.

Pengukuran sifat penyerapan gelombang mikro

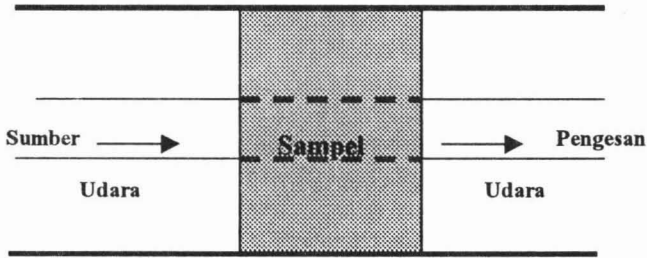
Bagi pengukuran sifat penyerapan gelombang mikro, sampel tulen ferit LNZ tulen dan komposit PP/NR/LNZ yang disediakan dimuatkan ke dalam salur udara (150 mm panjang) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3. Sampel LNZ tulen dan komposit PP/NR/LNZ ditebuk dan dimesin menggunakan mesin gerudi supaya berbentuk toroid dengan diameter luar 3.5 mm dan diameter dalam 1.6 mm. Kedudukan sampel toroid di dalam salur udara ditentukkan untuk tujuan pembetulan. Ujian dijalankan dalam julat frekuensi 0.3 GHz - 13.5 GHz menggunakan penganalisis rangkaian vektor gelombang mikro (MVNA Model HP 8719D dengan kuasa gelombang mikro 5 dBm (3 mW) pada terminal ujian. Pengukuran parameter-parameter penyerakan kompleks S_{11}^* dan S_{21}^* dilakukan oleh MVNA sebelum dianalisis oleh komputer secara automatik menggunakan perisian HP 85071 untuk memperolehi perubahan parameter-parameter ketelusan dielektrik relatif kompleks dan ketelapan magnet relatif kompleks terhadap frekuensi gelombang mikro yang dikenakan. Sebelum setiap pengukuran dilakukan, tentukur-penuh-dua-terminal dijalankan secara manual ke atas litar gelombang mikro bersama piawai-piawai bukaan, pintasan, beban dan salur udara. Ini untuk memastikan hasil-hasil pengukuran adalah bebas daripada ralat-ralat sistematik yang berpunca daripada direktiviti, padanan sumber, padanan beban, ransangan frekuensi dan kebocoran sinaran dalam kedua-dua arah pengukuran. Orientasi medan magnet luar ditetapkan dengan mengambil medan melintang yang bersudut tepat dengan arah perambatan gelombang mikro. Magnet kekal dan gelung elektromagnet digunakan untuk menjana medan tersebut. Dalam pencirian sifat penyerapan gelombang mikro dengan menggunakan penganalisis rangkaian vektor gelombang mikro, keputusan terakhir adalah mendapatkan kuantiti kehilangan pantulan (R_L) bagi sampel tulen ferit LNZ dan komposit PP/NR/LNZ yang disediakan. Kehilangan pantulan yang dikira adalah berdasarkan kepada model penyerap gelombang elektromagnet ruang bebas berlapis konduktor sempurna bagi bahan yang bersifat homogen.

Pekali pantulan bahan tersebut (Γ) didefinisikan sebagai

$$\begin{aligned} \Gamma &= (Z_{in}/Z_o - 1)/(Z_{in}/Z_o + 1) \\ &= \frac{[(\mu_r^*/\epsilon_r^*)^{1/2} \tanh(\gamma t) - 1]}{[(\mu_r^*/\epsilon_r^*)^{1/2} \tanh(\gamma t) + 1]} \end{aligned} \quad (1)$$

