



Analisis densitas, kuat tarik dan kekuatan magnet dari *rubber magnet* yang dibuat dari Ba-Ferrite dan *silicon rubber*

Giyanto Giyanto ^{a,1}, Mulyadi Mulyadi ^a

^aJurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1 Pamulang, Tangerang Selatan, Banten, 15417, Indonesia

¹E-mail: dosen01287@unpam.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 13 September 2020

Direvisi pada 26 September 2020

Disetujui pada 17 November 2020

Tersedia daring pada 30 November 2020

Kata kunci:

Magnet fleksibel, Ba-Ferrit, *silicon rubber* kuat tarik, kuat medan magnet.

Keywords:

Flexible magnet, Ba-Ferrite, silicon rubber tensile strength, magnetic field strength.

ABSTRAK

Rubber magnet merupakan material maju yang dapat dipolarisasi secara magnetis yang tertanam dalam matriks karet lunak. *Rubber magnet* diaplikasikan sebagai komponen pada pintu atau jendela sebagai pengunci dan *sealer*, atau sebagai material perekat antara dua komponen, serta sebagai komponen motor listrik DC yang kecil. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh komposisi *silicon rubber* terhadap sifat fisis, mekanik (kuat tarik) dan sifat kemagnetannya atau kekuatan magnet. *Rubber magnet* dibuat dengan menggunakan partikel magnet Ba-Ferrite ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) dan *silicon rubber* (SR) sebagai perekat dengan komposisi 5%, 10%, 20% dan 30% berat SR. Kedua bahan baku tersebut dicampur hingga homogen, kemudian dibentuk dengan metode tuang. Selanjutnya sampel yang telah dibentuk dalam bentuk lembaran dikeringkan pada suhu kamar selama 2 jam. Karakterisasi sampel yang dilakukan meliputi pengukuran densitas, pengujian kuat tarik, dan kuat medan magnet menggunakan Gauss meter. Berdasarkan hasil karakterisasi bahwa dengan meningkatnya komposisi SR nilai densitas cenderung menurun, namun nilai kuat tarik dan elongasi cenderung meningkat hingga komposisi 20% SR, kemudian menurun pada komposisi 30% SR. Artinya semakin banyak kandungan SR maka fleksibilitasnya cenderung meningkat. Berdasarkan pengukuran kuat magnet menunjukkan bahwa sampel dengan komposisi SR yang semakin meningkat maka nilai kuat medan magnet cenderung menurun.

ABSTRACT

Rubber magnets are advanced, magnetically polarized materials embedded in a soft rubber matrix. They are applied as components in doors or windows as locks and sealers, or as an adhesive material between two components, and as a component of a small DC electric motor. This research was conducted to determine the effect of the composition of silicon rubber on its physical, mechanical (tensile strength) and magnetic properties or magnetic strength. Rubber magnets are made by using magnetic particles Ba-Ferrite ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) and silicon rubber (SR) as an adhesive with a composition of 5%, 10%, 20% and 30% by weight of the SR. The two raw materials are mixed until homogeneous and then formed by the casting method. Furthermore, the samples that had been formed in sheet form were dried at room temperature for 2 hours. The sample characterization includes measurement of density, tensile strength test, and magnetic field strength using a Gauss meter. Based on the characterization results, with the increase in the SR composition the density value tended to decrease, but the tensile strength and elongation values tended to increase up to the composition of 20% SR, then decreased at the composition of 30% SR. This means that the more SR content, the flexibility tends to increase. Based on the measurement of magnetic strength using a Gauss meter, it shows that samples with an increasing SR composition, the value of the magnetic field strength tends to decrease.

Tersedia pada: <http://dx.doi.org/10.36055/tjst.v16i2.9074>

1. Pendahuluan

Bahan magnet permanen terbuat dari senyawa besi oksida seperti *Barium Ferrite* atau *Strontium Ferrite* dengan rumus $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ atau $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ dan disebut *hard magnet ferrite* atau magnet permanen [1, 2]. Kedua bahan magnet tersebut memiliki sifat magnet yaitu remanensi (Br) sekitar 3 - 4 kGauss, kuat medan



