

PENGARUH WAKTU MILLING TERHADAP SIFAT MAGNETIK PASIR BESI PANTAI LAMPANAH ACEH BESAR

Malahayati¹, Syarifah Fathmiyah¹, Irhamni¹, Fauzi¹

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111

Email: malahayati@unsyiah.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian terhadap pasir besi yang berasal dari Pantai Lampanah Aceh Besar. Dalam penelitian ini pasir besi dimiling dengan variasi waktu milling 0 jam, 5 jam, 10 jam dan 15 jam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh lama waktu milling terhadap sifat magnetik pasir besi tersebut. Data XRD menunjukkan bahwa fasa yang dominan dalam pasir besi Lampanah adalah Fe_3O_4 . Proses milling membuat ukuran butir pasir besi menjadi semakin kecil, namun pengaruhnya terhadap ukuran kristal tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat dilihat dari perubahan ukuran kristal yang hampir tidak berubah untuk waktu milling yang berbeda. Meningkatnya fasa Fe_3O_4 disebabkan oleh proses liberasi atau pembebasan senyawa Fe_3O_4 yang ada dalam pasir besi dari pengotornya. Dari data uji magnetik terlihat bahwa lama waktu milling mempengaruhi sifat magnetik dari pasir besi. Sampel yang mengalami proses milling mengalami penurunan magnetisasi saturasi, sementara medan koersif meningkat seiring meningkatnya waktu milling. Berikutnya, data hasil penelitian juga menunjukkan bahwa semakin lama waktu milling, magnetisasi remanen material semakin meningkat. Hal ini menunjukkan adanya perbaikan sifat magnetik dari pasir besi yang mengalami proses milling dengan waktu yang berbeda. Perbaikan sifat magnetik ini disebabkan oleh peningkatan jumlah fasa Fe_3O_4 yang merupakan material feromagnetik. Ditinjau dari bentuk loop histeresisnya, maka material magnetik yang diperoleh dari pasir besi lampanah Leungah tergolong *soft magnetic*, dimana jika dilihat dari nilai medan koersifnya dapat diaplikasikan sebagai *magnetic recording*.

Kata Kunci: Pasir besi, medan koersif, saturasi magnetik, loop histeresis.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah kepulauan yang memiliki pantai yang cukup luas. Salah satu hasil alam yang dapat dimanfaatkan dari kawasan pantai tersebut adalah pasir besi. Pasir besi merupakan sumber material magnetik yang cukup melimpah di seluruh wilayah Indonesia. material ini umumnya berwarna hitam karena mengandung mineral magnetik seperti magnetit, hematite dan maghemit. Mineral magnetik banyak sekali digunakan dalam pengembangan berbagai perangkat dalam kehidupan modern seperti dalam bidang elektronika, energi, kimia, ferofluida, katalis, dan diagnose medik. Pasir besi yang telah dipisahkan dari material non magnetik juga banyak digunakan sebagai bahan dalam pabrik baja, bahan peleburan besi dan juga campuran semen. Pasir besi dapat juga telah dimanfaatkan sebagai bahan dasar pada sintesis bahan multiferroik $BiFeO_3$ [1]. Maulinda dkk, juga telah menggunakan magnetit yang berasal dari pasir besi untuk menurunkan temperatur desorpsi MgH_2 yang digunakan sebagai material penyimpan hidrogen [2].

Salah satu daerah di Indonesia yang ketersediaan sumber daya alam pasir besinya cukup melimpah adalah daerah Aceh. Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan terhadap pasir besi yang ada di pesisir pantai Aceh terlihat bahwa pasir besi dari daerah ini sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai sumber material magnetik. Kajian yang dilakukan terhadap pasir besi yang berasal dari pantai Krueng Raya Aceh Besar [3] dan kawasan pantai Syiah Kuala Banda Aceh [4] menunjukkan bahwa kandungan mineral utama dalam pasir yang terdapat di daerah tersebut adalah mineral magnetit (Fe_3O_4) dan diikuti oleh mineral ikutan seperti Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , SO_3 dan SiO_2 . Hal yang sama diperoleh dari hasil penelitian Sarniah, dkk yang melakukan kajian terhadap kandungan mineral pasir pantai Leungah, Lampanah Kabupaten Aceh Besar [5].

Selama ini, pasir besi dari daerah tersebut hanya dimanfaatkan sebagai bahan campuran untuk pembuatan semen. Padahal Dinas Pertambangan dan Energi Aceh memasukkan pasir besi sebagai komoditi bahan galian Unggulan Aceh.

