

Sintesis Dan Karakterisasi Pigmen Hematit (α -Fe₂O₃) Dari Bijih Besi Di Jorong Kepalo Bukik Kabupaten Solok Selatan Menggunakan Metode Presipitasi

Harmen Zanur^{*}, Ardian Putra¹, Astuti²

¹Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Andalas

²Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Andalas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163

*harmen.zainur@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini berhasil mensintesis pigmen hematit (α -Fe₂O₃) dari bijih besi Jorong Kepalo Bukik, Kabupaten Solok Selatan. Uji kandungan material pada sampel dilakukan dengan metode XRF (*X-Ray Fluorescence*). Uji XRF yang dilakukan pada sampel mentah, didapatkan kandungan Fe 73,554 % dan 62,901 % Fe₂O₃. Sintesis menggunakan metode presipitasi dilakukan dengan 100 g bijih besi dicampur dengan 371 ml HCl dipanaskan pada temperatur 145 °C, kemudian direndam dengan NH₄OH dan dibersihkan dengan aquades. Campuran kemudian dikeringkan pada temperatur 150 °C dan dilakukan kalsinasi pada temperatur 500, 600, 700, dan 800 °C hingga membentuk serbuk hematit. Serbuk hematit dikarakterisasi dengan XRD (*X-Ray Diffractometer*) dan *colorimeter*. Berdasarkan hasil XRD, hematit (α -Fe₂O₃) yang diperoleh dengan temperatur kalsinasi 500 °C dan 800 °C mempunyai struktur dan ukuran kristal yang sama yaitu rhombohedral dan 64,8 nm. Hasil uji warna menunjukkan bahwa hematit dengan temperatur kalsinasi 500 °C mempunyai nilai *L*a*b* adalah 24,87; 4,31; 3,39, temperatur kalsinasi 600 °C mempunyai nilai *L*a*b* adalah 25,02; 4,24; 3,04, temperatur kalsinasi 700 °C mempunyai nilai *L*a*b* adalah 25,17; 4,56; 3,02, temperatur kalsinasi 800 °C mempunyai nilai *L*a*b* adalah 25,31; 3,4; 2,17.

Kata kunci: bijih besi, pigmen, α -Fe₂O₃, presipitasi

ABSTRACT

*Synthesis of hematite (α -Fe₂O₃) pigment from iron ore from Jorong Kepalo Bukik, South Solok Regency had been done. XRF(X-Ray Fluorescence) test on raw sample shows that it has 73.554% of Fe and 62.901% of Fe₂O₃. Synthesis with precipitation method is start from 100 g of iron ore powder was mixed into 371 ml of HCl, heated at temperature 145 °C, soaked with NH₄OH and cleaned with distilled water. Sample was dried at temperature of 150 °C and calcinations was performed at temperatures of 500, 600, 700, and 800 °C. Hematite powder was characterized with XRD (X-Ray Diffractometer) and colorimeter. Sample that had been calcinated at 500 °C and 800 °C has the same crystal size of 64.8 nm and same structure crystal is rhombohedral. Color test results show the value of *L*a*b* of sample with calcination temperature of 500 °C, 600 °C, 700 °C and 800 °C are (24,87;4,31;3,39); (25,02;4,24;3,04); (25,17;4,56; 3,02); and (25,31;3,4; 2,17) respectively.*

Keywords: iron ore, pigments, α -Fe₂O₃, precipitation

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah, dimana salah satunya adalah bijih besi. Menurut Badan Pusat Statistik (2016), produksi bijih besi Indonesia pada tahun 2013 sebanyak 22.353.337 ton dan pada tahun 2014 sebanyak 5.951.400 ton. Namun, besarnya produksi tidak diiringi daya olah bahan mentah menjadi bahan jadi. Saat ini, bijih besi tersebut masih diekspor dalam keadaan bahan tidak jadi, sehingga potensi sumber daya alam bernilai ekonomis rendah.

