



**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI TINTA MAGNETIK  
BERBAHAN DASAR HEMATITE ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) PASIR BESI**

**Skripsi**

disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Fisika

oleh

Endah Wahyu Sulistiyo Rini  
4211415004

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2020**

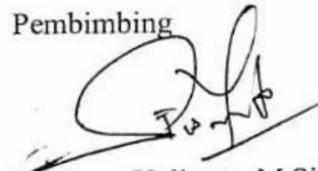
## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “Fabrikasi dan Karakterisasi Tinta Magnetik Berbahan Dasar Hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) Pasir Besi” telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Hari : Jum'at  
Tanggal : 07 Februari 2020

Semarang, 07 Februari 2020

Pembimbing



Dr. Agus Yulianto, M.Si

NIP. 196607051990031002

## PERNYATAAN

Dengan ini, saya:

nama : Endah Wahyu Sulistiyo Rini

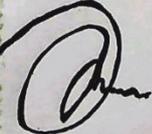
NIM : 4211415004

program studi : Fisika S1

menyatakan bahwa skripsi berjudul Fabrikasi dan Karakterisasi Tinta Magnetik Berbahan Dasar *Hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) Pasir Besi ini benar-benar karya saya sendiri bukan jiplakan dari karya orang lain atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang atau pihak lain yang terdapat dalam skripsi ini telah dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Atas pernyataan ini, saya secara pribadi siap menanggung resiko/sanksi hukum yang dijatuhkan apabila ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ini.



Semarang, 07 Februari 2020

  
Endah Wahyu Sulistiyo Rini

NIM 4211415004

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul Fabrikasi dan Karakterisasi Tinta Magnetik Berbahan Dasar Hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) Pasir Besi karya Endah Wahyu Sulistiyo Rini 4211415004 ini telah dipertahankan dalam Ujian Skripsi Sarjana Universitas Negeri Semarang pada tanggal 07 Februari 2020 dan disahkan oleh Panitia Ujian.

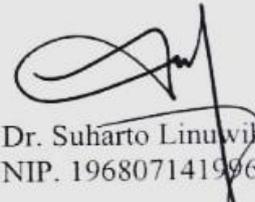
Semarang, 07 Februari 2020

Panitia

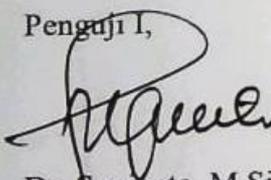
Sekretaris,



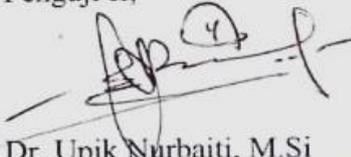
Ketua  
  
Dr. Sugianto, M.Si  
NIP. 196102191993031001

  
Dr. Suharto Linuwih, M.Si  
NIP. 196807141996031005

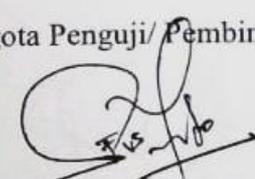
Penguji I,

  
Dr. Sugianto, M.Si  
NIP. 196102191993031001

Penguji II,

  
Dr. Upik Nurbaiti, M.Si  
NIP. 19670814 1991022001

Anggota Penguji/ Pembimbing,

  
Dr. Agus Yulianto, M.Si  
NIP. 196607051990031002

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. (Q.S. Al Insyirah: 5-6)

Sebenci-bencinya aku padamu suatu saat aku akan membutuhkanmu.

### **PERSEMBAHAN**

Allah SWT  
Bapak, Mamih dan keluarga besar

## PRAKATA

*Bismillahirrahmanirrahim.*

*Alhamdulillah rabbil'alamin*, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan hidayah, taufik, rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Fabrikasi dan Karakterisasi Tinta Magnetik Berbahan Dasar Hematite ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Pasir Besi”**. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga beliau, sahabat dan pengikutnya.

Penyusunan skripsi ini dapat terlaksana dengan baik atas bantuan, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rohman, M. Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Sugianto, M.Si, Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang serta sebagai dosen penguji.
3. Dr. Suharto Linuwih, M.Si, Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si, Ketua Prodi Fisika Universitas Negeri Semarang.
5. Dr. Agus Yulianto, M.Si, sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing dengan penuh kesabaran serta selalu memberikan arahan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
6. Dr. Upik Nurbaiti, M.Si, sebagai dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan, kritikan, dan koreksi terhadap karya penulis.
7. Fianti, S.Si., M.Sc., Ph.D, selaku dosen wali yang mendukung penuh anak didiknya dalam segala hal.
8. Bapak dan Ibu tercinta yang telah memberikan dukungan baik berupa kasih sayang, doa, moril, nasehat, semangat, dan sebagai alasan terbesar untuk penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

9. Laboratorium Kemagnetan Bahan *crew* : Fial, Rohman, Mas Ipin, Mbak Indri, Karima, Salsa sebagai tempat diskusi dan menemani penulis melakukan penelitian.
10. Candrasa sebagai tempat berkeluh kesah, selalu memberi dukungan, menemani dan mengurus segala tentang per-*laptopan* penulis di setiap kegiatan perkuliahan.
11. Teman-teman Sughoi dan Hima Fisika 2017 telah menjadi bagian kehidupan penulis di kampus.
12. Teman-teman kos Graha Cahaya : Kikik, Vivian, dan Indah yang tidak bisa tergantikan.
13. Squad KKN Pagersari *maemeangel* yang pernah menjadi keluarga satu atap selama 45 hari.

Penulis juga memohon maaf apabila dalam penyusunan skripsi ini ada beberapa kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan yang dimiliki penulis.

Sebagai akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan bagi pembaca, serta penulis mengharapkan saran dan kritik demi menyempurnakan kajian ini. Semoga penelitian yang telah dilakukan dapat menjadikan sumbangsih bagi kemajuan dunia riset Indonesia kedepannya. Aamiin.

Semarang, 07 Februari 2020

Penulis

## ABSTRAK

Rini, Endah Wahyu Sulistiyo (2020). *Fabrikasi dan Karakterisasi Tinta Magnetik Berbahan Dasar Hematite ( $\alpha - Fe_2O_3$ ) Pasir Besi*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dr. Agus Yulianto, M.Si.

**Kata Kunci:** pasir besi, pigmen *hematite*, tinta magnetik

Oksida besi yang tinggi dalam pasir besi dapat dimanfaatkan sebagai komoditas industri bernilai ekonomi tinggi. Pada penelitian ini dilakukan fabrikasi dan karakterisasi tinta magnetik berbahan dasar pigmen *hematite* dari pasir besi. Prosedur yang dilakukan yaitu pembuatan pigmen *hematite*, sampel tinta magnetik, dan karakterisasi sampel.

Pigmen dibuat dengan bahan baku utama pasir besi dan dilakukan metode presipitasi. Sampel tinta dibuat dengan mencampurkan pigmen ke dalam larutan perekat (gum arab dan poli vinil alkohol), lalu ditambahkan zat aditif lain berupa alkohol, polietilen glikol, dan tiner (M4) dengan komposisi tertentu. Variasi sampel dilakukan dengan membedakan massa pigmen *hematite* pada tiap sampel tinta. Penambahan pigmen pada tinta dengan perekat (binder) gum arab variasinya yaitu 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40% terhadap massa perekat. Sedangkan pada tinta dengan perekat PVA variasinya yaitu 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35% terhadap massa perekatnya. Karakterisasi yang dilakukan meliputi XRD, koordinat warna *Commission Internationale de'Eclairage*  $L^*a^*b$ , suseptibilitas magnetik, densitas dan viskositas tinta, homogenitas dan organoleptik tinta, dan CCD mikroskop.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pigmen *hematite* hasil sintesis pasir besi dengan metode presipitasi dapat dibuat sebagai bahan dasar pembuatan tinta magnetik. Dari hasil XRD diketahui kandungan pigmen yaitu *hematite* ( $\alpha - Fe_2O_3$ ) 86,9 % dan besi (Fe) 13,1 %. Ukuran kristal pigmen pada bidang orientasi (104) yaitu 84,25 nm. Pigmen berwarna merah darah sedangkan tinta berwarna merah kecoklatan. Tinta magnetik dibuat dengan metode pencampuran sederhana pada temperatur yang tidak terlalu tinggi ( $\pm 70^\circ C$ ). Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisis tinta magnetik yaitu banyaknya pigmen, ukuran partikel pigmen, jenis perekat, konsentrasi perekat, komposisi zat aditif (alkohol, Poli Etilen Glikol (PEG), dan tiner (M4)), dan lama pengadukan. Nilai suseptibilitas magnetik pigmen *hematite* pada *high frequency - low frequency* yaitu  $(0,619 - 0,634) \times 10^{-6} m^3/kg$ , sedangkan suseptibilitas magnetik tinta perekat gum arab dan tinta perekat PVA pada *high frequency - low frequency* yaitu  $(0,092 - 0,099) \times 10^{-6} m^3/kg$  dan  $(0,041 - 0,044) \times 10^{-6} m^3/kg$ .