Pasir besi merupakan salah satu sumber material magnetik. Mineral seperti magnetite (Fe_3O_4), hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) and maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) yang biasanya terkandung dalam pasir besi telah digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi industri [6]. Kajian terhadap sifat magnetik dari pasir besi sangat diperlukan agar diperoleh karakteristik dari pasir besi tersebut dan peluangnya untuk diolah menjadi material magnetik.

Jalil, dkk menunjukkan adanya perubahan sifat magnet dari pasir besi yang ukuran kristalnya dibuat lebih kecil [3]. Agar dapat diketahui lebih jauh hubungan antara perubahan sifat magnetik dan ukuran kristal dan ukuran butir, maka dilakukan kajian terhadap sifat magnetik pasir besi yang ada di lampanah Aceh Besar dan hubungannya dengan dengan ukuran partikel pasir besi.

Menurut Sunaryo [7] variabel yang ikut mempengaruhi sifat magnetik dari material adalah ukuran kristal. Untuk memperoleh pasir besi dengan ukuran kristal yang bervariasi dapat digunakan proses milling, yakni dengan melakukan variasi waktu milling. Dalam tulisan ini akan dibahas tentang pengaruh waktu milling terhadap sifat magnetik pasir besi yang berasal dari Lampanah. Variasi waktu milling diberikan selama 0 jam (tanpa milling, hanya dilakukan separasi magnetik), 5 jam, 10 jam dan 15 jam.

2. METODE PENELITIAN

Persiapan sampel

Sampel pasir besi yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari pantai Leungah Lampanah Aceh Besar. Sampel dibersihkan dari berbagai kotoran dan kemudian dijemur hingga kering. selanjutnya dilakukan separasi magnetik untuk memisahkan pasir besi dari material lainnya.

Proses separasi magnetik dilakukan dengan cara menempatkan batang magnet dibawah selembur kertas. Kemudian pasir yang sudah dibersihkan dan dikeringkan dituangkan sedikit demi sedikit di atas kertas. Pasir yang ditarik oleh magnet, yang merupakan pasir besi, dapat dipisahkan dengan pasir yang tidak ditarik magnet atau bukan pasir besi.

Proses Milling dan Karakterisasi

Pasir besi hasil separasi magnetik kemudian dibagi menjadi empat bagian. Masing-masing bagian diberi perlakuan milling dengan waktu yang berbeda yaitu 0 jam (tanpa milling), 5 jam, 10 jam dan 15 jam. Perangkat milling yang digunakan adalah *Planetary ball mills* (Fritsch, P6) dengan perbandingan bola terhadap sampel 10:1 dan kecepatan putaran 350 rpm.

Berikutnya sampel diuji sifat kemagnetannya dengan menggunakan permagraph. Permagraph akan memberikan gambaran loop histeresis dari sampel. Dari loop histeresis tersebut dapat dianalisa sifat magnetik dari sampel.

Pengujian fasa dan ukuran kristal dilakukan dengan menggunakan perangkat XRD (*X-Ray Diffraction*, Shimadzu D6000, Cu-K α radiation $\lambda = 1,54060 \text{ \AA}$). Sampel di scan dari sudut 2θ sebesar $10^\circ - 80^\circ$. Data yang diperoleh berupa jarak antar bidang, intensitas dan sudut (2θ) yang kemudian dicocokkan dengan data pola difraksi sinar-X JCPDS (*Joint Committee for Powder Diffraction Standart*) sehingga senyawa yang ada dalam sampel dapat diidentifikasi. Selanjutnya dapat diplot grafik hubungan antara sudut 2θ dengan intensitas relatif yang terukur yang disebut sebagai difragtogram [8].