Salah satu daerah yang mempunyai sumber daya alam bijih besi yaitu Kabupaten Solok Selatan. Berdasarkan data dari pemerintah Kabupaten Solok Selatan (2015), lokasi tambang bijih besi tersebar di 4 lokasi yaitu: Jorong Pekonina, Kecamatan Pauh Duo, Jorong Kepalo Bukik, Kecamatan Sungai Pagu, Jorong Ulu Suliti, Kecamatan Koto Parik Gadang Diateh, dan Jorong Sungai Sungkai, Kecamatan Sangir Balai Janggo. Pada semua lokasi tersebut, bijih besi langsung diekspor tanpa terlebih dahulu diproses menjadi bahan jadi atau setengah jadi. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu tindakan atau langkah untuk mengolah bahan tidak jadi tersebut menjadi bahan setengah jadi atau bahan jadi. Beberapa cara yang digunakan untuk pengolahan adalah dengan menggunakan metode presipitasi, penggilingan dan homogenisasi.

Metode presipitasi adalah metode pengendapan masing-masing material dasar dengan suatu reaktan. Hasil pengendapan tersebut kemudian digabungkan untuk pembentukan senyawa yang diharapkan secara stoikiometris (Purwamargaptala, dkk., 2009). Metode presipitasi dilakukan dengan cara zat aktif dilarutkan ke dalam pelarut, lalu ditambahkan larutan lain yang bukan pelarut. Hal ini menyebabkan larutan menjadi jenuh dan terjadi nukleasi yang cepat sehingga membentuk nanopartikel. Metode presipitasi menjadi metode yang paling banyak digunakan karena prosesnya yang sederhana, mudah dan biaya yang lebih murah (Shen, dkk., 2012). Selain itu, dengan proses yang sederhana ini dapat menghasilkan partikel yang lebih kecil dari hingga menjadi ukuran nano, pemakaian energi sangat rendah dan biaya yang rendah dibandingkan dengan metode penggilingan dan homogenisasi (Jungharts dan Muller, 2008).

Produk yang dapat dihasilkan dari sintesis bijih besi adalah pigmen, baja, besi dan lain sebagainya (Septityana, dkk., 2013). Pigmen adalah salah satu komponen dasar dalam pembuatan cat yang fungsinya sebagai pewarna dan daya penutup pada cat. Peningkatan penggunaan cat karena bertambahnya rumah penduduk atau perkantoran mengakibatkan peningkatan penggunaan jumlah pigmen yang akan dibutuhkan. Saat ini, sebagian besar pigmen masih diimpor dari luar negeri.

Penelitian tentang pembuatan pigmen dari bijih besi alam telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Shen, dkk. (2012) melakukan penelitian tentang mekanisme pembentukan pigmen hitam nano-oksida besi dari pembuangan debu *blast furnace*, dan mendapatkan pigmen Nano-Fe₃O₄ dengan menggunakan solusi *amixed* dari Fe (II) dan Fe (III), sementara ion diperoleh dengan pencucian debu buangan *blast furnace* dengan asam sulfat. Septityana, dkk. (2013) melakukan sintesis dan karakterisasi pigmen hematit (α -Fe₂O₃) dari bijih besi alam melalui metode presipitasi. Hasilnya sampel yang dikarakterisasi menggunakan XRD mempunyai ukuran kristalit 40 nm pada temperatur kalsinasi 500 °C dan 41 nm pada temperatur kalsinasi 800 °C. Pengujian pigmen warna yang dilakukan terhadap sampel dengan temperatur kalsinasi 500 °C didapatkan pigmen warna dengan nilai $L^*a^*b = 28,36; 27,86; 30,24$, sedangkan pada temperatur kalsinasi 800 °C didapatkan nilai $L^*a^*b = 20,47; 22,42; 18,17$.