## DAFTAR ISI

	Halaman
PENGESAHAN .....	iv
PRAKATA .....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
<b>BAB</b>	
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Mineral Besi Oksida .....	6
2.2 <i>Hematite</i> ( $\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	8
2.3 Sifat Kemagnetan Bahan .....	9
2.3.1 Diamagnetik .....	9
2.3.2 Paramagnetik .....	10
2.3.3 Ferromagnetik dan Ferrimagnetik .....	11
2.3.4 Canted Antiferromagnetik .....	12
2.3.5 Superparamagnetik .....	13
2.4 Fluida Magnetik .....	13
2.5 Perekat .....	14
2.5.1 Gum Arab .....	15
2.5.2 Poli Vini Alkohol (PVA) .....	15
2.6 Tinta .....	16

III.	METODE PENELITIAN	
3.1	Pelaksanaan Penelitian .....	18
3.2	Prosedur Penelitian.....	18
3.2.1	Alat dan Bahan.....	18
3.2.2	Pembuatan Pigmen <i>Hematite</i> .....	19
3.2.2.1	Pemurnian Pasir Besi .....	19
3.2.2.2	Sintesis Pigmen <i>Hematite</i> .....	20
3.2.3	Pembuatan Sampel.....	22
3.3	Karakterisasi Sampel.....	24
3.3.1	Karakterisasi Pigmen dengan X-Ray <i>Diffraction</i> (XRD) .....	24
3.3.2	Analisis Warna dengan <i>Commission Internationale d'Eclairage</i> (CIE) L*a*b.....	24
3.3.3	Pengujian Suseptibilitas Magnetik.....	25
3.3.4	Pengujian Densitas dan Viskositas dengan viskometer Ostwald.....	25
3.3.5	Pengujian Homogenitas dan Organoleptik Tinta .....	26
3.3.6	Karakteristik Struktur Permukaan Sampel pada Substrat Menggunakan CCD Mikroskop.....	27
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Pengujian XRD Pigmen <i>Hematite</i> .....	28
4.2	Pengujian <i>Commission Internationale d'Eclairage</i> (CIE) L*a*b.....	30
4.3	Penujian Suseptibilitas Magnetik.....	34
4.4	Penujian Densitas dan Viskositas Tinta dengan Viskometer Ostwald....	34
4.5	Pengujian Homogenitas dan Organoleptik Tinta .....	38
4.6	Karakteristik Struktur Permukaan Sampel pada Substrat Menggunakan CCD Mikroskop.....	40
V.	PENUTUP	
5.1	Simpulan .....	44
5.2	Saran.....	44
	DAFTAR PUSTAKA .....	46
	LAMPIRAN .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Kelompok Jenis Besi Oksida .....	7
2.2 Contoh Material Diamagnetik .....	9
2.3 Contoh Material Paramagnetik .....	10
2.4 Contoh Material Ferromagnetik dan Ferrimagnetik .....	11
2.5 Contoh Material Canted Antiferomagnetik .....	12
3.1 Komposisi Tinta dengan Bahan Perekat Gum Arab.....	22
3.2 Komposisi Tinta dengan Bahan Perekat PVA (Poli Vinil Alkohol) .....	23
4.1 Daftar Peak Hasil Uji XRD Pigmen <i>Hematite</i> .....	30
4.2 Hasil Pengukuran Koordinat Warna .....	32
4.3 Hasil Pengukuran Nilai Suseptibilitas Pigmen <i>Hematite</i> dan Tinta .....	34
4.4 Nilai Viskositas Tinta <i>Whiteboard Dokumental</i> <sup>®</sup> <i>WB 75xx</i> .....	37
4.5 Hasil Pengamatan Organoleptik Sampel Tinta.....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Besi Oksida dalam Sistem Global .....	6
2.2 Penelitian dari Beragai Disiplin Ilmu Tentang Besi Oksida.....	7
2.3 a. Pengemasan Oksigen Hexagonal dengan Kation yang Didistribusi pada Celah Oktahedral .....	8
b. Pemodelan Sel Satuan dengan Bola dan Stik .....	8
2.4 Perbedaan Sifat Magnetik Berdasarkan Arah Spinnya.....	13
2.5 Kurva Histerisis <i>Magnetic Fluids</i> .....	14
2.6 Jenis Bahan yang Digunakan pada Fabrikasi Tinta.....	15
3.1 Proses Penelitian.....	19
3.2 Proses Pemurnian Pasir Besi Secara Konvesional.....	20
3.3 Proses Pembuatan Pigmen <i>Hematite</i> .....	21
3.4 Pigmen Hematite dengan Temperatur Kalsinasi 650°C .....	21
3.5 Proses Pembuatan Tinta Magnetik .....	23
3.6 Viskometer Ostwald .....	25
4.1 Plot Data Hasil XRD .....	28
4.2 Grafik Hasil Uji XRD Pigmen <i>Hematite</i> .....	29
4.3 Warna Tinta Pada Substrat .....	31
4.4 Palet Warna Hasil Pengukuran CIE L*a*b .....	33
4.5 Grafik <i>Chromaticity</i> Tinta Perekat Gum Arab Dan Perekat PVA .....	33
4.6 Densitas Tinta .....	35
4.7 Viskositas Tinta .....	36
4.8 Contoh Aplikasi Tinta pada <i>Whiteboard</i> .....	38
4.9 Hasil CCD Mikroskop Permukaan Sampel Tinta dengan Bahan Perekat Gum Arab .....	41
4.10 Hasil CCD Mikroskop Permukaan Sampel Tinta dengan Bahan Perekat PVA .....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Perhitungan dan Persamaan Reaksi .....	50
2 Proses Pembuatan Pigmen dan Tinta.....	51
3 Pengujian XRD Pigmen.....	53
4 Pengujian Densitas dan Viskositas Tinta.....	56
5 Pengujian CIE L*a*b.....	58

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada beberapa pantai di Indonesia seperti di pantai selatan Jawa (Sehah, *et. al.*, 2016 dan Raharjo, *et. al.*, 2018), Bali, Sumatra (Trilisma, *et. al.*, 2015), Sulawesi, Nusa Tenggara Timur, Maluku dan pantai utara Papua terdapat endapan mineral yang mengandung pasir besi dalam bentuk gumpuk-gumpuk pasir (Hilman, *et. al.*, 2014). Mineral utama yang terkandung dalam pasir besi yaitu *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), dan ilmenit ( $\text{FeTiO}_3$ ) serta mineral lain dalam jumlah yang relatif kecil (Wildfren W. dalam Hilman, *et. al.*, 2014). Pasir besi banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku campuran dalam pembuatan semen dan bahan bangunan dengan nilai ekonomi yang rendah. Oksida besi yang tinggi dalam pasir besi dapat dimanfaatkan sebagai komoditas industri bernilai ekonomi tinggi (Yulianto, *et. al.*, 2003).