Data yang diperoleh dari uji XRD dapat digunakan untuk mencari ukuran kristal dengan menggunakan persamaan Scherer berikut [9]:

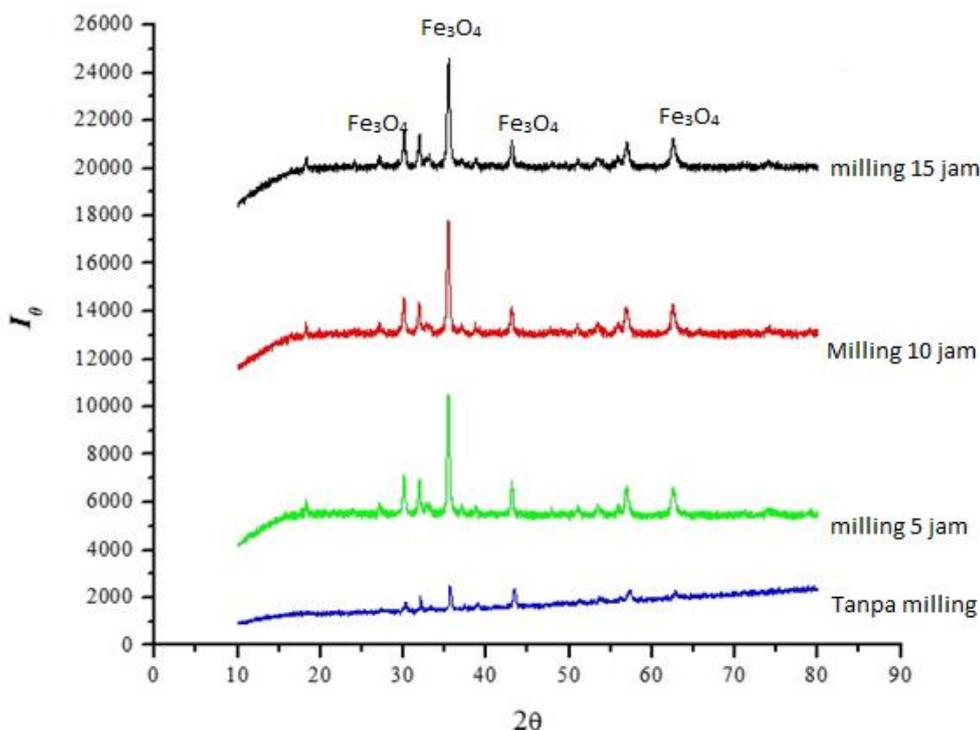
$$D = \frac{K\lambda}{B \cos\theta}$$

Dimana λ adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan dan θ adalah sudut difraksi. K adalah konstanta yang besarnya tergantung pada faktor bentuk kristal, bidang (hkl) difraksi, dan definisi besaran β yang digunakan, apakah sebagai *Full Width at Half Maximum (FWHM)* atau *Integral Breadth* dari puncak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji XRD

Hasil uji XRD memperlihatkan bahwa fasa yang dominan dalam sampel pasir besi pada penelitian ini adalah berupa magnetit atau Fe_3O_4 , seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Dari gambar terlihat bahwa proses milling menyebabkan puncak-puncak Fe_3O_4 menjadi lebih tinggi. Menurut Ermrich [10] intensitas dari fasa tertentu yang ditunjukkan oleh grafik XRD sebanding dengan jumlah fasa tersebut dalam fasa campurannya. Hal ini berarti bahwa proses milling menyebabkan jumlah fasa magnetit bertambah dalam sampel pasir besi tersebut. Penambahan ini disebabkan oleh adanya pembebasan atau liberasi senyawa magnetit dari pengotornya. Proses milling menyebabkan ukuran butir menjadi tereduksi. Proses ini dapat membebaskan atau meliberasi material magnetik, dalam hal ini magnetit (Fe_3O_4), dari pengotornya, sehingga jumlah senyawa ini menjadi meningkat dalam sampel pasir besi.



Gambar 1. Hasil uji XRD pasir besi.

Ukuran kristal sampel dapat diperoleh dari data XRD yang dihitung dengan menggunakan persamaan Scherer, dan hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil penelitian ini juga memperlihatkan bahwa waktu milling 5, 10 dan 15 jam tidak berpengaruh terlalu signifikan terhadap ukuran kristal. Hal ini dapat dilihat dari perubahan ukuran kristal yang tidak terlalu besar ketika waktu millingnya bertambah, terutama pada saat waktu milling 5 dan 10 jam. Ini berarti bahwa jika ingin mengamati adanya perubahan yang signifikan pada ukuran kristal pada pasir besi, maka sampel perlu dimilling dalam waktu yang lebih dari 15 jam.

Hasil Uji Sifat Kemagnetan

Hasil uji sifat kemagnetan ditunjukkan melalui loop hysteresis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Loop hysteresis merupakan hubungan antara H (medan luar yang diberikan) dan J (Intensitas magnet), yang menyatakan hubungan antara induksi magnet (B) atau intensitas magnet (J) pada bahan dengan medan magnet luar yang menimbulkannya. Loop histeresis memberikan informasi menyangkut sifat

magnetik melalui beberapa variabel yaitu magnetisasi remanen remanen, medan koersif dan magnetisasi saturasi, seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa parameter yang dapat diperoleh dari hasil penelitian.