Bilalodin, dkk. (2015) melakukan sintesis dan karakterisasi pigmen menggunakan bahan baku pasir besi dengan kalsinasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serbuk pigmen warna hitam, merah, dan kuning memiliki struktur kristal kubik dengan bentuk morfologi permukaan dan ukuran butir sebagai berikut: pada pigmen hitam partikel berbentuk butiran bulat seragam dengan ukuran butir 926,4 nm, pigmen merah memiliki bentuk butiran bulat seragam dengan ukuran butir 72,2 nm dan pigmen warna kuning memiliki bentuk butiran bulat seragam dengan ukuran 349 nm. Kandungan utama unsur pigmen hitam, merah dan kuning adalah besi (Fe) dan oksigen (O). Pigmen warna hitam nilai L^*a^*b dan ΔE adalah 23,76; 1,35; 1,43 dan 2,34, pigmen merah 43,23; 16,00; 17,30 dan 9,89, dan pigmen warna kuning 66,76; 14,84; 49,95 dan 4,862. Tujuan dari penelitian ini adalah mensintesis dan mengkarakterisasi stuktur dan bentuk kristal dan serbuk pigmen hematit (α -Fe₂O₃) menggunakan metode presipitasi dari bijih besi alam pada temperatur kalsinasi 500, 600, 700 dan 800 °C. Manfaat penelitian ini adalah untuk mendorong pengolahan bijih besi menjadi pigmen supaya meningkatkan nilai tambah sehingga mendukung industri dalam negeri, khususnya Kabupaten Solok Selatan.

II. METODE

Sampel yang digunakan untuk penelitian adalah bijih besi yang banyak mengandung Fe₂O₃. Untuk memastikan bijih tersebut mengandung Fe₂O₃ digunakan metode XRF (*X-Ray Fluorescence*) yang dilakukan di Laboratorium Instrumen Kimia, Universitas Negeri Padang.

Pigmen hematit (α -Fe₂O₃) disintesis melalui metode presipitasi. Bijih besi yang telah digerus dan diayak menggunakan ayakan 200 mesh dipisahkan menggunakan magnet sebanyak lima kali pengulangan. 100 g bijih besi dilarutkan dalam 371 ml HCl pada suhu 145°C. Presipitasi dilakukan dengan ammonium hidroksida (NH₄OH) 25% diteteskan ke dalam larutan sampai mencapai pH 6 dan terbentuk endapan. Endapan dicuci dan dikeringkan pada temperatur 150 °C selama 19 jam. Endapan dihaluskan dengan menggunakan lumpang kemudian dilakukan kalsinasi pada temperatur 500, 600, 700 dan 800 °C selama 2 jam, dan dilanjutkan dengan karakterisasi XRD dan *colorimeter*.

Karakterisasi menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui struktur dan ukuran kristal hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Ukuran kristalit $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dianalisis menggunakan Persamaan Scherrer:

$$D = \frac{\kappa\lambda}{B \cos \theta} \tag{1}$$

dengan D adalah ukuran kristal (nm), κ adalah konstanta material (0,9), λ adalah panjang gelombang Sinar-X (nm), B adalah nilai FWHM (nilai setengah lebar puncak tertinggi).

Karakterisasi pigmen warna bertujuan untuk menentukan pigmen hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Pigmen warna yang terdapat pada sampel diuji dengan pengukuran objektif menggunakan alat *colorimeter*. Data hasil pengukuran dapat berupa nilai L^*a^*b yang dianalisis dengan sistem notasi Hunter. Berdasarkan sistem Hunter nilai L^*a^*b dapat diartikan sebagai berikut:

1. Notasi L^* : 0 (hitam); 100 (putih) menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna kromatik putih, abu-abu dan hitam.
2. Notasi a^* : warna kromatik campuran merah-hijau dengan nilai $+a^*$ (positif) dari 0 sampai +80 untuk warna merah dan nilai $-a^*$ (negatif) dari 0 sampai -80 untuk warna hijau.
3. Notasi b^* : warna kromatik campuran biru-kuning dengan nilai $+b^*$ (positif) dari 0 sampai +70 untuk warna kuning nilai $-b^*$ (negatif) dari 0 sampai -70 untuk warna biru (Suyatma, 2009).

Nilai L^*a^*b diperoleh menggunakan Persamaan 2,

$$L = 10\sqrt{Y}$$

$$a = \frac{17,5(1,02X - Y)}{\sqrt{Y}}$$

$$b = \frac{70(Y - 0,847Z)}{\sqrt{Y}} \tag{2}$$

dengan nilai X , Y dan Z merupakan nilai yang didapatkan berdasarkan panjang gelombang warna.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Uji Kandungan Material

Hasil uji kandungan material dengan menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*) dapat dilihat pada Tabel 1. Unsur dengan kandungan terbesar pada sampel adalah besi, dilanjutkan silika, aluminium, dan magnesium dalam jumlah yang jauh di bawah besi. Selain keempat unsur ini juga terdapat unsur-unsur lain yang terkandung dalam sampel, namun dalam jumlah yang sangat kecil, diantaranya adalah P, S, Cl, K, Ca, V, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Cd, La, Eu, Pb.