Oksida besi dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal meliputi pembuatan pigmen, pigmen magnetik, *ferrites*, katalis, dan lain sebagainya (Cornell, *et. al.*, 2003). Riset tentang oksida besi sudah berkembang dengan baik seperti pembuatan hematit (Uchikosi, *et. al.*, 2009 dan Trilisma, *et. al.*, 2015), *magnetite* (Chiolerio, *et. al.*, 2014), ilmenit (Setiawati, *et. al.*, 2013), *hematite* sebagai kapasitor elektrokimia (Wang, *et. al.*, 2011), MnZn-Ferit sebagai core induktor (Yulianto dan Aji, 2010), pigmen dari oksida besi (Rahman, *et. al.*, 2013 dan Gilalodir, *et. al.*, 2015), sintesis Tooner (Zulaikah, *et. al.*, 2015), dan tinta magnetik (Fajar, 2016).

Oksida besi memenuhi sejumlah kriteria yang dibutuhkan sebagai pigmen. Pigmen oksida besi dapat menghasilkan berbagai warna dengan kepekatan yang tinggi, sifat kimia dan fisika yang stabil, dapat menyerap radiasi sinar UV, serta tidak beracun (Cornell, *et. al.*, 2003). Beberapa warna yang dihasilkan dari besi oksida yaitu warna coklat berasal dari pigmen *copper ferrite* ( $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ) (Saputra, 2016), warna merah dari pigmen *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) (Septityana, *et. al.*, 2013),

warna hitam yang berasal dari pigmen *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), dan pigmen *goethite* ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ) yang menghasilkan warna kuning (Bilalodin, *et. al.*, 2015).

*Magnetic fluids* atau disebut juga *ferrofluid* termasuk dalam material pintar kategori khusus (Huang, *et. al.*, 2017). *Magnetic fluids* terbentuk oleh adanya padatan partikel magnetik dengan diameter kurang lebih 10 nm, yang tersuspensi dalam cairan pembawa (Zhao & Hu, 2012). *Magnetic fluids* (MF) dapat diaplikasikan dalam pembuatan sensor (Piso, 1999), maupun dalam bidang teknologi lain seperti pada hard disk komputer, cairan *loudspeaker*, dan cairan peredam pada motor (Scherer, 2005). Nilai suseptibilitas magnetik yang digunakan untuk alat elektronik yaitu golongan ferromagnetik ataupun ferrimagnetik. Berdasarkan pelarutnya *magnetic fluids* dikategorikan menjadi *magnetic fluids* yang berbasis air dan berbasis minyak (Wu, *et. al.*, 2012). Jenis koloid dari *magnetic fluids* yaitu  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , Co, Fe, ataupun Fe-C yang stabil terdispersi dalam pembawa zat cair (Charles dalam Fajar, 2016), namun yang banyak digunakan yaitu *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dan *maghemite* ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) (Wu, *et. al.*, 2012).

Pigmen magnetik pada umumnya dapat diaplikasikan menjadi bahan pembuatan tinta, cat, ataupun pewarna lainnya karena kepekatan warna yang dimilikinya. Selama dekade terakhir banyak dikembangkan penelitian mengenai pemanfaatan pigmen magnetik sebagai tinta printer (*tooner*) (Mairoza, 2016 dan De Souza, *et. al.*, 2017). Gaffar tahun 2016 membuat antenna yang baik dengan menggunakan tinta magnetik dari bahan *hematite*. *Hematite* merupakan bentuk oksida besi yang paling stabil secara termodinamik (Sivula, *et. al.*, 2011) serta ketersediaannya cukup melimpah dan mudah dijumpai di alam (Rahwanto, 2013 dan Saukani, 2011).

*Tooner* atau tinta kering dapat disintesis dari bahan besi oksida hasil ekstraksi pasir besi (Zulaikhah, *et. al.*, 2015). Fajar (2016) telah melakukan fabrikasi tinta magnetik berbahan dasar magnetit hasil ekstraksi pasir besi menggunakan perekat berupa gum arab. Nilai viskositas tinta yang diperoleh yaitu 0.27 g/cm.s yang nilainya mendekati viskositas tinta secara umum yaitu 0.30 g/cm.s. Penambahan

massa perekat berpengaruh terhadap viskositas, homogenitas tinta, serta kuat luntur tinta magnetik.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh pendahulu, maka dilakukan fabrikasi dan karakterisasi tinta magnetik berbahan dasar pigmen *hematite* dari pasir besi. Tinta yang dibuat merupakan tinta *whiteoard* dengan bahan perekat (biner) yang digunakan yaitu gum arab dan polivinil alkohol (PVA). Tinta dengan bahan perekat gum arab akan ditambahkan konsentrasi pigmen *hematite* sebesar 15 – 40 % dengan kelipatan 5 % untuk tiap sampelnya (De Souza, *et. al.*, 2017). Sedangkan tinta berbahan perekat PVA akan ditambahkan pigmen 10 % dengan kelipatan 5% tiap sampelnya. Karakterisasi yang akan dilakukan terhadap hasil fabrikasi tinta ini yaitu karakterisasi XRD (mengetahui struktur kristal pigmen), analisis warna pigmen dan tinta, suseptibilitas magnetik pigmen dan tinta, densitas dan viskositas tinta, homogenitas dan organoleptik tinta serta sebaran tinta pada permukaan substrat dengan CCD mikroskop.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan dalam latar belakang diatas, didapatkan beberapa rumusan masalah untuk penelitian ini, yaitu :

- (1) Bagaimana cara fabrikasi tinta magnetik berbahan dasar pigmen *hematite* hasil sintesis pasir besi ?
- (2) Apa faktor yang mempengaruhi sifat fisis tinta magnetik *hematite* ?
- (3) Bagaimanakah suseptibilitas pigmen dan tinta magnetik *hematite* ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian ini perlu adanya batasan agar tidak meluas pembahasannya. Batasan masalah dari penelitian ini yaitu :

- (1) Pigmen yang digunakan berasal dari hasil pengolahan pasir besi yang diekstraksi dengan metode presipitasi di Laboratorium Kemagnetan Bahan Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang

- (2) Gum arab teknis dan PVA teknis dipakai sebagai perekat yang lazim digunakan pada pembuatan tinta konvensional.
- (3) Karakterisasi sampel yang dilakukan meliputi :
  - a. Karakterisasi pigmen dengan XRD untuk mengetahui struktur kristalnya
  - b. Analisis warna dengan *Commission Internationale d'Eclairage* L\*a\*b pigmen dan tinta
  - c. Pengujian suseptibilitas sampel pigmen dan tinta
  - d. Pengujian densitas dan kekentalan tinta dengan viskometer Ostwald
  - e. Pengujian homogenitas dan organoleptik tinta
  - f. Karakterisasi sebaran sampel tinta pada permukaan substrat menggunakan CCD mikroskop.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan dilakukannya penelitian ini, yaitu :

- (1) Menghasilkan tinta magnetik berbahan dasar pigmen *hematite* dari pasir besi.
- (2) Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisis tinta magnetik.
- (3) Mengetahui suseptibilitas magnetik dari pigmen dan tinta yang terbentuk.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan tujuan penelitian yang telah disebutkan diatas dapat diperoleh beberapa manfaat dalam penelitian ini, antara lain :

- (1) Skripsi ini harapannya dapat menyajikan informasi mengenai fabrikasi dan karakterisasi tinta magnetik berbahan dasar pigmen *hematite* yang diekstraksi dari pasir besi.
- (2) Mengetahui komposisi dan sifat fisis tinta magnetik berbahan dasar pigmen *hematite* dari ekstraksi pasir besi.
- (3) Mengetahui pengaruh penggunaan perekat (binder) gum arab atau PVA terhadap karakteristik tinta *hematite*, yang harapannya akan memberikan informasi tentang penggunaan perekat sebagai pengikat pigmen pada fabrikasi tinta.

- (4) Mengetahui konsentrasi tinta yang paling baik sesuai dengan standar yang ada di pasaran.
- (5) Menghasilkan produk tinta yang lebih ramah lingkungan serta lebih nyaman saat digunakan.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi ini secara garis besar terbagi menjadi tiga bagian, yaitu pendahuluan skripsi, isi skripsi dan bagian akhir skripsi. Bagian pendahuluan terdiri halaman judul, persetujuan pembimbing, pengesahan pembimbing, pengesahan kelulusan, pernyataan, motto dan persembahan, daftar isi, daftar tabel, dan daftar lampiran.

