Asian Journal of
Science, Technology, Engineering, and Art

e-ISSN : 3025-4507
p-ISSN : 3025-5287
Index : Harvard, Boston, Sydney University, Dimensions, Lens, Scilit, Semantic, Google, etc

https://doi.org/10.58578/AJSTEA.v1i2.2036

SINTESIS PIGMEN MERAH HEMATIT (α-FE2O3) DARI PASIR BESI DENGAN METODE KOPRESIPITASI DAN HIDROTERMAL: A REVIEW

Synthesis of Hematite Red Pigment (α-Fe2O3) from Iron Sand via Coprecipitation and Hydrothermal Method: A Review

Destriani Umi Lestari
Universitas Negeri Padang
destrianiaja@gmail.com

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Oct 2, 2023	Oct 21, 2023	Oct 27, 2023	Nov 2, 2023

Abstract

The purified natural iron sand contains magnetic dioxide particles to produce ferric ions (Fe3+) which can be used as precursors for the synthesis of the red pigment hematite. Hematite red pigment synthesis was carried out by coprecipitation method with NaOH precipitating agent and hydrothermal.The optimum pH of the hematite red pigment synthesis reaction using the coprecipitation method is pH 6. At pH 6 it will produce a hematite red pigment with higher brightness. By the hydrothermal method Fe3O4 added 50 mL HCl (12,063 M) in a beaker. The filtrates are added boric acid with varying concentrations of 0.1 M; 0.3 m; 0.5 M and 1.0 M at a volume ratio of 1:1. Gradually the solution is supplemented with NH4OH 6 M until a solution with a pH of 8 is obtained at a constant temperature of 70oC. The formed

AJSTEA Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

precipitate is put in the microwave for 10 minutes with a pressure of 90P. The characterization was carried out using XRD to see the crystal structure of the product and UV-Vis to see the absorption wavelength.und is the anatase phase.

Keywords : Iron Sand, Hematite (α-Fe2O3) Red Pigment

Abstrak : Pasir besi alami yang dimurnikan mengandung partikel magnetik dioksida untuk menghasilkan ion besi (Fe3+) yang dapat digunakan sebagai prekursor untuk sintesis hematit pigmen merah. Sintesis pigmen merah hematit dilakukan dengan metode kopresipitasi dengan zat pencetus NaOH dan hidrotermal. PH optimum reaksi sintesis pigmen merah hematit dengan metode kopresipitasi adalah pH 6. Pada pH 6 akan menghasilkan pigmen merah hematit dengan kecerahan yang lebih tinggi. Dengan metode hidrotermal.

Kata Kunci : *Pasir Besi, Hematit (a-Fe2O3) Pigmen Merah*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber daya alam melimpah misalnya bahan tambang pasir besi. Pasir besi merupakan jenis pasir yang kaya akan kandungan besi (Fe). Sumatera barat termasuk daerah dengan kandungan pasir besi yang melimpah, misalnya di daerah Pesisir selatan, Pasaman, Pariaman dan Sijunjung *(Aini et al., 2020).* Pasir besi umumnya terdapat dalam bentuk teroksidasi seperti magnetit (Fe_3O4), maghemit (γ-Fe_2O_3), dan hematit (α-Fe_2O_3). Salah satu pemanfaatan pasir besi dengan nilai jual yang lebih tinggi adalah dimanfaatkan untuk sintesis pigmen *(Wahyuni et al., 2022).*

Namun pemanfaatan pasir besi sebagai sumber daya alam belum optimal. Total keseluruhan pasir besi di Indonesia kurang lebih mencapai 3,36 miliar ton dengan kandungan bijih logam sekitar 1.01 miliar ton. Cadangan bijih besi Indonesia diperkirakan sekitar 87,2 juta ton dimana kandungan logamnya sekitar 21,8 juta ton. Pasir besi di Indonesia memiliki komposisi kimia seperti Fe2O3 (hematite), Fe3O4 (magnetite), FeTiO3 (ilmenite), SiO2 (kuarsa) dan beberapa senyawa lain. Biasanya, pasir besi yang di ekspor masih dalam keadaan mentah sehingga memiliki nilai ekonomis yang rendah*(Al Hadi, 2010).*