magnet sekitar 400 – 500 Gauss dan produk energi [BH] maks sekitar 5 MGOe [2, 3]. *Rubber* magnet tergolong material komposit yang menggunakan bahan pengisi berupa partikel magnetik dan sebagai matrik adalah polimer sejenis *rubber*. *Rubber* magnet merupakan material magnetik yang bersifat lentur dan memiliki fleksibilitas yang baik. Jenis polimer *rubber* yang digunakan ada beberapa macam antara lain *rubber* alami atau *latex* dan *rubber* sintesis seperti *nitril rubber*, *silicon rubber* dan jenis elastomer lainnya [4, 5]. Sedangkan partikel magnetik umumnya material magnet permanen, dan partikel jenis ini ada beberapa macam yaitu berbasis logam paduan AlNiCo dan SmCo, berbasis logam tanah jarang NdFeB dan berbasis oksida keramik yaitu Ba-Ferrit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) [6, 7]. Ba-Ferrit tergolong material yang paling murah dibandingkan dengan ketiga jenis material magnet tersebut, dan memiliki sifat yang unggul dibandingkan dengan ketiga bahan magnet. Keunggulan dari Ba-Ferrit adalah memiliki suhu *curie* yang cukup tinggi (450°C), sehingga dapat tahan panas pada aplikasinya, dan tahan korosi serta jauh lebih stabil, walaupun dilihat sifat magnetnya memang Ba-Ferrit memiliki sifat magnet yang lebih rendah [7]. Material magnet berbasis Ba-Ferrit walaupun sudah lama sekali dikenal, dan banyak diaplikasikan, tetapi masih banyak dilakukan penelitian secara global, karena material magnet Ba-Ferrit memiliki keunggulan disamping seperti dijelaskan di atas, juga masih terbuka luas aplikasinya untuk dikaji mulai dari aplikasi yang paling sederhana sampai ke aplikasi yang modern misalnya sebagai material sensor, penyerap gelombang mikro, sampai sebagai filter mikroba [5]. Matsuo *et al.* (2016) melaporkan bahwa magnet permanen ferrit merupakan material yang paling atraktif, murah stabil, sampai sekarang masih digunakan untuk komponen pada pengembangan produk *synchronous* motor dimasa depan, karena performa *synchronous* motor menggunakan magnet ferrite hampir sama dengan menggunakan magnet logam tanah jarang yang jauh lebih mahal [8]. Elzbieta dan Robert (2015) melaporkan hasil reviewnya bahwa magnet permanen ferrit masih menarik untuk dilakukan penelitian di masa mendatang karena faktor yang sangat penting tidak hanya dari segi ilmiah saja tetapi juga dari segi ekonomi, segi tingginya kesetabilan terhadap suhu dan ketersediaan bahan baku [9].

Rubber magnet juga merupakan kelompok material maju yang terdiri dari partikel yang dapat dipolarisasi secara magnetis yang tertanam dalam matriks karet lunak. Keuntungan dari *rubber* magnet dapat dibentuk menjadi bentuk yang kompleks, sifat magnetik yang baik. Bahan-bahan ini telah menarik minat yang cukup besar di banyak bidang. Selain itu, sifat-sifatnya dapat dimodifikasi untuk kebutuhan aplikasi tertentu [6]. Beberapa penulis telah melakukan penelitian pembuatan magnet terikat atau karet berdasarkan Sr-Ferit atau Ba-Ferit menggunakan berbagai polimer karet dimana sifat magnet sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter antar lain ukuran partikel magnet dan variasi *loading* faktor atau komposisi *rubber matrix* [10,11]. *Rubber* magnet banyak digunakan sebagai komponen pada pintu atau jendela sebagai pengunci dan *sealer*, atau sebagai material perekat antara dua komponen [5]. *Rubber* magnet belum diproduksi di dalam negeri, hampir 100% masih diimport. Sedangkan bahan baku untuk pembuatan *rubber* magnet cukup banyak tersedia di dalam negeri, seperti misalnya polimer *rubber* alami banyak dihasilkan oleh perkebunan karet di dalam negeri, begitu pula bahan magnetik sebagai partikel magnetik dapat dibuat dengan menggunakan bahan baku di dalam negeri seperti misalnya sebagai sumber besi (Fe) atau Fe_2O_3 dapat diperoleh dari pasir besi maupun mineral hemat [12-14]. Untuk memenuhi kebutuhan *rubber* magnet di masa akan datang, maka perlu dilakukan penelitian dan pengembangan dalam bidang manufaktur, agar dapat dikuasai teknologi manufaktur *rubber* magnet, sehingga diharapkan kedepan muncul suatu industri *rubber* magnet di dalam negeri.