Bagian isi skripsi terdiri dari 5 bab, yaitu : Bab 1 Pendahuluan, Bab 2 Tinjauan Pustaka, Bab 3 Metode Penelitian, Bab 4 Hasil dan Pembahasan, Bab 5 Kesimpulan dan Saran. Bab 1 berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Bab 2 berisi tentang teori dan konsep yang dipakai dalam penelitian. Bab 3 membahas tentang metodologi penelitian meliputi desain penelitian, diagram alir penelitian, prosedur penelitian, metode pengujian dan pengambilan data. Bab 4 membahas mengenai analisis data dan pembahasan hasil penelitian dalam rangka menjawab rumusan masalah. Bab 5 merupakan simpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

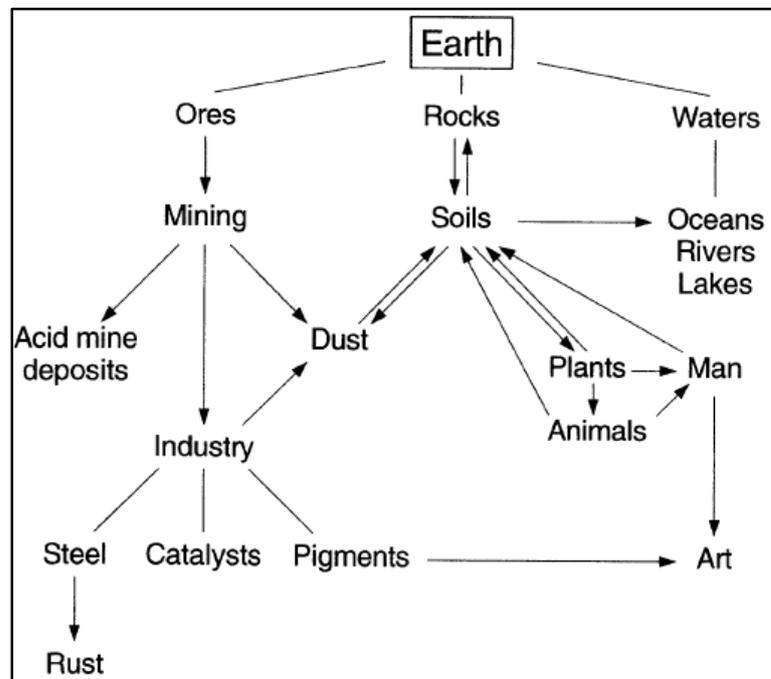
Bagian akhir skripsi berisi daftar pustaka serta lampiran-lampiran data penelitian serta dokumentasi penelitian.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

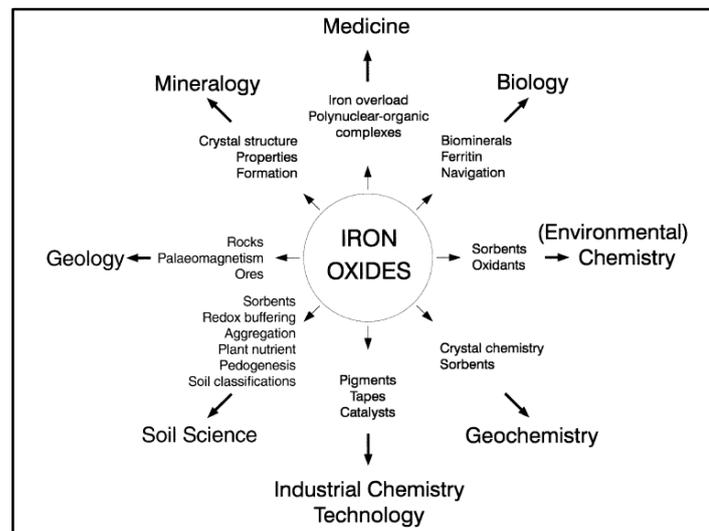
#### 2.1 Mineral Besi Oksida

Mineral besi oksida tersedia di alam dan siap disintesis di laboratorium. Besi oksida terdapat di berbagai bagian bumi seperti *atmosphere*, *pedosphere*, *biosphere*, *hydrosphere*, dan *litosphere* serta hubungan antar bagian tadi tergambar dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Besi Oksida dalam Sistem Global (Cornel & Schwertmann, 2003)

Besi oksida banyak dikembangkan pada berbagai disiplin ilmu yang tentunya manusia sangat berperan dalam hal ini. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan maka penelitian tentang besi oksida dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.

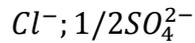


Gambar 2.2 Penelitian dari Beragai Disiplin Ilmu Tentang Besi Oksida (Cornel & Schwertmann, 2003)

Ada 16 besi oksida yang dikelompokkan menjadi oksida, hidroksida atau oksida hidroksida. Oksida besi tersusun dari unsur Fe yang disertai dengan O dan atau OH. Tabel 2.1 merupakan tabel kelompok jenis besi oksida. Banyak besi campuran mempunyai struktur trivalent seperti  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  memiliki ion  $\text{Fe}^{2+}$ .

Tabel 2.1 Kelompok Jenis Besi Oksida

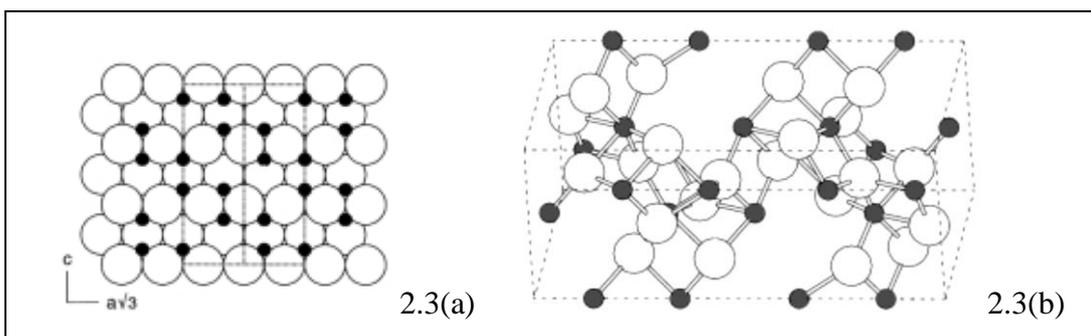
<i>Oxide-hydroxides and hydroxides</i>	<i>Oxides</i>
<i>Goethite <math>\alpha - \text{FeOOH}</math></i>	<i>Hematite <math>\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3</math></i>
<i>Lepidocrocite <math>\gamma - \text{FeOOH}</math></i>	<i>Magnetite <math>\text{Fe}_3\text{O}_4 (\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}_2^{\text{III}}\text{O}_4)</math></i>
<i>Akaganeite <math>\gamma - \text{FeOOH}</math></i>	<i>Maghemite <math>\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3</math></i>
<i>Schwertmannite</i>	<i><math>\beta - \text{Fe}_2\text{O}_3</math></i>
<i><math>\text{Fe}_{16}\text{O}_{16}(\text{OH})_y(\text{SO}_4)_z \cdot n\text{H}_2\text{O} \delta - \text{FeOOH}</math></i>	<i><math>\varepsilon - \text{Fe}_2\text{O}_3</math></i>
<i>Feroxyhyte <math>\delta' - \text{FeOOH}</math></i>	<i>Wustite <math>\text{FeO}</math></i>
<i>High pressure <math>\text{FeOOH}</math></i>	
<i>Ferrihydrite <math>\text{Fe}_5\text{HO}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}</math></i>	
<i>Bernalite <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math></i>	



## 2.2 Hematite ( $\alpha - Fe_2O_3$ )

*Hematite* ( $\alpha - Fe_2O_3$ ) merupakan mineral oksida besi tertua yang ditemukan. Warnanya merah darah jika dalam ukuran partikel yang sangat kecil dan berwarna hitam atau berkilau saat dalam bentuk kristal yang lebih besar. *Hematite* memiliki struktur korundum ( $Al_2O_3$ ) yang didasarkan pada pengemasan anion hcp. Seperti *Goethite*, ia sangat stabil dan seringkali merupakan fase akhir dari transformasi oksida besi yang lain. *Hematite* merupakan suatu pigmen yang penting dan bijih berharga.