Oksida besi dan oksida-hidroksida tersebar luas di alam dan banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, misalnya; seperti bijih besi, katalis, pigmen warna, dll. Oksida besi

dapat dimanfaatkan untuk membuat berbagai jenis pigmen warna, seperti merah, kuning, hitam, biru, oranye, dan coklat tergantung dari komposisi kimianya. Pigmen warna dari oksida besi memiliki kelebihan seperti sifatnya tidak beracun, stabilitas kimia dan banyak variasi warna yang dihasilkan *(Mufti et al., 2014)*.

Hematit (α-Fe2O3) memiliki sifat sukar terkorosi sehingga cocok untuk aplikasi seperti sensor gas, katalis, baterai lithium ion, dan pigmen. Keunggulan pigmen hematit diantaranya rendah polusi lingkungan, tidak beracun, stabilitas kimia, kemampuan pewarnaan yang tinggi, daya penutup dan ketahanan yang baik *(Dwi Septityana et al., 2013)*. Kemurnian dan sifat pigmen anorganik dari oksida besi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya sumber besi oksida, metoda sintesis, pH sintesis dan suhu kalsinasi *(Khoiroh et al., 2013)*.

Hematit merupakan bentuk mineral besi (III) oksida (α- Fe2O3) yang memiliki warna coklat kemerahan dan bersifat antiferromagnetik. Hematit (α-Fe2O3) memiliki struktur kristal trigonal dengan gugus ruang R-3c dan parameter kisi a = 5,0356 Å serta c = 13,7489 Å. pemanfaatan Nanopartikel hematitdapat mencakup banyak hal seperti digunakan sebagai pigmen untuk cat, pelabelan dan pelacakan sel target menggunakan magnetic resonance imaging (MRI), serta untuk obat penargetan sel kanker *(Mufti et al., 2014)*.

Telah ditemukan berbagai metoda untuk mensintesis nanopatikel hematit diantaranya reduksi kimia, sol-gel, hidrotermal, flow injection, solvotermal, microwave-kalsinasi, metode poliol, dan kopresipitasi. Dibandingkan dengan metode lain, kopresipitasi relatif lebih sederhana, relatif mudah dan relatif murah namun parameter yang harus diperhatikan yaitu lama pemanasan, lama penggilingan, dan ekstraksi, serta kalisinasi *(Fahlepy et al., 2018)*.

Kopresipitasi merupakan metode pengendapan, dimana suatu zat yang dapat larut, akan tersangkut atau membentuk endapan selama pengendapan zat yang diinginkan. Namun dalam metode kopresipitasi ini sulit mendapatkan meterial dengan kemurnian tinggi. Metode kopresipitasi banyak digunakan dalam penelitian dikarenakan prosesnya mudah untuk mengontrol ukuran partikel dan cukup menggunakan suhu rendah sehingga waktu yang dibutuhkan juga lebih cepat. Selain penggunaan yang mudah metode kopresipitasi digunakan dengan tujuan agar butir yang dihasilkan memiliki ukuran nanometer, dimana material nanometer memiliki berbagai kelebihan dibandingkan dengan material bulk *(Wahyuni et al., 2022)*.

Selain metode kopresipitasi sintesis pigmen merah hematit juga dapat disintesis dengan metode hidrotermal yang juga memiliki kelebihan yaitu homogenitas, kemurnian yang baik, temperatur sintering yang lebih rendah, dan berukuran nanopartikel. Kelebihan lain metode ini yaitu sedikit gumpalan antar partikel, menghasilkan ukuran partikel yang relatif seragam, dan morfologi partikel yang terkontrol dan kemurnian produk yang tinggi selain itu teknik ini sangat murah dan sederhana. Namun kelemahan dari metode ini adalah membutuhkan waktu yang relatif lama *(Al Hadi, 2010)*.