Tabel 1 Kandungan unsur sampel

No.	Unsur	Persentase (%)
1.	Fe	73,554
2.	Si	16,03
3.	Al	3,962
4.	Mg	3,132

Selain untuk mengetahui kandungan unsur, metode XRF dapat juga dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa pada sampel. Hasil uji kandungan senyawa sampel dapat dilihat pada Tabel 2. Senyawa yang paling dominan adalah besi oksida (Fe_2O_3) kemudian silikon oksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), dan magnesium oksida (MgO).

Tabel 2 Kandungan senyawa oksida sampel

No.	Senyawa	Persentase (%)
1.	Fe ₂ O ₃	62,901
2.	SiO ₂	24,293
3.	Al ₂ O ₃	5,385
4.	MgO	3,789

3.2 Sintesis Pigmen Hematit (α -Fe₂O₃)

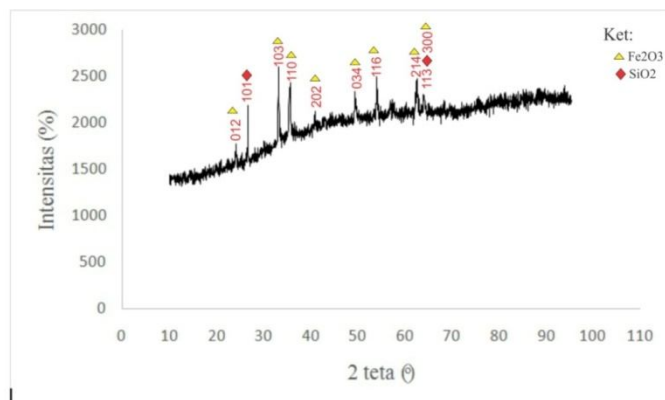
Hasil sintesis sampel menggunakan metode presipitasi dapat dilihat pada Gambar 1, yang secara visual berwarna coklat kemerahan. Menurut Kusumoyudo (1986), bahwa sampel yang dominan mengandung unsur besi (Fe₂O₃) merupakan padatan yang tak larut dan berwarna coklat merah. Massa dari sampel yang didapatkan setelah proses presipitasi adalah 74,42 g.



Gambar 1 Sampel bijih besi setelah proses presipitasi

3.3 Uji Struktur dan Ukuran Kristal Pigmen Hematit (α -Fe₂O₃)

Hasil karakterisasi XRD dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3 untuk temperatur kalsinasi 500 °C dan 800 °C. Hasil XRD tersebut dicocokkan dengan data ICDD (*International Centre for Diffraction Database*) dengan kode referensi yang sama untuk semua sampel.

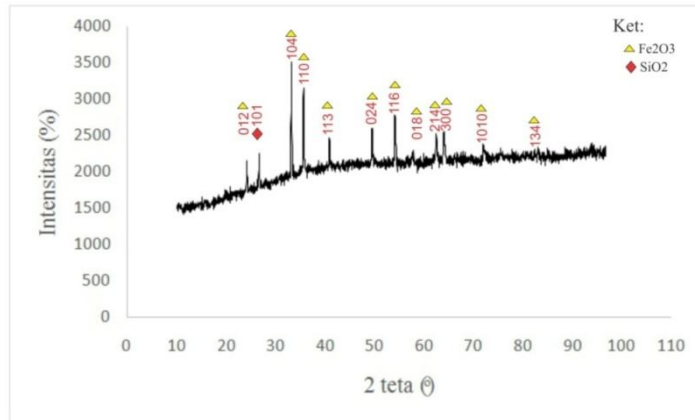


Gambar 2 Pola Difraksi Sinar-X sampel bijih besi dengan temperatur kalsinasi 500 °C

Dari Gambar 2 terlihat adanya puncak difraksi, yang menunjukkan bahwa struktur bijih besi yang terbentuk adalah kristal. Kristal yang didapatkan adalah polikristalin, yaitu memiliki orientasi kristal lebih dari satu dengan bidang hambur yang berbeda-beda. Dari grafik tersebut juga terlihat puncak Fe₂O₃ yang paling tinggi dan dominan, selain itu juga terlihat puncak dari SiO₂, ini disebabkan adanya sisa SiO₂ pada sampel, namun tidak memiliki puncak yang tertinggi.