Sel satuan hematit berbentuk heksagonal dengan  $a = 0,5034$  nm dan  $c = 1,375$  nm. Terdapat enam unit formula per unit sel. Struktur hematit dapat digambarkan sebagai susunan hcp dari ion oksigen yang ditumpuk di sepanjang arah [001], dengan bidang anion sejajar dengan bidang (001) (Gambar 2.3 a). Jika dibuat dengan stick dan bola maka struktur *hematite* dapat dilihat dalam Gambar 2.3 b di bawah ini. *Hematite* bersifat antiferomagnetik (Cornell, *et. al.*. 2003).



Gambar 2.3 (a) Pengemasan Oksigen Hexagonal dengan Kation yang Distribusi pada Celah Oktahedral (b) Pemodelan Sel Satuan dengan Bola dan Stick

## 2.3 Sifat Kemagnetan Bahan

Sifat kemagnetan suatu bahan dipengaruhi oleh bilangan kuantum keempat yang dikenal sebagai bilangan kuantum spin. Bilangan tersebut menunjukkan arah dari gerakan elektron mengelilingi atom. Spin elektron mempunyai nilai  $+1/2$  (elektron bergerak searah jarum jam) atau  $-1/2$  (elektron bergerak berlawanan arah jarum jam). Gerakan elektron dalam atom yang saling berlawanan akan menimbulkan suatu gaya yang disebut momen magnetik, dimana resultan gayanya akan sama dengan nol jika momen yang dihasilkan merupakan momen hasil gerak elektron. Berdasarkan sifat medan magnet atomis, bahan dibagi menjadi beberapa jenis:

### 2.3.1 Diamagnetik

Jika suatu bahan terkena medan magnet luar maka atom di dalamnya menyebabkan orbital elektronnya agak tidak seimbang dan menciptakan dipol magnet yang kecil. Nilai dipol orbitalnya sebesar  $1/3$  nilai dipol spinnya (Marwoto dan Astuti). Sifat diamagnetik merupakan sifat suatu bahan yang menyebabkan tolakan terhadap medan magnet. Nilai suseptibilitasnya negatif yaitu  $-10^{-6}$ , nilainya negatif atau tidaknya bergantung pada temperatur (Ramimoghadam *et. al.*, 2014). Suseptibilitas material yang mempunyai sifat diamagnetik dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Contoh Material Diamagnetik (Firdaus, 2019)

Bahan	Suseptibilitas $\chi_m$ ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )
Perak	$-2,4 \times 10^{-5}$
Emas	$-3,5 \times 10^{-5}$
Tembaga	$-0,98 \times 10^{-5}$
Air raksa	$-2,8 \times 10^{-5}$
Bismut	$-16,4 \times 10^{-5}$
Intan	$-2,2 \times 10^{-5}$
Hidrogen	$-0,22 \times 10^{-8}$
Karbon dioksida (1 atm)	$-1,19 \times 10^{-8}$
Nitrogen (1 atm)	$-0,67 \times 10^{-8}$

Bahan yang bersifat diamagnetik tidak dapat menyalurkan garis gaya magnet. Hal tersebut disebabkan karena hampir semua spin elektron mempunyai pasangan, suatu bahan memiliki sifat magnetik jika susunan atom mempunyai spin berpasangan.

### 2.3.2 Paramagnetik

Material yang bersifat paramagnetik akan tertarik ke arah medan magnet. Material ini mengandung elektron yang tidak berpasangan, yang secara acak disejajarkan dengan atom yang berbeda. Setiap atom dari material paramagnetik dapat dilibatkan sebagai magnet kecil dengan momen magnet bawaan. Jika didekatkan dengan medan magnet maka orientasi dari atom penyusun akan sejajar dengan medan magnet tersebut (Bhozinova dalam Rammimoghadam, *et al*, 2014). Material ini mempunyai nilai suseptibilitas magnetik positif kecil ( $<0.01$ ). Bahan paramagnetik dapat dipengaruhi oleh medan magnet luar, tetapi tidak semudah bahan ferromagnetik. Bahan paramagnetik disebut juga sebagai magnet sementara. yang termasuk golongan paramagnetik yaitu tembaga, emas, mangan, platina, kromium, aluminium, dan lain-lain (Marwoto dan Astuti, 2017). Suseptibilitas material yang bersifat paramagnetik dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Contoh Material Paramagnetik (Firdaus, 2019)

<b>Bahan</b>	<b>Suseptibilitas <math>\chi_m(\text{m}^3/\text{kg})</math></b>
Natrium	$0,84 \times 10^{-5}$
Magnesium	$1,2 \times 10^{-5}$
Oksigen (1atm)	$193,5 \times 10^{-8}$
Tungsten	$7,6 \times 10^{-5}$
Titan	$18 \times 10^{-5}$
Aluminium	$2,1 \times 10^{-5}$
GdCl <sub>3</sub>	$603 \times 10^{-5}$

### 2.3.3 Ferromagnetik dan Ferrimagnetik

Material yang bersifat Ferromagnetik dan Ferrimagnetik merupakan material yang sangat mudah ditarik oleh suatu medan magnet sehingga memungkinkan terjadi magnetisasi spontan. Mereka mengandung elektron yang tidak berpasangan momen-momennya disebabkan oleh interaksi antara spin tetangga, setidaknya sebagian diantaranya sejajar walaupun tidak ada medan magnet. Energi spin coupling positif. Dalam ferromagnetik, spin elektronnya paralel. maerial tersebut mempunyai nilai suseptibilitas positif sebesar  $0.01-10^6$  dan permeabilitas magnetik yang besar. Ketika temperatur dinaikkan maka keteraturan spin berkurang sebanding dengan naik turunnya temperatur momen magnetik individu dan suseptibilitas menurun tajam.

Bahan ferrimagnetik seperti antiferromagnetik terdiri atas setidaknya dua subliter interpenetrating dengan penyelarasan spin antiparalel. Dalam material ferromagnetik setiap spin yang berbeda memiliki momen magnetik yang bersih. Bahan ferromagnetik, ferrimagnetik dan antiferromagnetik memiliki struktur domain, partikelnya berukuran 50 sampai 500 nm yang terdiri dari satu domain tunggal. Spin dalam satu domain yaitu antiparalel atau paralel, namun domain yang berbeda akan menghasilkan spin yang berbeda pula. Suseptibilitas material yang mempunyai sifat ferromagnetik dan ferrimagnetik dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Contoh Material Ferromagnetik dan Ferrimagnetik (Dearing, 1999)

<b>Material</b>	<b>Suseptibilitas <math>\chi_m(10^{-6}\text{m}^3/\text{kg})</math></b>
<b>Ferromagnetik</b>	
<i>Iron</i>	276000
<i>Cobalt</i>	204000
<i>Nikel</i>	68850
<b>Ferrimagnetik</b>	
<i>Magnetite</i>	
(0,012-0,069 $\mu\text{m}$ )	513-1116
	500-1000

(0,09-2000 $\mu\text{m}$ )	596 $\pm$ 77
(1-250 $\mu\text{m}$ )	440-716
	390-580
<i>Maghemit</i>	410,440
	286-371
<i>Titanomagnetite</i>	169-290
<i>Titanohaematite</i>	281-315
<i>Pyrrhotite</i>	50,53

### 2.3.4 Canted Antiferomagnetik

Canted antiferomagnetik merupakan material yang masing-masing dipolnya mempunyai momen yang sama. Tetapi dipol yang berdekatan berlawanan arahnya dengan demikian, masing-masing dipol saling meniadakan satu sama lain, sehingga magnetisasi netto sama dengan nol. Nilai suseptibilitas magnetiknya positif yaitu sekitar 0-0,1 dan permeabilitasnya positif. Peningkatan temperatur akan meningkatkan suseptibilitasnya karena pasangan antiparalel terdistorsi. Gejala ini banyak ditunjukkan oleh senyawa logam transisi, seperti kristal  $\text{MnFe}_2$ . Material yang bersifat canted antiferomagnetik dapat dilihat pada Tabel 2.5.