Metode hidrotermal banyak dikenal dan menarik perhatian para peneliti. Sehingga Metode ini banyak digunakan dalam proses ekstraksi berbagai jenis logam-logam oksida. Menurut Hayashi dan Hakuta (2010) material-material sudah banyak yang berhasil disintesis pada keadaan air superkritis*(Al Hadi, 2010)*.

METODE

Pendekatan dalam penelitian ini menggunakan jenis penelitian yang berupa studi literatur atau studi kepustakaan. Menurut Mardalis (1999) dalam R.S.W Hartanto (bahwa studi literatur dapat ditempuh dengan jalan mengumpulkan referensi yang terdiri beberapa penelitian terdahulu yang kemudian dikompilasi untuk menarik kesimpulan (Hartanto & Dani, 2016). Hasil kompilasi dari beberapa penelitian terdahulu digunakan untuk menyimpulkan metode yang baikk untuk mensintesis pigmen merah hematit (α-Fe_2O_3).

HASIL

Table di bawah merupakan hasil review yang di peroleh dengan studi literstur atau studi kepustakaan dengan cara mengumpulkan referensi yang terdiri dari beberapa penelitian terdahulu yang selanjutnya dikompilasi untuk di tarik kesimpulannya.

Table 1. Tuliskan deskripsi tabel

Metode	Puncak XRD
Hidrotermal	Puncak tertinggi pada uji XRD yaitu 33,159
Kopresipitasi	Puncak tertinggi pada uji XRD yaitu 35,7

PEMBAHASAN

1. Prekursor FeCl3 dari variasi perbandingan kelarutan massa serbuk besi dengan konsentrasi HCl.

Variasi perbandingan massa serbuk besi dilakukan untuk mengetahui presentase serbuk besi yang bereaksi dengan larutan HCl paling tinggi. Pada penelitian yang telah dilakukan, prekursor ferri disintesis dengan cara mereaksikan pasir besi murni dengan HCl volume yang sama yaitu masing masing 10 mL , massa serbuk besi murni yang berbeda yaitu 1 g, 1,5 g, dan 2 g, molaritas HCl yang berbeda yaitu 4 M, 5 M dan 6 M. Reaksi yang terjadi adalah sebegai berikut :

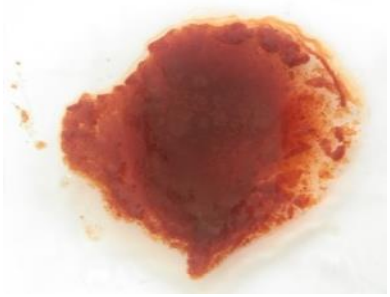
$2Fe_3O_4(s) + 18HCl\ (aq) \longrightarrow 6FeCl_3\ (aq) + 8H_2O(l) + H_2\ (g)$ *(Sholihah, 2010).*

Prekursor FeCl3 dengan ukuran partikel yang lebih kecil dapat disintesis dengan mereaksikan laurutan FeCl3 yang telah didapatkan dengan aquades yang selama reaksi tetap dilakukan sonikasi. Pengenceran prekursor mengakibatkan semakin kecil partikel terlarut dan dengan tetap disonikasi agar dihasilkan partikel yang lebih kecil *(Ardhiati & Muldarisnur, 2019).* Adapun reaksinya adalah sebagai berikut :

$FeCl_3(s) + H_2O(l) \longrightarrow Fe(OH)_3\ (aq)$ *(Fatmaliana et al., 2020).*

Indentifikasi kualitatitf untuk mengetahui adanya ion ferri dalam larutan prekursor adalah dengan menambahkan basa dan didapati endapan merah kecoklatan sebagaimana reaksi berikut : .