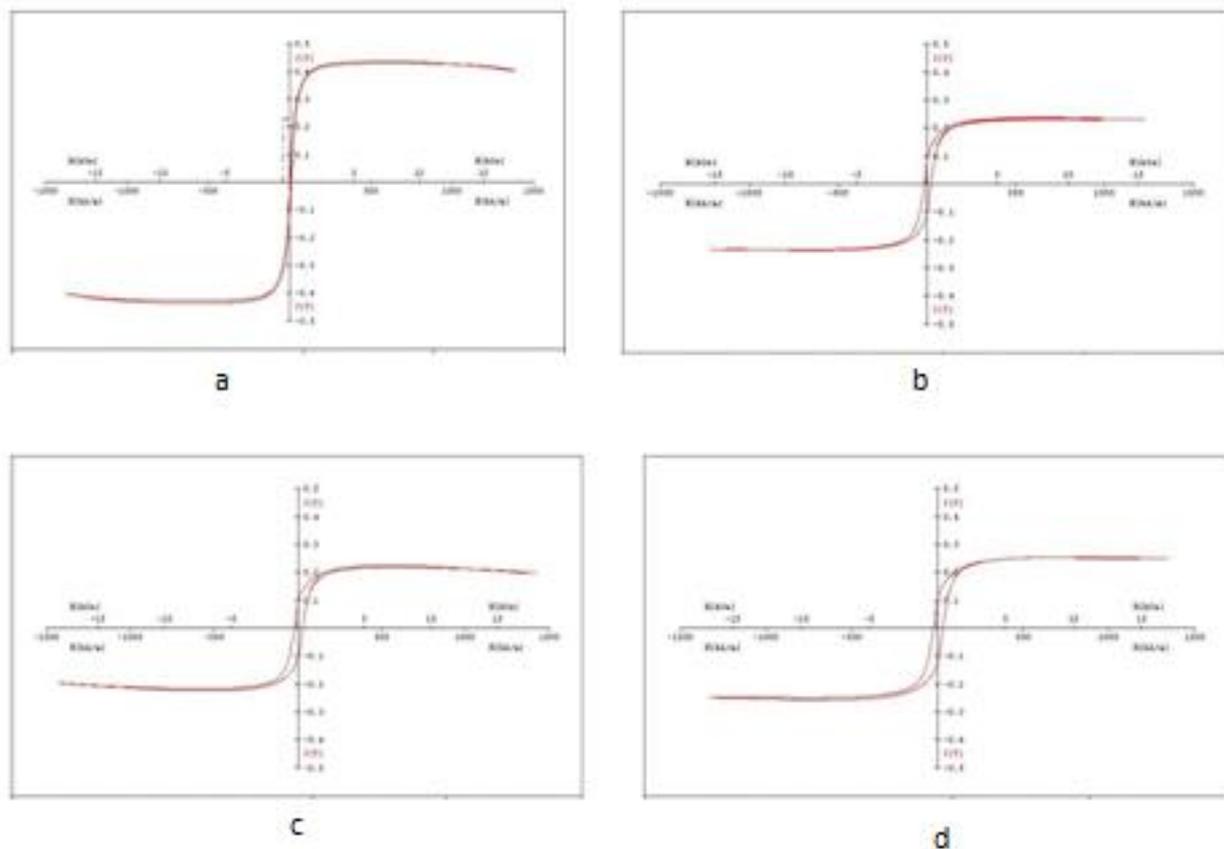
No	Waktu milling	Magnetisasi remanen (Tesla)	Medan koersif (kA/m)	Magnetisasi saturasi (Tesla)	Mr/Ms	Ukuran kristal (nm)
1	0 jam	-0.029	1.89	0,42	-0,07	23.65
2	5 jam	0.078	13.48	0,21	0,34	24.43
3	10 jam	0.087	20.28	0,20	0,41	23.77
4	15 jam	0.101	23.55	0,23	0.48	21.86