Berdasarkan data ICDD dengan kode referensi 01-076-8404 senyawa yang terkandung dalam sampel adalah α -Fe₂O₃ dengan struktur kristal yang terbentuk adalah rhombohedral dengan $\alpha = \beta = 90$ dan $\gamma = 120$, dan parameter kisi $a = b = 5,0355$ Å dan $c = 13,7676$ Å. Hasil ini

sesuai dengan teori dimana Fe_2O_3 memiliki struktur rhombohedral (Kusomoyudo, 1986). Puncak tertinggi Fe_2O_3 berada pada sudut 2θ sebesar $33,1089^\circ$ dan nilai FWHM (*Full Width at Half Maximum*) sebesar 0,1279.



Gambar 3 Pola Difraksi Sinar-X sampel bijih besi dengan temperatur kalsinasi $800^\circ C$

Gambar 3 menunjukkan bahwa struktur bijih besi yang terbentuk adalah kristal karena adanya puncak difraksi. Kristal yang didapatkan adalah polikristalin, yaitu memiliki orientasi kristal lebih dari satu dengan bidang hambur yang berbeda-beda. Dari grafik tersebut tidak banyak perbedaan dengan hasil XRD sampel dengan kalsinasi $500^\circ C$. Dimana puncak kristal Fe_2O_3 adalah yang paling dominan dan SiO_2 memiliki satu buah puncak namun tidak yang tertinggi.

Hasil perhitungan ukuran kristal dari besi oksida hematit (Fe_2O_3) menggunakan variasi temperatur kalsinasi $500^\circ C$ dan $800^\circ C$ dapat dilihat pada Tabel 3 . Ukuran kristal Fe_2O_3 yang didapatkan ≤ 100 nm. Pada sampel temperatur kalsinasi $500^\circ C$ dan $800^\circ C$ memiliki ukuran kristal besi oksida hematit yang sama yaitu sebesar 64,8 nm.

Tabel 3 Ukuran kristal sampel

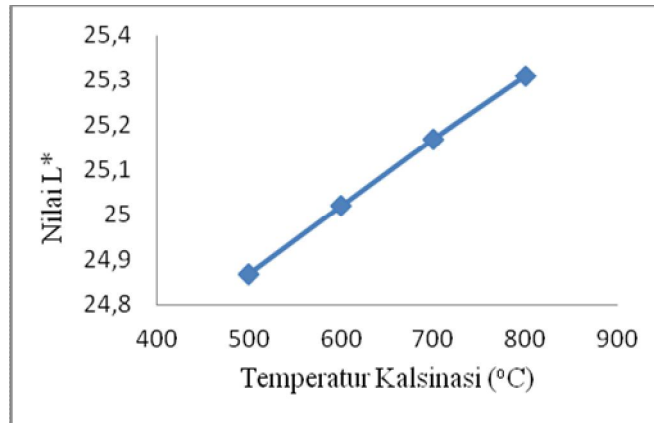
No.	Temperatur Kalsinasi	Ukuran kristal
1.	$500^\circ C$	64,8 nm
2.	$800^\circ C$	64,8 nm

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan *Scherrer* dapat dilihat bahwa temperatur kalsinasi tidak mempengaruhi ukuran kristal. Pada jumlah puncak Fe_2O_3 pada Gambar 2 dan 3 memiliki pengaruh yang cukup signifikan dimana pada temperatur kalsinasi $500^\circ C$ hanya terdapat delapan puncak sedangkan pada temperatur kalsinasi $800^\circ C$ dua belas puncak. Konsentrasi SiO_2 pada temperatur kalsinasi $500^\circ C$ terdapat dua buah puncak dan pada temperatur kalsinasi $800^\circ C$ didapatkan 1 buah puncak. Berdasarkan data ICDD yang diperoleh dari hasil XRD sampel bijih besi dengan temperatur kalsinasi $500^\circ C$ dan $800^\circ C$ kedua sampel memiliki persamaan pada nilai parameter kisi, nilai FWHM dan struktur kristal, ukuran kristal dan memiliki sudut puncak tertinggi yang berbeda. Sampel dengan temperatur kalsinasi 600 dan $700^\circ C$ tidak perlu dilakukan uji XRD karena hasil uji XRD 500 dan $800^\circ C$ memiliki banyak kesamaan.