Kehilangan pantulan (R_L), dalam desibel (dB) boleh ditulis sebagai (Truong et al. 1998) :

$$R_L = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2)$$



Rajah 3 Gambarajah skema kedudukan sampel di dalam salur udara

Bagi penyerap sempurna, $\Gamma = 0$ menjadikan R_L tak terhingga iaitu kesemua gelombang elektromagnet yang tiba pada permukaan bahan diserap. Oleh yang demikian perubahan sifat penyerapan bahan ferit terhadap frekuensi gelombang mikro, komposisi bahan dan keadaan persekitaran dapat dikaji pada ketebalan bahan yang berbeza.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Kehilangan pantulan (R_L) yang diukur dalam kajian ini adalah parameter yang boleh menggambarkan penyerapan gelombang elektromagnet yang menuju pada permukaan satah penyerap sampel tulen dan komposit yang berlapikkan konduktor sempurna. R_L dikira dengan menggunakan simulasi komputer daripada nilai-nilai ϵ_r^* dan μ_r^* yang diperolehi daripada pengukuran. Nilai minimum bagi R_L membawa maksud magnitud gelombang yang dipantulkan adalah kecil ataupun kehilangan pantulan adalah maksimum. Kim et al. (1996) yang telah membuat kajian ke atas komposit getah – ferit Mn Zn menyatakan bahawa semakin rendah nilai R_L semakin baik sifat penyerapan bahan yang dikaji. Nilai minimum R_L yang dicadangkan bagi keadaan sepadan impedans adalah sekurang-kurangnya -30dB dan sangat bergantung kepada ketebalan sampel (t), ketelapan dielektrik relatif kompleks (ϵ_r^*), ketelusan magnet relatif kompleks (μ_r^*) dan panjang gelombang (λ) (Musal & Smith 1990).

Rajah 4 menunjukkan graf R_L sebagai fungsi kepada frekuensi untuk sampel-sampel komposit PP70NR30 berpengisi dari 5 hingga 30 peratus berat pengisi ferit LNZ. Plot bagi R_L sebagai fungsi kepada frekuensi bagi semua sampel komposit berpengisi 20 peratus berat ferit LNZ di dalam matriks PP/NR yang berbeza ditunjukkan dalam Rajah 5. Sampel tulen ferit LNZ menunjukkan dua keadaan frekuensi sepadan pada ketebalan yang berbeza di mana wujudnya R_L yang minimum. Keadaan sepadan pertama wujud dalam julat frekuensi rendah apabila $\epsilon_r^*t = 1\mu_r^*l$ pada ketebalan sampel $t = 5.45 \text{ mm}$, manakala keadaan sepadan yang kedua berlaku dalam julat frekuensi tinggi pada ketebalan sampel $t = 2.92 \text{ mm}$. Keadaan sepadan yang kedua

adalah berkaitan dengan seperempat panjang gelombang ($\lambda/4$ mm) yang bersamaan dengan ketebalan sampel berkenaan dimana λ adalah panjang gelombang yang merambat dalam sampel yang diberikan oleh persamaan $\lambda = \lambda_0 / \sqrt{(\epsilon_r^* \mu_r^*)}$, dimana λ_0 adalah panjang gelombang yang merambat dalam ruang bebas, ϵ_r^* dan μ_r^* masing-masing adalah magnitud bagi ϵ_r^* dan μ_r^* (Truong et al. 1998). Minimum R_L akan teranjak kepada frekuensi yang lebih rendah bagi semua sampel dengan ketebalan yang bertambah dan setiap ketebalan hanya mempunyai satu nilai R_L yang minimum (Ahmad Nazlim 2000). Keputusan kajian yang sama telah ditemui oleh Cho et al. (1996) ke atas sampel komposit ferit Ni-Zn-Co dan Truong et al. (1998) ke atas penyerap gelombang mikro berasaskan polipirol. Walaubagaimanapun kedua-dua keadaan sepadan berlaku pada ketebalan yang sama bagi sampel-sampel polimer PP/NR dan komposit dimana keadaan sepadan yang pertama mempunyai hubungan dengan seperempat panjang gelombang ($\lambda/4$ mm) manakala keadaan sepadan yang kedua pula berkait dengan tiga perempat panjang gelombang ($3\lambda/4$ mm). Ini menunjukkan bahawa pada ketebalan tertentu, wujud hanya satu nilai minimum R_L bagi sampel tulen ferit LNZ. Keputusan menunjukkan R_L yang minimum adalah bertambah dengan peningkatan kandungan pengisi ferit LNZ tulen di dalam matriks PP/NR. Keputusan ini adalah sesuai dengan kajian yang telah dibuat ke atas komposit ferit Mn Zn – getah oleh Kim et al (1996). Daripada Rajah 4 didapati bahawa sampel yang hanya mempunyai sifat dielektik iaitu matriks PP/NR menunjukkan penyerapan berlaku dalam julat frekuensi sempit. Sebaliknya sampel yang mempunyai kedua-dua sifat kehilangan dielektrik dan magnet menunjukkan penyerapan berlaku dalam julat frekuensi yang lebih lebar. Nilai sepadan bagi sampel tulen ferit LNZ berlaku pada ketebalan yang lebih nipis berbanding sampel-sampel PP/NR dan komposit, walaubagaimanapun keistimewaan komposit bermagnet yang dihasilkan ini adalah lebih mudah untuk dipasarkan secara komersial. Keistimewaan yang dimaksudkan ialah sifat magnet dan dielektrik yang dimilikinya, mudah dibentuk, ringan, bebas dari karat, elastik serta murah kalau dibandingkan dengan ferit tulen. (Johnson 2000). Kesan penambahan pengisi ferit LNZ ke atas sifat penyerapan gelombang mikro di dalam matriks PP/NR memainkan peranan penting dimana sifat penyerapan bagi matriks PP/NR dapat diubah. Kuasa penyerapan gelombang mikro pada kedua-dua keadaan sepadan didapati juga bergantung kepada kandungan NR dalam matriks PP/NR dimana nilai tersebut meningkat dengan peningkatan kandungan NR seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5.