Gambar 2a merupakan loop hysteresis dari sampel pasir besi yang tidak mengalami proses milling. Grafiknya melingkupi luasan yang sangat sempit. Hal ini berbeda dengan yang terlihat pada Gambar 2b, 2c dan 2d. Gambar tersebut merupakan loop hysteresis untuk sampel yang dimiling dengan waktu milling 5, 10 dan 15 jam. Sifat kemagnetan dari sampel yang telah dimiling ditunjukkan loop hysteresis yang melingkupi suatu luasan yang lebih luas dari sampel yang tidak di milling.. Menurut Van Vlack [11] hasil kali antara medan magnetik dan induksi magnetik adalah energi per satuan volume. Maka daerah yang dilingkupi oleh loop hysteresis menyatakan jumlah energi yang diperlukan untuk menyelesaikan satu siklus magnetisasi, atau energi yang diperlukan untuk melakukan magnetisasi dan demagnetisasi pada suatu bahan magnetik. Jika ditinjau dari luas daerah yang dilingkupi oleh loop hysteresis, maka material magnetik yang terdapat dalam pasir besi Lampanah tergolong material magnetik lunak atau *soft* magnetik. Ini berarti proses magnetisasi dan demagnetisasinya dapat dilakukan dengan mudah karena energi yang dibutuhkan tidak terlalu besar. Menurut Craik, bahan dapat digolongkan sebagai softmagnetik bila memiliki medan koersif yang memiliki nilai 20 sampai dengan 40 kA/m [12]. Dalam penelitian ini sampel yang dimiling dengan waktu milling 10 dan 15 jam memiliki nilai medan koersif yang berada dalam *range* material *softmagnetic*. Hal ini semakin memperkuat bahwa adanya peluang untuk menjadikan pasir besi yang berasal dari Lampanah sebagai material softmagnetik yang aplikasinya sangat luas dalam bidang teknologi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai magnetisasi remanen mengalami peningkatan dari sampel dengan waktu milling berturut-turut 0, 5, 10 dan 15 jam. Semakin lama waktu milling, semakin tinggi nilai magnetisasi remanennya. Ini menunjukkan bahwa sifat kemagnetan yang dimiliki oleh pasir besi semakin baik dengan bertambahnya waktu milling. Hal ini disebabkan oleh semakin besarnya induksi magnetik bahan yang tersisa ketika medan luar diiadakan atau dinolkan [13].

Selanjutnya nilai medan koersif juga menunjukkan kecenderungan meningkat, seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Semakin besar waktu milling, semakin besar medan luar yang diperlukan untuk membuat intensitas magnetik bahan menjadi nol. Nilai magnetisasi saturasi untuk keempat sampel dapat dilihat pada Gambar 3. Magnetisasi saturasi untuk sampel dengan waktu milling 0 jam memiliki nilai sebesar 0,42 T, terpaut cukup jauh dengan sampel yang dimiling 5,10 dan 15 jam yang memiliki nilai saturasi yang hampir sama yaitu berturut-turut sebesar 0,21 T, 0,20 T dan 0,23 T.

Sifat magnetik yang cenderung meningkat pada sampel yang digunakan dalam penelitian ini tidak terlalu dipengaruhi oleh ukuran kristal. Karena seperti telah disebutkan di atas, waktu milling yang digunakan dalam penelitian ini tidak mempengaruhi ukuran kristal secara signifikan. Tetapi lebih dipengaruhi oleh berkurangnya ukuran butir dari pasir besi sehingga terjadi proses liberasi atau pembebasan senyawa-senyawa magnetit dari pengotornya. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Satria dan kawan-kawan yang menunjukkan bahwa kandungan Fe umumnya bertambah ketika ukuran butir menurun [14]. Dengan demikian, jumlah senyawa magnetit, yang merupakan bahan ferromagnet, menjadi lebih meningkat jumlahnya meningkat seiring dengan meningkatnya waktu milling. Hal ini juga diperkuat oleh hasil plot grafik XRD, seperti yang telah dijelaskan di atas, dan rasio nilai magnetisasi remanen dan magnetisasi saturasi (Mr/Ms) seperti yang terlihat pada Tabel 1. Semakin lama waktu milling, nilai Mr/Ms semakin besar yang berarti bahwa sampel semakin bersifat ferromagnetik yang bersesuaian dengan sifat yang dimiliki oleh material magnetit Fe₃O₄ [15].