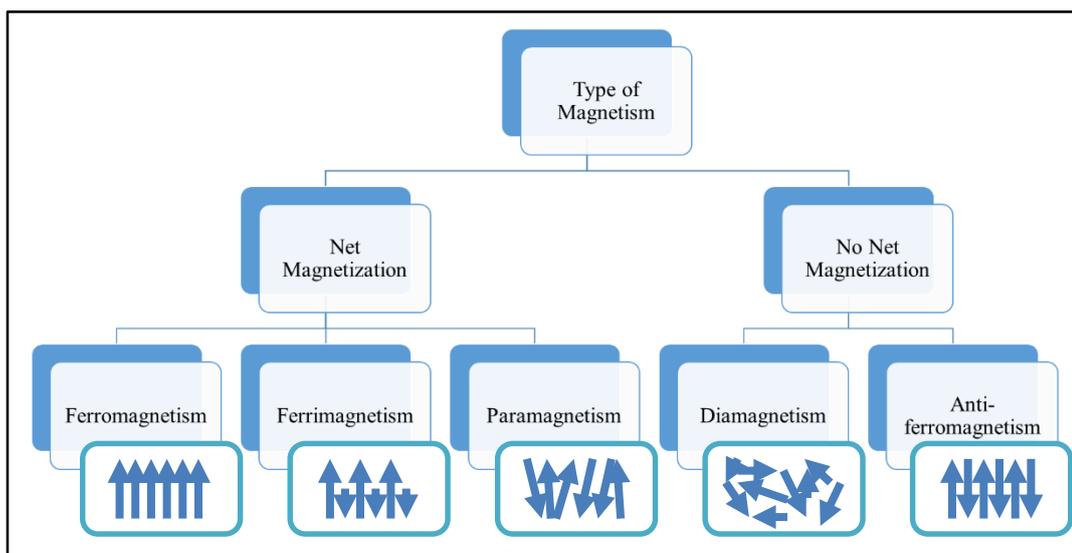
Tabel 2.5 Contoh Material Canted Antiferomagnetik (Dearing, 1999)

<b>Bahan</b>	<b>Suseptibilitas <math>\chi_m(\text{m}^3/\text{kg})</math></b>
Natrium	0,84 x $10^{-5}$
Magnesium	1,2 x $10^{-5}$
Oksigen (1atm)	193,5 x $10^{-8}$
Tungsten	7,6 x $10^{-5}$
Titan	18 x $10^{-5}$
Aluminium	2,1 x $10^{-5}$
$\text{GdCl}_3$	603 x $10^{-5}$

### 2.3.5 Superparamagnetik

Superparamagnetik merupakan sifat material yang muncul karena anisotropi magnetik, yaitu ketika spin elektron yang selaras dengan arah kristal yang ditempatinya, sehingga menghasilkan magnetisasi yang mudah. Arah yang diikuti harus sejajar dengan salah satu arah sumbu kristalnya, misalnya arahnya untuk magnetit.

Efek superparamagnetik tergantung pada ukuran partikel dan konstanta anisotropi, biasanya ditunjukkan oleh besi oksida dengan ukuran kurang dari 10 nm. relaksasi superparamagnetik dapat dinetralkan dengan mengurangi temperatur dan meningkatkan waktu intransitif. Sifat-sifat khas yang ditunjukkan oleh material magnetik dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut ini.

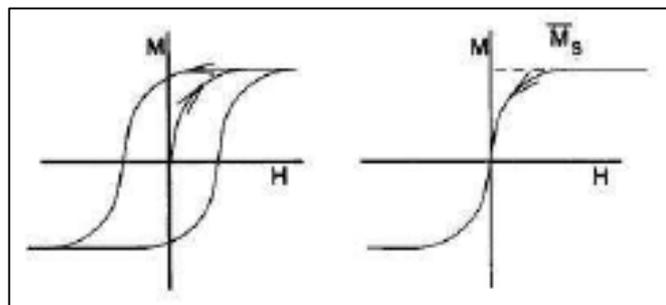


Gambar 2.4 Perbedaan Sifat Magnetik Berdasarkan Arah Spinnya

## 2.4 Fluida Magnetik

*Magnetic fluids* terbentuk oleh adanya padatan partikel magnetik dengan diameter kurang lebih 10 nm, yang tersuspensi dalam cairan pembawa (Zhao & Hu, 2012). *Magnetic fluids* atau disebut juga *ferrofluid* termasuk dalam material pintar kategori khusus (Huang, *et. al.*, 2017). Magnetik fluid peka terhadap medan magnet luar,

tanpa adanya medan magnet luar mengakibatkan momen magnetik dari partikel satuan terdistribusi secara acak dan tidak termagnetisasi. Gambar 2.5 merupakan bentuk loop histerisis grafik  $M$  (magnetisasi) dengan  $H$  (medan magnet). Saat medan magnet didekatkan pada magnetic fluids, momen magnetik dari partikel berorientasi sepanjang garis medan dengan cepat. Magnetisasi ( $M$ ) dari MF merespon dengan cepat perubahan medan magnet  $H$ . Saat medan magnet dihilangkan, maka partikel akan kembali acak dengan cepat. Fluida magnetik tergolong dalam material superparamagnetik.



Gambar 2.5 Kurva Histerisis *Magnetic Fluids*

Saturasi magnetisasi dari fluida magnetik ditentukan oleh sifat bahan magnet dan ukuran pembebanan. Semakin besar material magnetik yang tersuspensi, semakin besar saturasi magnetisasi dari fluida magnetik. Kekentalan fluida magnetik antara 5 centipoise sampai melebihi 25000 cp pada temperatur 27 °C tergantung pada larutan pembawa utamanya. Kekentalannya akan menurun ketika temperaturnya dinaikkan.

## 2.5 Perekat

Perekat berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan penyusun tinta dan melindungi warna pigmen (Yuniarti, *et. al.*, 2015). Pada proses sablon perekat berfungsi sebagai pengencer yang akan membuat tinta menjadi lebih encer dan mudah diserap oleh kain sablon (Luzar, 2010). Pada penelitian ini dipakai dua jenis perekat yaitu :

### **2.5.1 Gum Arab**

Gum arab (GA) atau gum Acacia merupakan biopolimer yang dapat dimakan diperoleh sebagai eksudat atau zat yang keluar dari pori pohon Acacia Senegal atau Acacia seyal dewasa yang tumbuh terutama di Afrika di wilayah Sahe di Sudan. Terdapat lebih dari 1000 spesies acacia di dunia, Sudan termasuk 15 produsen terbesar yang mengolah GA secara tradisional. Eksudat yang dikeluarkan mempunyai viskositas yang rendah dan kaya serat terlarut yang dikeluarkan dari batang dan dahan yang biasanya terjadi karena tekanan, kekeringan, tanah yang tidak subur, dan rusak. Penggunaan GA dimulai sebelum Masehi oleh bangsa Mesir kuno yang menggunakannya sebagai bahan perekat dan tinta. Sepanjang perjalanannya, GA mulai dikenal di Eropa dan dimulailah istilah “gum arab” karena diekspor dari seluruh kawasan Arab.

Secara kimia, GA termasuk campuran kompleks dari makromolekul dari perbedaan ukuran dan komposisi (terutama karbohidrat dan protein). Kajian sifat dan keistimewaan GA semakin luas dan dikembangkan terutama pada sektor industri, meliputi tekstil, keramik, litografi, kosmetik, makanan, dan obat-obatan. Industri makanan menggunakan GA sebagai penstabil, pengental dan pembentuk emulsi pada sirup, permen karet, dan krim. Industri obat-obatan memanfaatkan GA sebagai pengolahan dan pembawa obat-obatan karena dianggap secara fisis tidak berbahaya, antioksidan, perawatan untuk beberapa penyakit terkait gagal ginjal, cardiovascular, dan gastrointestinal (Fajar, 2016).