$FeCl_3 + NaOH \longrightarrow Fe(OH)_3$ *(Sunardi, 2009).*



Gambar 1. Identifikasi ion ferri

Serbuk besi yang berekasi dengan HCl diketahui dengan cara menimbang pasir besi yang tidak bereaksi yang tertinggal di kertas saring. Kelarutan ion ferri tertinggi berada pada prekursor yang disintesis pada variasi massa 1 g dengan 10 mL HCl 6 M yaitu bereaksi sebanyak 83%. Hal ini terjadi karena semakin sedikit massa yang akan direaksikan akan

meningkatkan persentase kelarutan, dan semakin tinggi kosentrasi HCl juga meningkatkan kelarutan pasir besi sehingga menghasilkan pigmen merah hematit yang lebih banyak dengan kemurnian lebih tinggi *(Prasetyo et al., 2014)*.

2. Kopresipitasi FeOOH

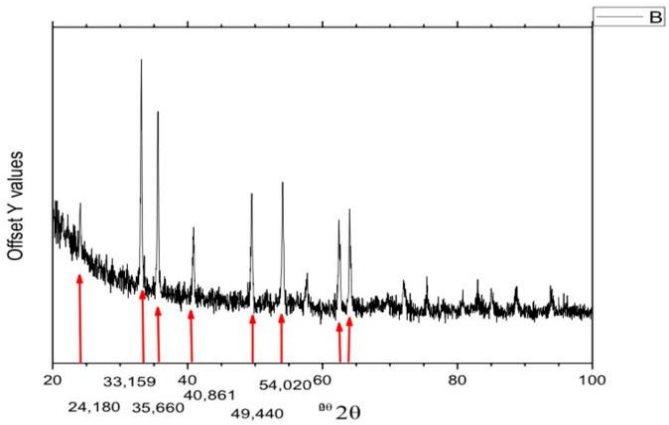
Prekursor dengan kelarutan ion ferri tertinggi selanjutnya akan diendapkan dengan larutan NaOH 1 M. Metode pengendapan ini disebut dengan metode kopresipitasi. Reaksi pengendapan FeOOH ini dilakukan dalam keadaan yang dijaga konstan yaitu pH 6. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh *(Khoiroh et al., 2013)* pH optimum reaksi sintesis pigmen merah hematit menggunakan metode kopresipitasi adalah pH 6. Pada pH 6 akan menghasilkan pigmen merah hematit dengan kecerahan yang lebih tinggi. Endapan dapat terbentuk setelah penambahan presipitat yang dalam hal ini adalah NaOH melebihi nilai Ksp standar senyawa Fe(OH)3. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

$FeCl3(s) + NaOH(aq) + H2O(l) \longrightarrow FeOOH(s) + NaCl(aq) + H2O(l)$ *(Sholihah, 2010)*.

3. Karakterisasi pigmen merah hematit

a. Difraktometer Sinar – X (XRD)

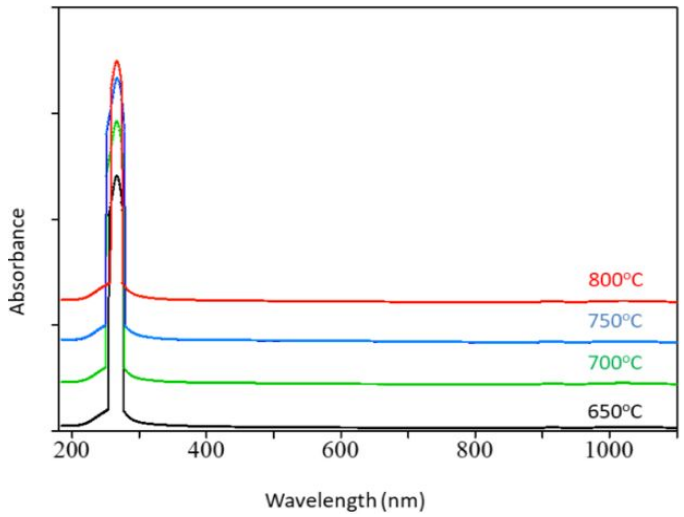
Karakterisasi menggunakan XRD ditujukan untuk melihat struktur kristal pigmen merah hematit yang telah disintesis dan memastikan puncak-puncak 2θ yang terdapat pada pigmen merah hematit hasil sintesis sesuai dengan data standar JCPDS No. 33-0664 *(Wu et al., 2013)*. Berdasarkan hasil pengujian pigmen merah hematit yang telah disintesis diperoleh puncak tertinggi yang menunjukkan pigmen merah hematit pada puncak 33,159 yang mana hasil ini sesuai dengan data XRD standar. Setelah dihitung dengan persamaan ScherrerDebay didapat ukuran pigmen merah hematit hasil kalsinasi pada suhu 800°C sebesar 26,96 nm.