Teknologi manufaktur *rubber* magnet sangat sederhana, berbeda dengan teknologi pembuatan *bulk* magnet yang memerlukan parameter-parameter yang lebih kompleks. Pembuatan magnet komposit ini dapat dilakukan dengan teknologi sederhana hanya dengan mencampurkan polimer dan serbuk magnet. Sifat-sifat fisis, mekanik dan sifat magnet dari *rubber* magnet sangat tergantung beberapa faktor antara lain jenis partikel magnetik, jenis polimer yang digunakan dan komposisi partikel magnetik yang digunakan [15, 16]. Sifat akhir *rubber* magnet tidak hanya bergantung pada sifat bahan pengisi tetapi juga pada sifat bahan matriks [17, 18]. Densitas maupun kekuatan magnet selalu menjadi tolak ukur untuk mengevaluasi kualitas dari material magnet berprekate, seperti dilakukan pada Sardjono *et al.* (2017), bahwa densitas cenderung meningkat dengan semakin meningkatnya komposisi partikel magnet, bila densitas meningkat maka akan ada korelasinya dengan nilai kekuatan magnet bahan tersebut, yaitu akan semakin besar pula nilai kuat magnetnya [19]. Begitu pula Kruzalak *et al.* (2017) dalam penelitian tentang *rubber* magnet Sr-Ferrit dengan menggunakan *butadien rubber*, menjelaskan pentingnya parameter densitas, kuat tarik dan sifat magnet, yang ketiganya menunjukkan adanya korelasi, dimana kuat tarik rata-rata dihasilkan dalam rentang 20 - 24 N/mm² dan elongasi mencapai 100 - 150%, sifat ini diperlukan untuk mengevaluasi sifat kelenturan dari *rubber* magnet yang dibuat [20]. Tujuan utama dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi *silicon rubber* terhadap sifat fisis, mekanik (kuat tarik) dan sifat kemagnetannya atau kekuatan magnet.

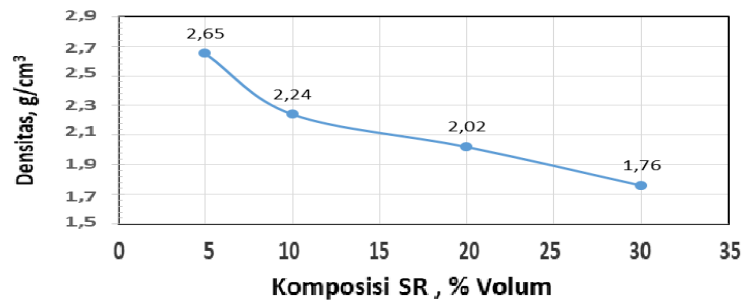
2. Metodologi Penelitian

Material *rubber* magnet permanen yang dibuat dari campuran polimer *silicon rubber* RTV 52 dengan partikel magnetik Ba-Ferrit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) komersial. Komposisi pencampuran divariasikan yaitu komposisi *silicon rubber* (SR) adalah 5%, 10%, 20% dan 30% (dalam % volume). Adapun peralatan proses dan alat uji yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain alat-alat gelas, timbangan digital, lembar kaca untuk pencetakan sampel, mesin uji tarik (kapasitas hidraulik 2 tonf, menggunakan motor penggerak 2 HP/220 VAC), dan Gauss meter (catu daya 4 buah AA alkaline, LCD display, range: 30kG, 3kG, 300G dengan resolusi 10G, 1G, 0.1G). Bahan baku *silikon rubber* dan serbuk Ba-Ferrite ditakar sesuai dengan komposisi *silikon rubber* (SR) dan volume total bahan 50 cm³, kemudian kedua bahan baku tersebut dicampur hingga merata secara manual menggunakan sendok spatula, kemudian dituangkan kedalam cetakan berukuran 10 x 15 x 0,3 cm dan selanjutnya dikeringkan pada suhu ruang selama 2 jam. Kemudian sampel dalam bentuk lembaran (10 x 15 x 0,3 cm) dipotong–potong sesuai ukuran benda uji. Untuk pengujian densitas dan kuat medan magnet diperlukan ukuran sampel 3 x 3 x 0,3 cm. Sedangkan untuk uji tarik digunakan sampel dengan ukuran total panjang 12 cm dan total lebar 3 cm. Pengujian dilakukan meliputi uji densitas, uji tarik (kuat tarik dan elongasi), serta uji sifat magnet menggunakan Gauss meter.