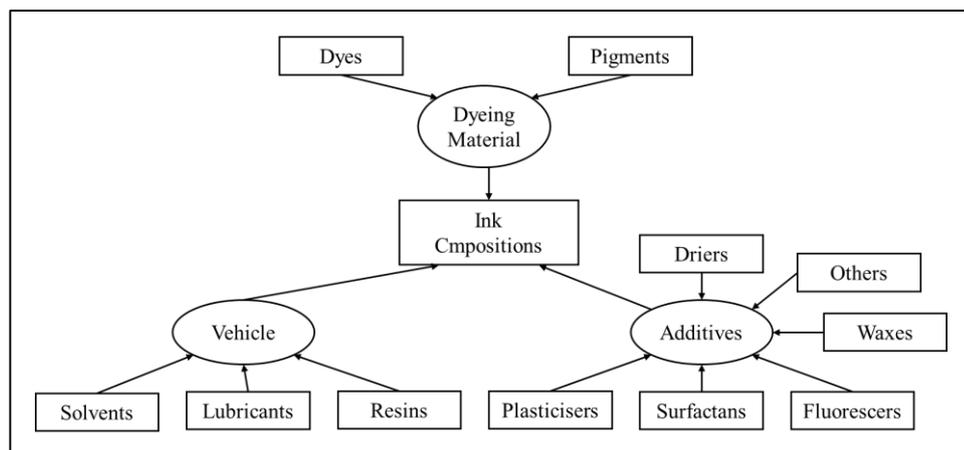
### **2.5.2 Poli Vinil Alkohol (PVA)**

Poli Vinil Alkohol (PVA) adalah polimer termoplastik yang larut dalam air. PVA dihasilkan dari hidrolisis polivinil asetat. Vinil Alkohol mempunyai sifat fleksibilitas yang tinggi, kekuatan tarik dan daya ikatnya besar serta sifat pembentukan film yang sangat baik dan tidak mudah terlarut ([www.hsh-chemie.com](http://www.hsh-chemie.com)). PVA merupakan polimer sintetis yang ramah secara biologis dan telah dikembangkan untuk aplikasi biomedis seperti pankreas buatan, tubuh vitreous sintetis, balutan luka, kulit buatan, dan perangkat kardiovaskular (Chhatri,

*et. al.*, 2011). Dapat dikatakan bahwa polimer ini tidak berbahaya dan tidak beracun.

## 2.6 Tinta

Tinta merupakan formasi dari koloid, yang ditambahkan pewarna, pelarut, pembawa atau pengikat, dan zat-zat aditif lain. Di dalam tinta mengandung pewarna, zat warna, pengikat, pelumas, resin, surfaktan, fluorescers, dan bahan lain (Gambar 2.6). Dari pertimbangan lingkungan, tinta berbasis air digunakan hampir pada rumah-rumah atau kantor dan tinta berbasis minyak yang banyak digunakan pada alat tulis.



Gambar 2.6 Jenis Bahan yang Digunakan pada Fabrikasi Tinta

Keuntungan tinta berbasis air meliputi keamanan tinggi atau tidak beracun, kualitas hasil yang tinggi, dan kemampuan cetak yang jelas. Kerugian paling utama dari tinta ini adalah waktu yang lama untuk mengering, goresan tipis, ketahanan cuaca yang buruk, kemampuan menutup yang buruk dan kualitas cetak yang buruk. Dengan menggunakan zat aditif khusus, termasuk resin dengan molekul berat, lilin, dan material lain, serta teknik pembuatan, beberapa sifat tinta berbasis air telah ditingkatkan, namun membutuhkan biaya yang lebih banyak.

Banyak tinta komersial mengandung resin yang dihasilkan dari sumber bahan bakar fosil dan tidak ramah untuk lingkungan. Meskipun jumlah tinta relatif sedikit

dengan tanggapan masyarakat pada bahan pencetak, kebutuhan membuat tinta menjadi bersifat ramah lingkungan. Termasuk juga zat perekat tinta, tinta konvensional menggunakannya untuk mencetak bahan-bahan kemasan, seperti kertas dan kertas karton dapat mengkontaminasi proses daur ulang dan berakibat pada kualitas kertas daur ulang. Banyak sekali usaha yang dilakukan untuk mengembangkan formula tinta berbasis resin yang ramah lingkungan.

Ada beberapa jenis tinta yang beredar di pasaran, salah satunya yaitu tinta *whiteboard* dengan viskositas yang kecil. Viskositas tinta berpengaruh terhadap laju aliran tinta (Gunawan et al, 2012). Menurut SNI tinta yang baik memiliki densitas atau massa jenis  $0.9 - 1 \text{ g/cm}^3$  dan mempunyai viskositas 1.12 cP. Konsentrasi dari pigmen yang terlarut dalam tinta juga berpengaruh terhadap viskositas tinta (Regganis, *et. al.*, 2017).

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Pelaksanaan Penelitian

Fabrikasi tinta magnetik berbahan dasar *hematite* hasil ekstraksi pasir besi dilakukan di Laboratorium Kemagnetan Bahan, Jurusan Fisika, Universitas Negeri Semarang. Penelitian ini terbagi dalam beberapa tahapan yaitu sintesis pigmen *hematite*, pembuatan sampel tinta magnetik, dan karakterisasi sampel tinta magnetik.

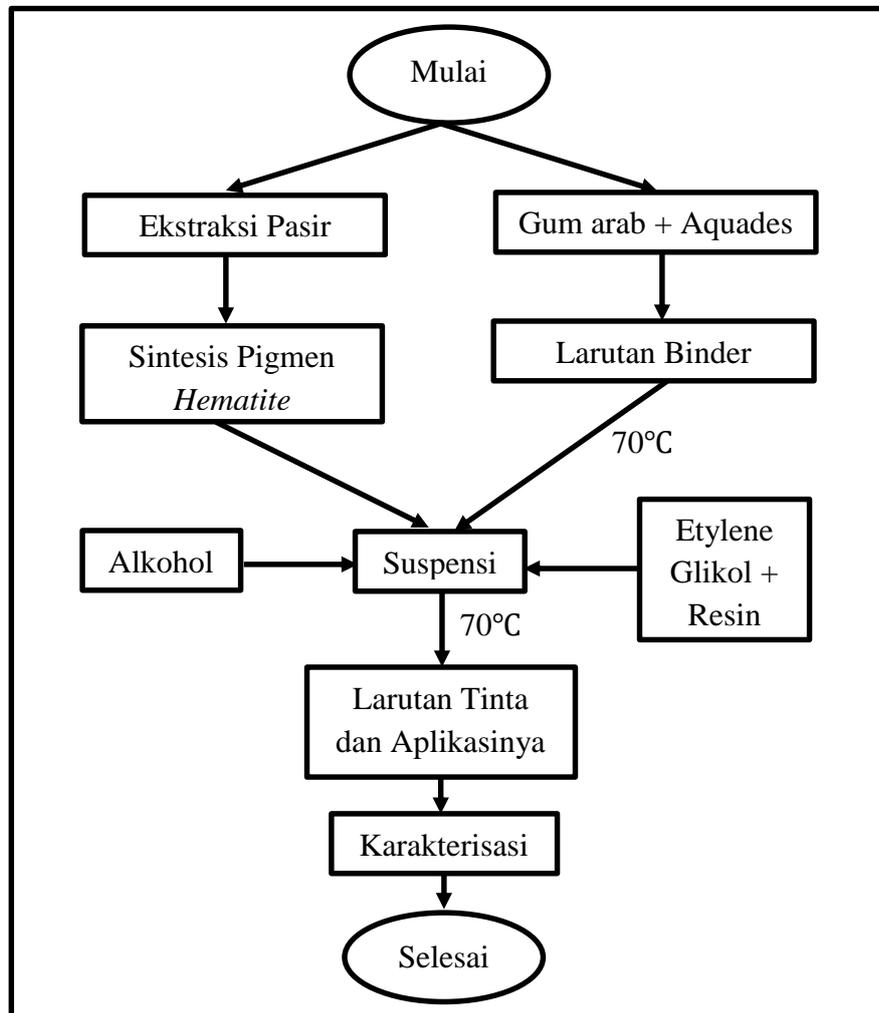
#### 3.2 Prosedur Penelitian

Proses penelitian fabrikasi tinta magnetik berbahan dasar *hematite* ( $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) tergambar dalam diagram alir pada Gambar 3.1.