Gambar 2. XRD pigmen merah hematit pada suhu kalsinasi 800°C.

b. Spektrofotometri UV-Vis

Karakterisasi pigmen merah hematit menggunakan UV-Vis ditujukan untuk melihat panjang gelombang yang diserap oleh pigmen merah heamtit hasil sintesis. Berdasarkan hasil karaktrisasi menggunakan UV-Vis, pigmen merah hematit hasil sintesis memiliki serapan maksimum pada panjang gelombang 268 nm. Menurut *(Ali et al., 2017)* pigmen merah hematit akan menyerap pada rentang panjang gelombang 200 – 400 nm (wilayah 1) disebabkan transisi elektron, transisisi transfer muatan ligan ke logam dan morfologi dari partikel pigmen merah hematit.



Gambar 3. Spektrofotometri UV-Vis pigmen merah hematit.

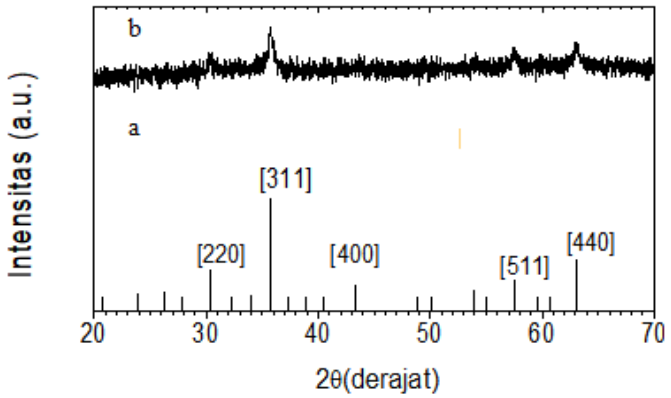
4. Sintesis Fe3O4 dengan metode hidrotermal

Pasir besi disiapkan sebanyak 20 gram untuk proses sintesis Fe_3O_4 kemudian ditambahkan 50 mL HCl (12,063 M) dalam gelas kimia. Proses pencampuran pasir besi dan HCl dilakukan dengan pengaduk magnetik (*magnetic stirrer*) selama kurang lebih 20 menit dengan suhu konstan 70°C. Selanjutnya larutan dipisahkan dari pengotornya dengan di saring menggunakan kertas saring. Filtratnya kemudian ditambahkan asam borat dengan konsentrasi yang berbeda-beda 0,1 M; 0,3 M; 0,5 M dan 1,0 M pada perbandingan volume 1:1. Secara perlahan-lahan larutan ditambah dengan NH_4OH 6 M hingga diperoleh larutan dengan pH 8 pada suhu konstan 70°C. Endapan yang terbentuk dimasukkan ke dalam *microwave* selama 10 menit dengan tekanan 90P. Endapan yang dihasilkan dicuci dengan akuades secara berulang lalu dikeringkan dengan menggunakan oven untuk mendapatkan serbuk Fe_3O_4 : H_3BO_3 0,1 M. Selanjutnya, dikalsinasi selama 4 jam dengan suhu 500°C