3. Hasil dan Pembahasan

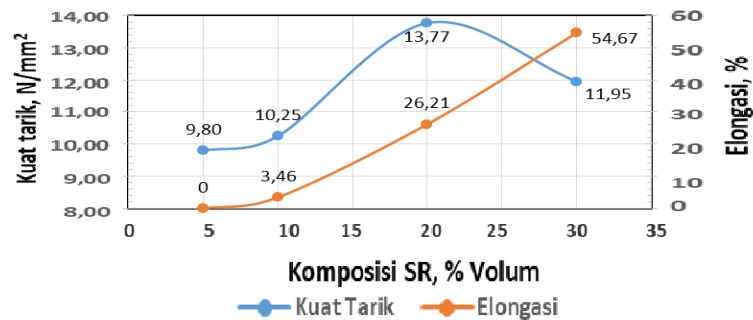
Sampel *rubber* magnet dengan variasi komposisi yang telah dicetak dan telah dilakukan proses aging, kemudian dilakukan pengujian densitas. Metode pengukuran densitas dilakukan dengan menimbang massa sampel dan mengukur dimensi lembaran sampel, kemudian dihitung dan diperoleh volume sampel, maka nilai densitas dapat dihitung berdasarkan perbandingan massa dan volume sampel. Nilai hasil pengukuran sampel *rubber* magnet dengan variasi komposisi diperlihatkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan pola penurunan nilai densitas sampel *rubber* magnet dengan meningkatnya persentase komposisi SR. Hal ini sesuai dengan teori densitas komposit, bahwa nilai densitas dari Ba-Ferrit sekitar 4,7 g/cm³ yang jauh lebih besar dibandingkan densitas *silicon rubber* yang hanya sekkitar 1,35 g/cm³, sehingga semakin banyak penambahan komponen SR maka nilai densitas campuran

kedua bahan akan cenderung menurun. Berdasarkan Gambar 2 diperoleh nilai densitas tertinggi $2,65 \text{ g/cm}^3$ pada komposisi 5% SR dan densitas terendah diperoleh nilai sebesar $1,76 \text{ g/cm}^3$ pada sampel dengan 30% SR. Bila dibandingkan hasil dari penelitian Markovičová dan Zatkalková (2019) dan Kruzela *et al.* (2017) menunjukkan pola perubahan yang sama dengan rentang nilai sekitar 1,8 – 2,95, sehingga dibandingkan dengan hasil yang diperoleh di penelitian ini tidak begitu jauh perbedaannya [18, 20].



Gambar 2. Kurva hubungan densitas terhadap persentase *silicon rubber* (SR).

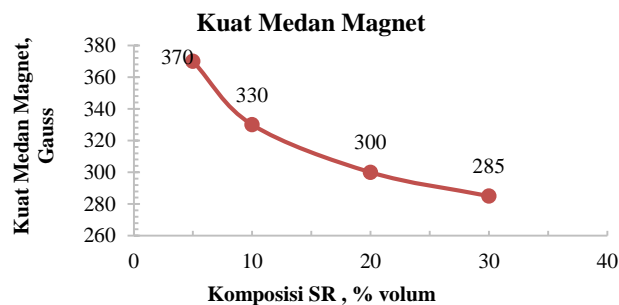
Hasil pengukuran sifat mekanik melalui pengujian kuat tarik menggunakan mesin UTM (*universal testing machine*) dari sampel *rubber magnet* dengan berbagai variasi komposisi SR diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva hubungan kuat tarik dan elongasi terhadap persentase *silicon rubber* (SR).

Dari hasil pengujian tarik diperoleh dua parameter uji yaitu kuat tarik pada saat putus dan nilai persentase perubahan panjang pada saat putus atau elongasi seperti terlihat pada Gambar 3. Sampel dengan kuat tarik tertinggi diperoleh sebesar $13,77 \text{ N/mm}^2$ dengan elongasi sebesar $26,21\%$ pada sampel dengan komposisi 20% SR. Semakin besar komposisi SR maka nilai elongasinya semakin besar. Hal ini dikarenakan sifat dari *silicon rubber* yang mudah untuk mulur. Akan tetapi bila jumlah komposisi SR semakin besar sampai 30% maka nilai kuat tariknya menurun. Ketika di bawah komposisi 20% SR memiliki nilai elongasi menurun, serta nilai kuat tariknya semakin mengecil. Karena pada sampel dengan 5% sampai dengan 10% SR menunjukkan kondisi sampel cenderung masih kaku (*rigid*) dan diatas 15% SR maka sampel memiliki sifat fleksibilitas yang tinggi atau masih lentur. Atas dasar tersebut sampel yang masih lentur memiliki elongasi yang besar yaitu mulai dari $26,21\%$ sampai $54,67\%$. Hasil kuat tarik dan elongasi penelitian ini dibandingkan dengan hasil dari Kruzela *et al.* (2017) memang lebih rendah, karena penulis tersebut menggunakan *butadien rubber*, sedangkan penelitian ini menggunakan *silicon rubber* [20].