3.4 Uji Warna Pigmen Hematit ($\alpha-Fe_2O_3$)

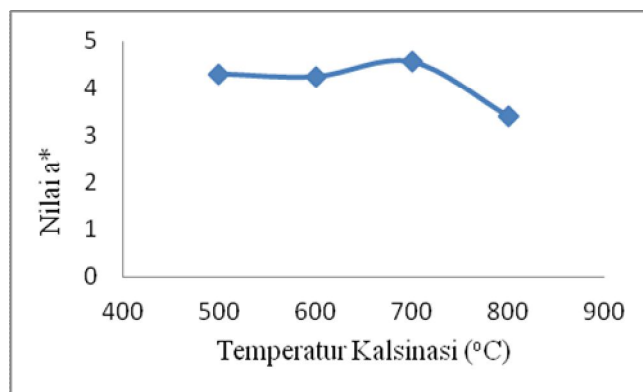
Pengaruh temperatur kalsinasi terhadap nilai L^* (kecerahan) dapat dilihat pada Gambar 4, dimana semakin tinggi temperatur kalsinasi yang diberikan maka nilai L^* akan semakin tinggi, yang mengindikasikan bahwa kecerahan tertinggi dihasilkan oleh sampel dengan temperatur kalsinasi $800^\circ C$. Berdasarkan sistem notasi Hunter, jika nilai L^* semakin tinggi maka kecerahan suatu sampel akan semakin tinggi begitu juga sebaliknya. Intensitas sinar merupakan tingkat besaran energi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan, dimana sinar dengan intensitas tinggi akan menghasilkan cahaya terang, sebaliknya sinar yang intensitasnya

rendah akan menghasilkan cahaya yang redup dan lemah (Suyatma, 2009). Dalam penelitian ini semakin tinggi temperatur kalsinasi maka gelombang energi elektromagnetik yang dipancarkan semakin tinggi sehingga ukuran partikel dari sampel berkemungkinan akan semakin kecil apabila temperatur kalsinasi semakin tinggi.



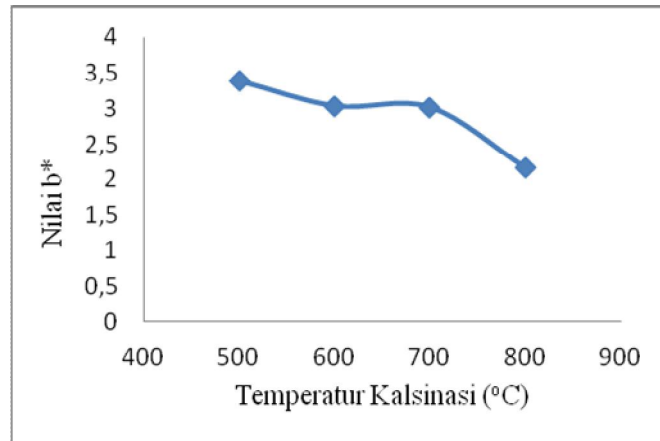
Gambar 4 Kurva nilai L* hasil uji *colorimeter*

Pada perhitungan nilai a^* menggunakan persamaan 2 didapatkan warna dengan panjang gelombang berkisar antara 595-605 nm. Perubahan nilai a^* terhadap temperatur kalsinasi yang diberikan secara umum berpengaruh, dimana semakin tinggi temperatur kalsinasi maka nilai a^* akan semakin rendah, namun pada temperatur kalsinasi 700 °C nilai a^* kembali naik bahkan melebihi nilai a^* pada temperatur kalsinasi 500 °C namun masih memiliki warna yg hampir sama jika dilihat dari panjang gelombang. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan sistem notasi Hunter nilai a^* adalah warna kromatik campuran merah hijau. Berdasarkan nilai a^* warna sampel akan semakin kehijauan jika temperatur kalsinasi semakin naik. Berdasarkan nilai a^* panjang gelombang yang dipancarkan sampel berdasarkan kenaikan temperatur kalsinasi adalah semakin pendek.