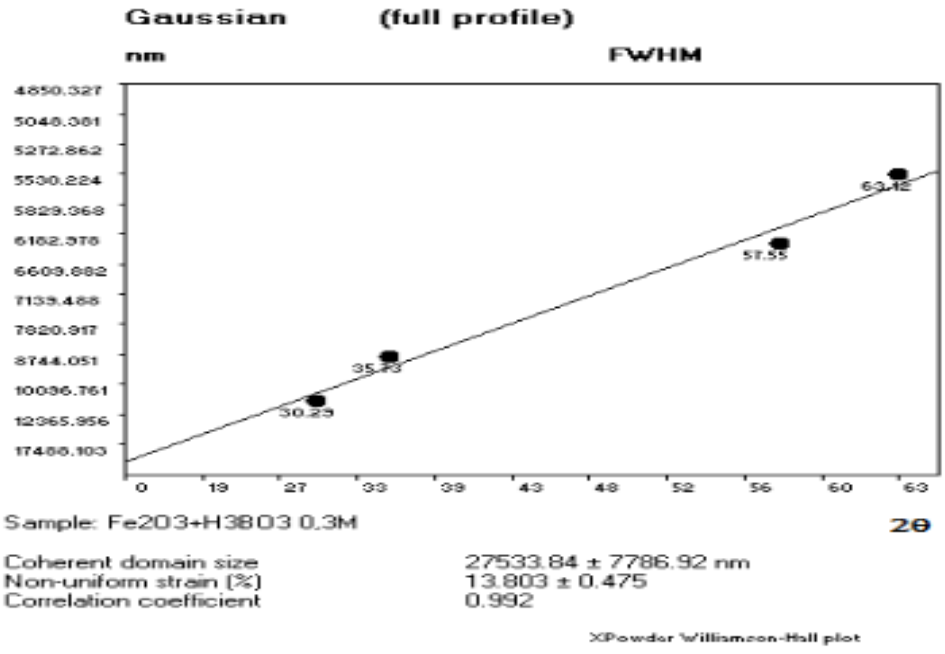
untuk mendapatkan fasa hematit (α-Fe_2O_3) lalu dihaluskan hingga menjaadi serubuk *(Sartini et al., 2013).*

5. Analisis dengan XRD (X-Ray Diffraction)

Tujuan dari Analisis XRD adalah mengetahui struktur, orientasi dan ukuran dari suatu kristal. Berdasarkan hasil analisa dengan XRD yang ditunjukkan pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa puncak karakteristik 2θ sesuai dengan standar hematit (JCPDS No. 86-0550) yang mencirikan bahwa produk yang dihasilkan berupa hematit dengan intensitas tertinggi yaitu pada 2θ = 35,7° yang merupakan puncak khas hematit dengan *indeks Miller* masing-masing berada pada (220), (311), (400), (511) dan (440).



Gambar 4. Spektrum XRD hematit (a) Standar hematit (JCPDS No. 86-0550), (b) Hematit hasil sintesis



Gambar 5. Kurva Williamson-Hall untuk perhitungan ukuran kristal hematit dari spektrum XRD

Pada Gambar 5 merupakan hasil pengukuran partikel dihitung menggunakan *software Xpowder* dengan metode Williamson-Hall dengan 4 puncak difraksi yaitu pada 2θ = 30,29°; 35,73°; 57,55° dan 63,12° dengan *profil Gaussian* puncak. Data yang diperoleh menunjukkan ukuran dari kristal hematit berada antara 20-20,5 μm atau 2×10^4 sampai $2{,}05\times10^4$ nm *(Sartini et al., 2013)*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari riview beberapa artikel dan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahawa sintesis pigmen merah hematit (α-Fe2O3) berbahan dasar pasir besi alam lebih efektif menggunakan metode kopresipitasi dimana dengan kelebihan Metode ini sangat efektif karena prosesnya pada suhu rendah dan ukuran partikelnya mudah dikontrol dengan waktu penyetelan atau pH dari zat pengendap, selain itu proses persiapan lebih sederhana, energi yang dibutuhkan lebih rendah dan produk yang didapat murni Beberapa zat dapat digunakan sebagai agen dalam proses kopresipitasi misalnya seperti hidroksida, karbonat, sulfat dan oksalat.