Penyerapan maksimum pada keadaan sepadan yang berkaitan dengan $n\lambda/4$ berlaku pada ketebalan sampel tertentu. Pada keadaan ini, gelombang elektromagnet yang merambat secara normal ke atas permukaan sampel berlapikkan konduktor sempurna dan gelombang yang terpantul semula daripada bahan itu adalah di dalam keadaan berbeza fasa sebanyak 180° . Kedua-dua gelombang tersebut akhirnya saling membatalkan antara satu sama lain apabila berlaku interferens pada permukaan sampel – udara. Proses yang berlaku di dalam bahan bukan sahaja interferens di antara gelombang menuju dengan gelombang terpantul, tetapi juga bergantung kepada sifat penyerapan bahan yang menyebabkan amplitudnya menurun apabila gelombang menuju ke atas permukaannya dan seterusnya merambat di dalamnya. Fenomena tersebut tidak berlaku di dalam bahan bukan penyerap gelombang mikro. Daripada keputusan dalam kajian ini, penyerapan 100 % gelombang mikro (merujuk kepada beberapa nilai R_L) pada beberapa keadaan frekuensi sepadan, tidak terhasil walaupun

keadaan pantulan berlaku pada $n\lambda/4$. Ini adalah besar kemungkinan disebabkan oleh impedans yang tidak sepadan berlaku di permukaan sampel-udara.

KESIMPULAN

Nilai minimum bagi R_L sangat bergantung kepada kuantiti kandungan pengisi ferit LNZ dan NR di dalam matriks PP/NR dan juga ketebalan sampel. Keputusan menunjukkan dua keadaan frekuensi sepadan bagi R_L yang minimum berlaku untuk semua sampel yang dihasilkan. Keadaan yang pertama di dalam julat frekuensi yang rendah bagi sampel tulen ferit LNZ adalah berkait dengan $\epsilon_r * l = |\mu_r * l$ manakala keadaan frekuensi sepadan kedua di dalam julat frekuensi tinggi adalah berkait dengan $\lambda/4$ yang menyamai ketebalan sampel berkenaan dimana λ adalah panjang gelombang yang merambat dalam sampel. Sampel-sampel komposit pula menunjukkan kedua-dua keadaan frekuensi sepadan hanya berkait dengan $n\lambda/4$ yang bersamaan dengan ketebalan sampel berkenaan.

RUJUKAN

Ahmad Nazlim, Y. 2000. Penyediaan, pencirian dan kegunaan bahan ferit gelombang mikro Li-Ni-Zn. Tesis Ph. D. Universiti Kebangsaan Malaysia.

Cho, S.B., Kang D. H., & Oh J.H. 1996. Relationship between magnetic properties and microwave-absorbing characteristics of NiZnCo ferrite composites. *J. Materials Science*. **31** : 4719 - 4722.

Ibrahim, A. & Dahalan, M. 1998. Thermoplastic natural rubber blends. *Prog. Polym. Sci.* **23** : 665 – 706.