Gambar 5 Kurva nilai a^* hasil uji *colorimeter*

Nilai b^* memiliki pengaruh yang berkebalikan terhadap L^* , dimana semakin tinggi temperatur kalsinasi yang diberikan maka akan semakin rendah nilai b^* sampel tersebut, sebagaimana terlihat pada Gambar 6. Berdasarkan sistem notasi Hunter nilai b^* adalah warna kromatik campuran biru dan kuning, dimana ketika nilai b^* semakin tinggi maka akan berwarna kuning dan semakin rendah berwarna biru, kenaikan temperatur kalsinasi menghasilkan komposisi warna yang lebih biru. Berdasarkan nilai b^* panjang gelombang yang dipancarkan sampel berdasarkan kenaikan temperatur kalsinasi sama dengan nilai a^* yaitu panjang gelombangnya adalah semakin pendek.



Gambar 6 Kurva nilai b* hasil uji *colorimeter*

Berdasarkan uji pigmen warna dengan *colorimeter*, penambahan temperatur kalsinasi menghasilkan warna yang lebih cerah, lebih hijau, dan lebih biru. Jika dilihat secara keseluruhan dari nilai L*a*b penambahan temperatur kalsinasi menghasilkan warna dengan panjang gelombang yang semakin pendek.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil sintesis dan karakterisasi bijih besi dengan variasi temperatur kalsinasi dapat disimpulkan bahwa unsur besi yang terkandung dalam sampel setelah dilakukan uji XRF adalah 73,554% dan senyawa Fe₂O₃ 62,901%. Setelah dilakukan proses presipitasi didapatkan sampel sebanyak 74,42 g dari 100 g bijih besi. Dari karakterisasi hasil XRD, diketahui sampel bijih besi dengan temperatur kalsinasi 500 °C dan 800 °C memiliki ukuran kristal dan struktur kristal yang sama yaitu 64,8 nm dan rhombohedral. Uji *colorimeter* pada semua sampel menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur kalsinasi, maka pigmen warna semakin cerah, komposisi warna lebih hijau, dan komposisi warna lebih biru.

DAFTAR PUSTAKA

- Bilalodin, Irayani, Z., Sehad, Sugito, 2015, Sintesis dan Karakterisasi Pigmen Warna Hitam, Merah dan Kuning Berbahan Dasar Pasir Besi, *Jurnal Fisika Universitas Jenderal Sudirman*, Vol. 10. No. 2.
- Jungharts, J.U.A.H., And Muller R.H., 2008, Nanocrystal Technology Drug Delivery and Clinical Application Int. *J. Nanomedicine* Vol. 3 No.3.
- Kusumoyudo, B., W., 1986, *Mineralogi Dasar Cetakan Kedua*, Binacipta.
- Purwamargaptala, Y., Winatapura, D.S., Sukiran, E., 2009, Sintesis Superkonduktor YBa₂Cu₃O_{7-x} Secara Kopersipitasi untuk Aplikasi Industri Nuklir, *Jurnal BATAN*.
- Septityana, K. D., Priyono, Rochman, N, T., 2013. Sintesis dan Karakterisasi Pigmen Hematit Bijih Besi Alam Melalui Metode Presipitasi, *Youngster Physics Journal*, Vol. 1, No.4
- Shen, L., Qiao, Y., Guo, Y., Tan, J., 2012, Preparation and Formation Mechanism of Nano- Iron Oxide Black Pigment from Blast Furnace Flue Dust, *School of Chemistry and Chemical*, Elsevier, Hal. 737-744.
- Suyatma, N.E, 2009, *Analisis Warna*, IPB, Bogor.
- Badan Pusat Statistik, 2016, Tabel Sumber Daya Mineral Logam di Indonesia, <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1126>, diakses September 2016.
- Solselkab Profil, 2015, Pertambangan di Solok Selatan, <http://www.solselkab.go.id/post/read/88/pertambangan-investor.html>, diakses September 2016.