DAFTAR PUSTAKA

Aini, S., Azra, F., & Cahyadi, A. (2020). The Characterization of West Sumatera Iron Sand as a Raw Material to Synthesize Magnetic Nanoparticles. *Progress in Social Science, Humanities and Education Research Symposium*, *5*, 144–147. https://series.gci.or.id/article/362/16/psshers-2020

Al Hadi, F. H. (2010). *PEMANFAATAN PASIR BESI DALAM SINTESIS HEMATITE (a-Fe2O3) SECARA HIDROTERMAL DENGAN VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU*. Universitas Jember.

Ali, H. R., Nassar, H. N., & El-Gendy, N. S. (2017). Green synthesis of α-Fe2O3 using Citrus reticulum peels extract and water decontamination from different organic pollutants. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, *39*(13), 1425–1434. https://doi.org/10.1080/15567036.2017.1336818

Ardhiati, F., & Muldarisnur, M. (2019). Pengaruh Konsentrasi Larutan Prekursor Terhadap Morfologi dan Ukuran Kristal Nanopartikel Seng Oksida. *Jurnal Fisika Unand*, *8*(2), 133–138. https://doi.org/10.25077/jfu.8.2.133-138.2019

Chabib, M. N. (2017). Pengaruh Lama Kalsinasi pada Sintesis Senyawa Pigmen Hematit ((α-Fe2O3) dari Limbah Industri Kerajinan Besi dengan Metode Rute Presipitasi-Kalsinasi. *Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.*, 1–106.

Chiang, Y. H. (2019). Research and Application of Prussian Blue in Modern Science. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *384*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/384/1/012005

Dwi Septityana, K., Taufiqu Rochman, N., Prastyo Rahman, T., Wahyu Nugroho, D., Ikono, R., & Nurwenda Novan, M. (2013). SINTESIS DAN KARAKTERISASI PIGMEN HEMATIT (α-Fe2O3) DARI BIJIH BESI ALAM MELALUI METODE PRESIPITASI. *Youngster Physics Journal*, *1*(4), 95–100.

Fahlepy, M. R., Tiwow, V. A., & Subaer. (2018). Characterization of magnetite (Fe3O4) minerals from natural iron sand of Bonto Kanang Village Takalar for ink powder (toner) application. *Journal of Physics: Conference Series*, *997*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/997/1/012036

Fatmaliana, A., Maulinda, M., & Sari, N. (2020). SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF HEMATITE (Fe2O3) OF IRON ORE AND MAGNETITE (Fe3O4) FROM IRON SAND THROUGH PRECIPITATION METHOD FOR INDUSTRIAL RAW MATERIALS. *Jurnal Neutrino*, *12*(2), 37–42. https://doi.org/10.18860/neu.v12i2.8183.

Hartanto, R. S. W., & Dani, H. (2016). Studi Literatur: pengembangan media pembelajaran dengan software autocad. *Jurnal Kajian Pendidikan Teknik Bangunan*, *1*(1), 1–6.

Khoiroh, L. M., Mardiana, D., Sabarudin, A., & Ismuyanto, B. (2013). Synthesis of Hematite Pigments (α-Fe 2 O 3) by Thermal Transformations of FeOOH. *J. Pure App. Chem. Res*, *2*(1), 27–34. www.jpacr.ub.ac.id

MacHala, L., Tuček, J., & Zbořil, R. (2011). Polymorphous transformations of nanometric iron(III) oxide: A review. *Chemistry of Materials*, *23*(14), 3255–3272. https://doi.org/10.1021/cm200397g

Mufti, N., Atma, T., Fuad, A., & Sutadji, E. (2014). Synthesis and characterization of black, red and yellow nanoparticles pigments from the iron sand. *AIP Conference Proceedings*, *1617*(February 2015), 165–169. https://doi.org/10.1063/1.4897129

Nengsi, S. W., Budiman, A., & Puryanti, D. (2016). Karakterisasi Struktur Kristal dan Sifat Magnetik Maghemit (γ-Fe2O3) yang Dioksidasi dari Magnetit (Fe3O4) dari Pasir Besi Batang Sukam Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat dengan Variasi Waktu Oksidasi. *Jurnal Fisika Unand*, *5*(3), 248–251. https://doi.org/10.25077/jfu.5.3.248-251.2016

Prasetyo, A. B., Prasetiyo, P., & Matahari, I. (2014). Pembuatan α-Fe2O3 dari Hasil Pengolahan Bijih Besi Primer Jenis Hematit Untuk Bahan Baku Baterai Lithium. *Majalah Metalurgi*, 179–189.