Pengukuran sifat magnet dilakukan menggunakan menggunakan Gauss meter untuk mengetahui nilai kekuatan magnet dari sampel *rubber magnet* Ba-Ferrit seperti hasilnya diperlihatkan pada Gambar 4. Besarnya nilai kekuatan magnet sangat bergantung seberapa besar fraksi partikel magnetik yang berada di dalam material komposit *rubber magnet*, dimana material *silicon rubber* tergolong material nonmagnetik. Berdasarkan hasil pengukuran kuat medan magnet seperti terlihat pada Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin banyak persentase SR, maka nilai kuat medan magnetnya semakin turun. Hal ini dikarenakan *silicon rubber* tergolong nonmagnetik material yang menyebabkan penurunan sifat magnet. Secara teori kuat medan magnet Ba-Ferrit sekitar 400 – 500 Gauss untuk jenis isotropik Ba Ferrit [1,5].



Gambar 4. Kurva hubungan kuat medan magnet terhadap persentase *silicon rubber* (SR).

Hasil pengukuran kuat medan magnet yang dihasilkan dari penelitian ini dalam rentang 285 - 370 Gauss menggunakan partikel Ba-Ferrit magnet. Bila dibandingkan dengan nilai hasil penelitian Suprapedi *et al.* (2020) menunjukkan rentang nilai yang lebih tinggi yaitu 290 – 420 Gauss [1]. Material yang digunakan pada penelitian ini tergolong isotropik Ba-Ferrit. Dari hasil penelitian ini untuk *rubber magnet* yang *rigid* (kaku) diperoleh nilai kuat medan