Johnson, R. N. 2000. Radar-absorbing material : A passive role in an active scenario. Reprinted from *The international countermeasure handbook*. 11th edition. (<http://www.randf.com/ramapriaas2.html>).

Kim, D. Y., Chung, Y. C., Kang, T. W. & Kim, H. C. 1996. Dependence of microwave absorbing property on ferrite volume fraction in Mn-Zn ferrite-rubber composites. *IEEE Trans. On Magn.* **32**(2) : 555 – 558.

Kishan, P., Sagar, D. R. & Swarup, P. 1985. Electrical conduction and dielectric behaviour in zinc-substituted lithium ferrites. *J. Less Common Met.* **108** : 345 - 351.

Mitra, R., Puri, R. K., & Mendiratta, R. G. 1992. Magnetic and electrical properties of hot-pressed Ni-Zn-Li ferrites. *J. Materials Science*. **27** : 1275 - 1279.

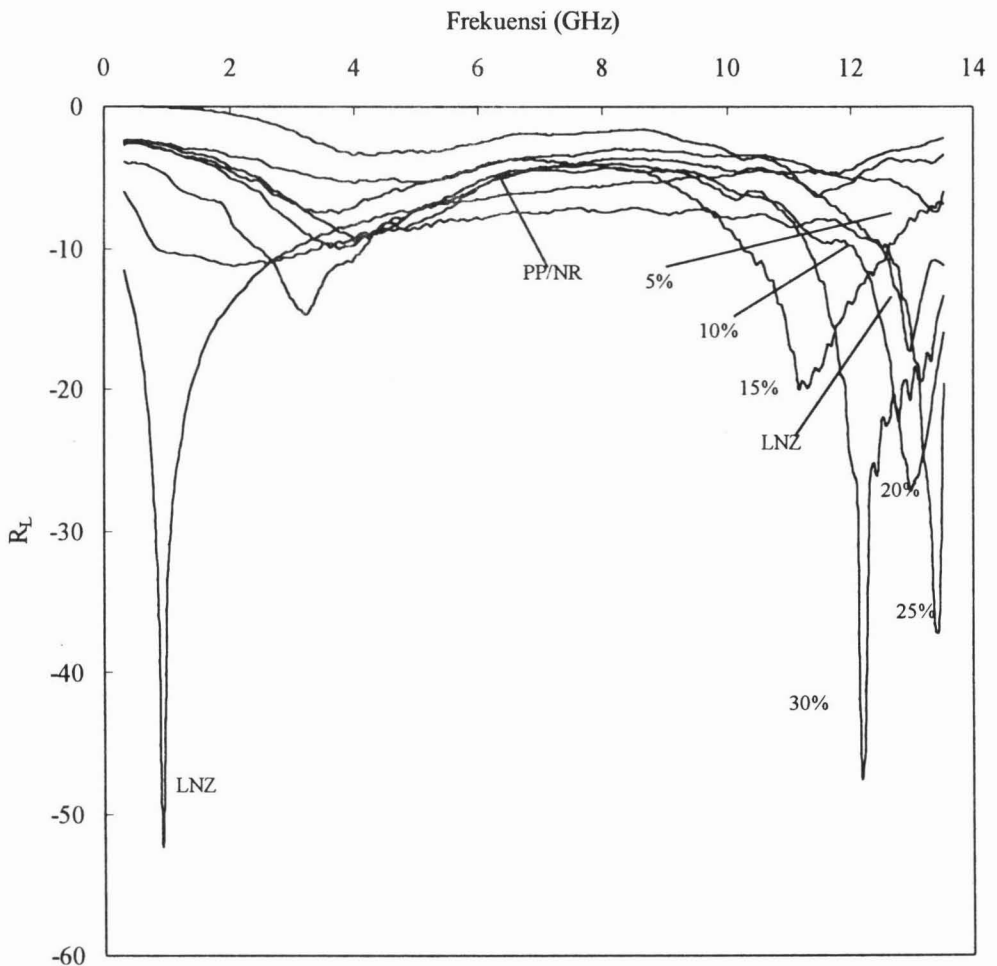
Musal, H. M. & Smith, D. C. 1990. Universal design chart for specular absorbers. *IEEE Trans. On Magnetics*. **26** : 1462 -1464.