Salomo, S., Erwin, E., Malik, U., & Putra, S. U. (2018). Sifat Magnetik Dan Ukuran Partikel Magnetik Serta Komposisi Material Pasir Besi Pantai Kata Pariaman Sumatera Barat Di Sintesa Dengan Iron Sand Separator Dan Ball Milling. *Journal Online of Physics*, *3*(2), 11–14. https://doi.org/10.22437/jop.v3i2.5730

Saputra, F. M. A. (2017). *SINTESIS PIGMEN MAGNETIK COPPER FERRITE (CuFe2O4) BERBAHAN DASAR PASIR BESI MENGGUNAKAN METODE KOPRESIPITASI*. [Skripsi tidak diterbitkan]. Semarang : Universitas Negeri Semarang.

Sartini, Nurdin, M., & Agusu, L. (2013). SINTESIS HEMATIT BERPORI DARI PASIR BESI DENGAN METODE HIDROTERMAL SEBAGAI BAHAN ELEKTRODA BATERAI Li – ION. *J. Prog. Kim. Si*, *3*(2), 97–107 .

Sholihah, L. K. (2010). SINTESIS DAN KARAKTERISTIK PARTIKEL NANO Fe 3 O 4 YANG BERASAL DARI PASIR BESI DAN Fe 3 O 4 BAHAN KOMERSIAL (ALDRICH). *Http://Digilib.Its.Ac.Id/Public/ITS-Undergraduate-13315-Paper.Pdf*.

Sulungbudi, G. T., Wildan, Z. L., & Salam, R. (2017). PENGENDALIAN SUHU ULTRASONIKASI PADA PELAPISAN NANOPARTIKEL MAGNET (Fe 3 O 4) DENGAN KITOSAN. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, *39*(2), 95–101. http://dx.doi.org/10.24817/jkk.v39i2.2838

Sunardi. (2009). Potency of use ferrous sulphate from iron waste workshop bubut for raw material pharmacy. *Indonesian Journal of Pharmacy*, *20*(3), 151–155. https://doi.org/10.14499/indonesianjpharm0iss0pp151-155

Syukriani, H., Budiman, A., & Puryanti, D. (2017). Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Suseptibilitas Magnetik dan Struktur Stronsium Ferit (SrFe12O19) Pasir Besi Batang Sukam Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat. *Jurnal Fisika Unand*, *6*(3), 225–231. https://doi.org/10.25077/jfu.6.3.225-231.2017

Tati Suharti. (2017). *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-VIS dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Bandar Lampung : Aura.

Wahyuni, Try, L., Wahyuni, & Try, L. (2022). Sintesis dan karakterisasi nanopartikel pigmen (biru) Prussian Blue Ferric(III) Hexacyanoferrate(II)(Fe4[Fe(CN)6]3) berbahan dasar pasir besi alam / Lilis Try Wahyuni. *SKRIPSI Mahasiswa UM*, *0*(0). http://mulok.library.um.ac.id/index3.php/64716.html

Wu, W., Hao, R., Liu, F., Su, X., & Hou, Y. (2013). Single-crystalline α-Fe2O3 nanostructures: Controlled synthesis and high-index plane-enhanced photodegradation by visible light. *Journal of Materials Chemistry A*, *1*(23), 6888–6894. https://doi.org/10.1039/c3ta10886d

Yang, X. J., Wang, S., Sun, H. M., Wang, X. B., & Lian, J. S. (2015). Preparation and photocatalytic performance of Cu-doped TiO2 nanoparticles. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, *25*(2), 504–509. https://doi.org/10.1016/S1003-6326(15)63631-7.