magnet sebesar 370 Gauss dan 330 Gauss pada sampel masing-masing 5% SR dan 10% SR, sedangkan untuk sampel *rubber* magnet yang lentur (fleksibel) diperoleh nilai kuat medan magnet sebesar 300 Gauss dan 285 Gauss pada sampel masing-masing 20% SR dan 30% SR.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian telah berhasil dibuat *rubber* magnet dengan menggunakan partikel magnetik Ba-Ferrit dan perekatnya *silicon rubber* (SR), serta dari variasi komposisi diperoleh dua jenis *rubber* magnet yaitu *rigid rubber* magnet dengan komposisi 5% SR dan 10% SR dan fleksibel *rubber* magnet dengan komposisi 20% SR dan 30% SR. Komposisi persentase *silicon rubber* memberikan pengaruh signifikan terhadap densitas, kuat tarik, elongasi dan sifat magnet. Sampel *rigid rubber* magnet memiliki densitas 2,44 – 2,65 g/cm³, kuat tarik sebesar 9,80 – 10,25 N/mm² dan kuat medan magnet sebesar 330 - 370 Gauss, sedangkan sampel fleksibel *rubber* magnet memiliki densitas 1,76 - 2,02 g/cm³, kuat tarik sebesar 11,95 – 13,77 N/mm² dan kuat medan magnet sebesar 285 - 300 Gauss.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suprapedi, Muljadi, & Ramlan. (2020). Effect of silicon rubber composition on mechanical and magnetic properties of rubber composite Sr-ferrite magnet. *AIP Conference Proceedings: The 1st International Conference on Physics and Applied Physics (The 1st ICP&AP) 2019: Fundamental and Innovative Research for Improving Competitive Dignified Nation and Industrial Revolution 4.0*, vol. 2221, no. 1, pp. 110005.
- [2] Ramlan, Muljadi, Sardjono, P., Setiabudidaya, D., & Gulo, F. (2019). Influence of addition Ba-Ferrite on the hardness, magnetic properties and corrosion resistance of hybrid bonded magnet NdFeB. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series: 7th Asian Physics Symposium 29–31 August 2017, Bandung, Indonesia*, vol. 1204, pp. 012013.
- [3] Kostishyn, V., Korovushkin, V., & Isaev, I. (2017). Study of the features of the magnetic and crystal structures of the BaFe₁₂-X AlxO₁₉ and BaFe₁₂-x GaxO₁₉ substituted hexagonal ferrites. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 1, no. 5(85), pp. 10-15.
- [4] Mokhtar, N., Abdullah, M., & Ahmad, S. (2012). Structural and magnetic properties of type-M Barium Ferrite-thermoplastic natural rubber nanocomposites. *Sains Malaysiana*, vol. 41, no. 9, pp. 1125–1131.
- [5] Pullar, R. C. (2012). Hexagonal ferrites: A review of the synthesis, properties and applications of hexaferrite ceramics. *Progress in Materials Science*, vol. 57, no. 7, pp. 1191–1334.
- [6] Jiang, W., Li, W., Lou, J., & Wu, S. (2018). Study on magnetic properties of magnetic materials with multiple factors. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, vol. 1087, no. 5, pp. 052026.
- [7] Malkinski, L. (2012). *Advanced Magnetic Materials*. Rijeka: InTech Janeza Trdine.
- [8] Matsuo, K., Matsuhashi, D., Fujihara, H., & Takeda, I. (2016). Development for Practical High Performance Ferrite magnet Motors. *Meiden Review Series*, vol. 167, no 2, pp. 11-14.
- [9] Wyslocka, E., & Ulewicz, R. (2015). Magnets: History, the current state and the future. *Metal Conference: 24th International Conference on Metallurgy and Materials At: Brno, CZECH REPUBLIC*.
- [10] Kruželák, J., Sýkora, R., Dosoudil, R., & Hudec, I. (2014). Rubber composites with incorporated magnetic filler. *Polymery*, vol. 59, pp. 819-824.
- [11] Ismail, H., Sam, S. T., Noor, A. F. M., & Bakar, A. A. (2007). Properties of ferrite-filled natural rubber composites. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, vol. 46, no. 6, pp. 641–650.
- [12] Kikuchi, T., Okazaki, Y., & Ikeda, K. (2005). Fine iron oxide powder as a raw material of soft ferrites. *JFE Technical Report*, no. 6, pp. 29-34.
- [13] Tadic, M., Panja, M., Tadic, B. V., Lazovic, J., Damnjanovic, V., Kopani, M., & Kopanja, L. (2019). Magnetic properties of hematite (α -Fe₂O₃) nanoparticles synthesized by sol-gel synthesis method: The influence of particle size and particle size distribution. *Journal of Electrical Engineering*, vol. 70, no. 7S, pp. 71–76.
- [14] Ovalioglu, H., Sozeri, H., Kabaer, M., & Kucuk, I. (2010). Magnetic properties of nano-crystalline barium ferrite synthesized by different synthesis route. *Acta Physica Polonica A*, vol. 118, no. 5, pp. 1020-1021.
- [15] Zhang, H. & Cloud, A. (2006). The permeability characteristics of silicone rubber. *The 2006 SAMPE Fall Technical Conference, Global Advances in Materials and Process Engineering”, proceedings, Coatings and Sealants Section, November 6 – 9*.
- [16] Przybylski, M., Ślusarek, B., Bednarczyk, T., & Chmiel, G. (2019). Magnetic and mechanical properties of strontium ferrite and Nd-Fe-B rubber bonded permanent magnets. *ACTA Physica Polonica A*, vol. 136, no. 5, pp. 685-688.
- [17] Sinuhaji, P., Muljadi, Sardjono, P., Lingga, E., & Piliang, A. F. (2018). The effect of composite bonded magnet NdFeB/BaFe₁₂O₁₉ composition with an addition of bakelite to physical and magnetic properties. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series: The 8th International Conference on Theoretical and Applied Physics 20–21 September 2018, Medan, Indonesia*, vol. 1120, pp. 012026.
- [18] Markovičová, L., & Zatkalíková, V. (2018). Composites with rubber matrix and ferrimagnetic filling. *System Safety: Human - Technical Facility – Environment CzOTO*, vol. 1, no. 1, pp. 776-781.
- [19] Sardjono, P., Muljadi, Suprapedi, Sinuaji, P., Ramlan & Gulo, F. (2017). Effect of composition polymeric PVB binder on physical, magnetic properties and microstructure of bonded magnet NdFeB. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series: 2nd International Symposium on Frontier of Applied Physics (ISFAP 2016) 3–5 October 2016, Jakarta, Indonesia*, vol. 817, pp. 01205.
- [20] Kruzalak, J., Hudec, I., Dosoudil, R. (2017). Magnetic composites based on butadiene rubber and strontium ferrites. *MOJ Polymer Science*, vol. 1, no. 5, pp. 161–167.