Gambar 2. Loop hysteresis untuk sampel pasir besi, (a) waktu milling 0 jam, (b) waktu milling 5 jam, (c) waktu milling 10 jam, (d) waktu milling 15 jam.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Peningkatan waktu milling dalam penelitian ini menyebabkan meningkatnya nilai magnetisasi remanen dan medan koersif dari sampel pasir besi. Sementara nilai magnetisasi saturasi mengalami penurunan. Ukuran kristal juga mengalami penurunan, namun penurunannya tidak terlalu signifikan. Semakin lama waktu milling, sampel semakin menunjukkan sifat feromagnetik yang bersesuaian dengan sifat material magnetit Fe_3O_4 . Hasil XRD menunjukkan makin lama waktu milling, maka jumlah fasa magnetit Fe_3O_4 semakin besar karena mengalami proses liberasi atau pembebasan dari material pengotor lainnya. Dari nilai medan koersif yang dimiliki, maka sampel dengan waktu milling 10 dan 15 jam digolongkan sebagai material *softmagnetic*.

Saran

Hal yang masih perlu dilakukan untuk melengkapi hasil penelitian ini adalah melakukan pengujian terhadap unsur yang terkandung dalam sampel dengan waktu milling yang berbeda. Kandungan unsur dalam sampel ikut mempengaruhi sifat kemagnetan suatu bahan. Hal lain yang perlu dikaji adalah pengaruh temperatur terhadap sifat kemagnetan pasir besi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifani, Mariya, Baqiya, Malik A, Darminto, 2012, Sintesis Multiferroik $BiFeO_3$ Berbasis Pasir Besi dengan Metode Sol Gel, *Jurnal Sains dan Seni ITS* Vol 1, ISSN: 2301-928X.

- [2] Maulinda, dkk, 2016, The effect of Magnetite(Fe_3O_4) Catalyst from Iron Sands on Desorption Temperature of MgH_2 Hydrogen Storage Material, *Jurnal Natural* Vol 16, No. 1, ISSN 1141-8513.
- [3] Jalil, Zulkarnain, dkk, 2014, Preparasi Serbuk Nanokristal (Fe_3O_4) dari Pasir Besi menggunakan Planetary Ball Mill (PBM), *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol 02, No. 01.
- [4] Jalil, Zulkarnain, dkk, 2014, Study Komposisi Fasa dan Sifat Kemagnetan Pasir Besi Pesisir Pantai Aceh yang dipreparasi dengan Metode Mechanical Milling, *Indonesian Journal of Applied Physics*, Vol 04. No. 1, ISSN: 2089-0133
- [5] Saniah, Purnawan, Syahrul, Karina, Sofyatuddin, 2014, Karakteristik dan Kandungan Mineral Pasir pantai Lhok Mee, Beureunut dan Leungah Kabupaten Aceh Besar, *Depik*, 3(3): 263-270 ISSN 2089-7790.
- [6] Yulianto, Agus, dkk, 2003, Comparative Study on Magnetic Characterization of Iron Sand From Several Location in Central Java, *Indonesian Journal of Physics*, Vol. 14 No. 2
- [7] Sunaryo, et.all, 2015, Various Magnetic Properties of Magnetite Nanoparticles Synthesized from Iron-Sands by Coprecipitation Method at Room Temperature, *Material Science Forum* Vol 827.
- [8] Husin, H. (2016). Fotokatalitik Dekomposisi Air Menjadi Hidrogen Sebagai Energi Bersih dan Ramah Lingkungan. 6(January), 13–19. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/289056036>
- [9] Patterson, A. L. (1939). Scherrer Formula.pdf. *Physical Review*, Vol. 56, p. 978
- [10] Ermrich, Martin, et. All, 2013, XRD for the Analysts, PANalytical B.V., Almelo.
- [11] Van Vlack, Lawrence H., 2004, Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material, ed. vi, Erlangga, Jakarta.
- [12] Craik, D., 1995, Magnetism Principles and Applications, John Wiley & Sons Ltd, New York
- [13] Jatmika, Jumaeda, 2014, Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Struktur dan Sifat Magnetik Material Mn-Zn Ferit, *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY*, Yogyakarta.
- [14] Satria, Bijaksana, et all, 2021, Magnetic susceptibility and grain size distribution as prospective tools for selective exploration and provenance study of iron sand deposits: A case study from Aceh, Indonesia, *Heliyon* (7), hal.2 – 8.
- [15] Pauzan, Muh., dkk, 2003, Pengaruh Ukuran Butir dan Struktur Kristal terhadap sifat kemagnetan pada Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4), *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVII HFI Jateng & DIY*, Solo.