Sahrim, A., Ibrahim, A. & Che Som, S. 1995. Blending of natural rubber with linear low-density polyethylene. *J. Applied Polymer Science*. **58** : 1125 - 1133.

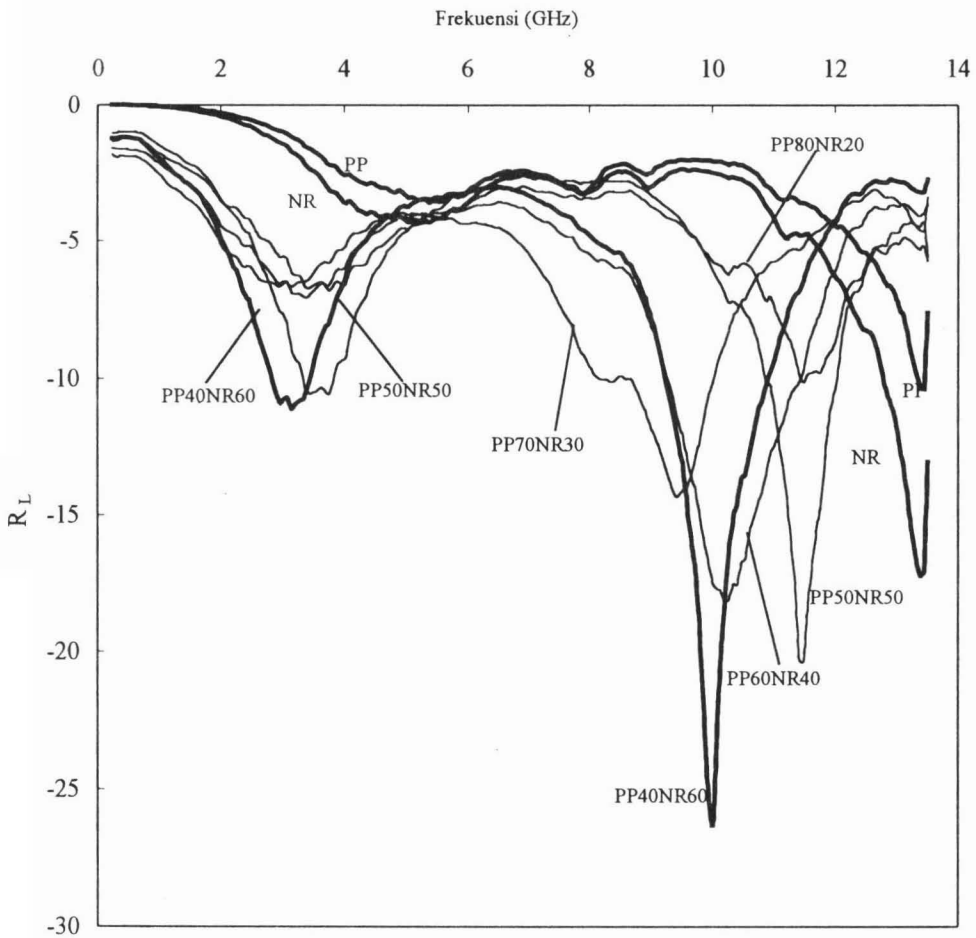
Sahrim, A., Ibrahim, A., Che Som, S., Kohiya, S. & Yoon, S. R. 1994. Natural rubber – HDPE blends with liquid natural rubber as a compatibilizer. I. Thermal and mechanical properties. *J. Applied Polymer Science*. **51** : 1357 - 1363.

Scott, A. W. 1993. *Understanding microwaves*. New York : John Wiley & Sons Inc.

Truong, V. T, Riddell, S. Z. & Muscat, R. F. 1998. Polypyrrole based microwave absorbers. *J. Materials Science*. **33** : 4971 – 4976.



Rajah 4 Plot kehilangan pantulan (R_L) bagi komposit PP70NR30berpengisi 5 hingga 30 peratus berat ferit LNZ



Rajah 5 Plot kehilangan pantulan (R_L) bagi komposit PP/NR yang berbeza berpengisi 20 peratus berat ferit LNZ