##### 3.2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu (1) neraca, (2) *ball mill*, (3) *screen* sablon T90 dan T150, (4) gelas ukur, (5) gelas beker, (6) *stirrer*, (7) pH meter, (8) kertas saring, (9) oven, (10) *Furnice*, (11) Magnet Kertas, (12) viskometer Ostwald, (13) colorimeter AMT 500, dan (14) Mikroskop CCD.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pasir besi yang telah diekstraksi, Asam Klorida (HCl), Natrium Hidroksida (NaOH), Aquadest, gum arab, Poli Vinil Alkohol (PVA), Tinner (M4), Poli Etylen Glikol (PEG), dan Alkohol.



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Penelitian

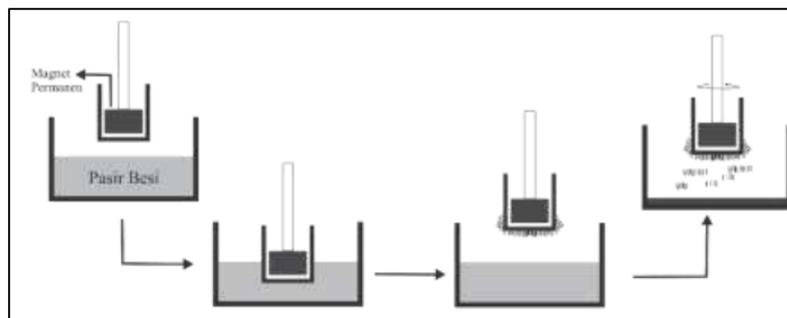
### 3.2.2 Pembuatan Pigmen Hematite

Pigmen *hematite* dibuat dengan dua tahapan yaitu :

#### 3.2.2.1 Pemurnian Pasir Besi

Langkah pertama yaitu mengekstraksi pasir besi kemudian menggilingnya dengan *ball mill*. Menyaring hasil gilingan dengan penyaring T90, mengulang proses tersebut hingga pasir besi terpisah dengan pengotor nonmagnetik. Selanjutnya pemurnian dilakukan dengan memanfaatkan besi batangan untuk memisahkan pasir besi dan pengotornya hingga mendapatkan magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan kemurnian 99%.

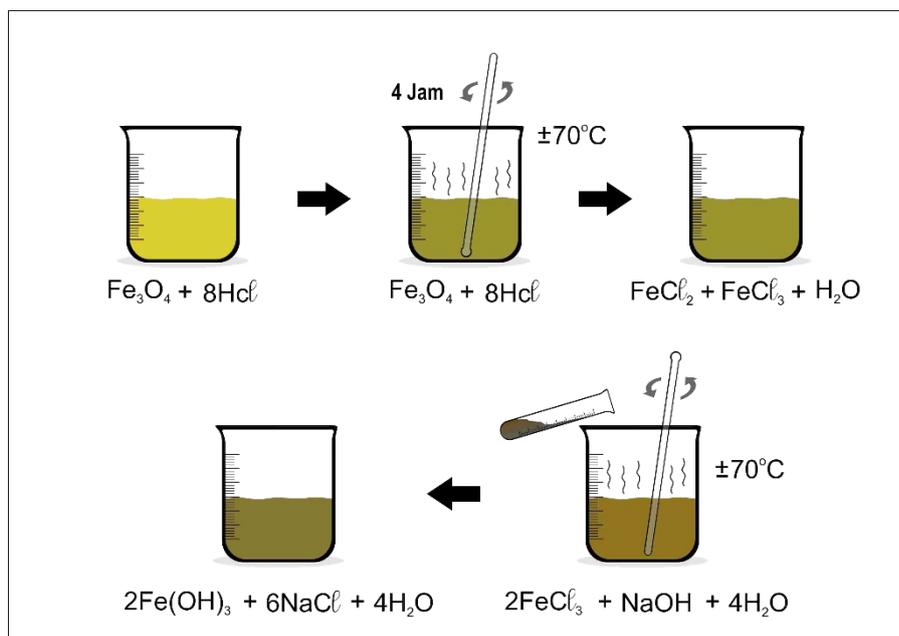
Metode ini telah dilakukan oleh peneliti pendahulu dan dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Proses Pemurnian Pasir Besi Secara Konvensional (Fajar, 2016)

#### 3.2.2.2 Sintesis Pigmen *Hematite* ( $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$ )

Pembuatan pigmen *hematite* dilakukan dengan metode presipitasi. Melakukan perhitungan stoikiometri seperti tercantum pada lampiran 1. Melarutkan pasir besi hasil pemurnian yang telah dihaluskan dengan *ballmill* ke dalam larutan HCl dengan takaran yang telah dihitung sebelumnya, kemudian mengaduk campuran menggunakan stirer selama  $\pm 4$  jam. Temperatur pengadukan yaitu  $70^\circ\text{C}$ . Larutan yang telah distirer didiamkan selama 24 jam supaya lebih homogen. Setelah 24 jam didiamkan larutan direaksikan kembali dengan basa kuat natrium hidroksida (NaOH) hingga larutan tersebut jenuh dengan pH antara 6-8. Larutan yang telah jenuh didiamkan selama 24 jam supaya terbentuk endapan. Endapan yang terbentuk merupakan endapan garam dan FeOH. Proses diatas tergambar dalam skema percobaan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Proses Pembuatan Pigmen *Hematite*

Endapan  $\text{FeOH}$  disaring dan dicuci menggunakan aquades sebanyak 3 kali hingga garamnya hilang kemudian dikeringkan dengan oven selama 2 jam yang temperaturnya  $150^\circ\text{C}$  hingga kering. Hasil pencucian didapatkan pigmen  $\text{FeOOH}$  yang kemudian dilanjutkan dengan proses kalsinasi pada temperatur  $650^\circ\text{C}$  sehingga dihasilkan pigmen *hematite* yang berwarna merah seperti Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Pigmen *Hematite* dengan Temperatur Kalsinasi  $650^\circ\text{C}$

### 3.2.3 Pembuatan Sampel

Sampel tinta yang dibuat merupakan tinta *whiteboard* dengan pelarut berupa air (*waterbased ink*). Langkah-langkah pembuatan tinta magnetik yaitu :

- (1) Membuat larutan perekat dari gum arab 3 gram yang dilarutkan dengan aquades 10 ml dan perekat PVA 6 gram dengan aquades 60 mililiter. Larutan perekat ini berfungsi sebagai pengikat antara perekat dan bahan lainnya. Aquades digunakan sebagai solven karena aquades tidak berbau menyengat dan tidak beracun.
- (2) Mengaduk larutan perekat dengan *stirrer* dengan temperatur pengadukan 70-80°C hingga terbentuk campuran yang homogen.
- (3) Menambahkan pigmen *hematite* ke dalam larutan gum arab yang telah homogen tadi. Penambahan pigmen *hematite* dengan konsentrasi sebesar 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40% untuk tinta perekat gum arab dan 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35% untuk tinta perekat PVA. Persentase tersebut merupakan persentase pigmen terhadap pigmen yang digunakan. Zat aditif lainnya seperti Alkohol, *ethylene glycol*, dan tinner (M4) ke dalam larutan dengan komposisi seperti pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.1 Komposisi Tinta dengan Bahan Perekat Gum Arab

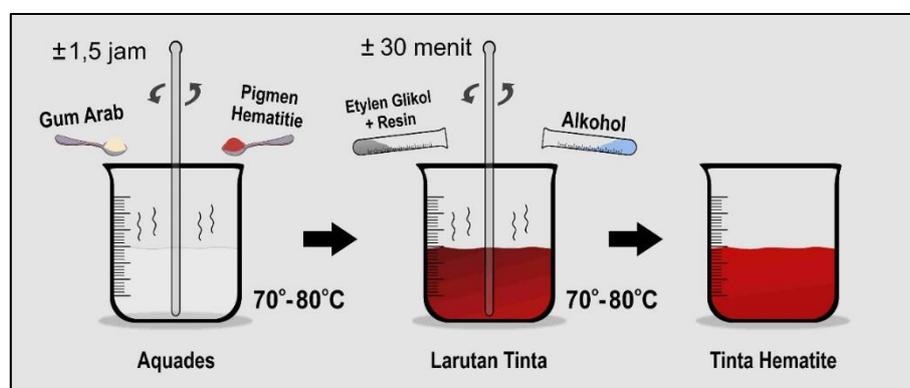
Sampel	Perekat (mL)	Pigmen (g)	Alkohol (mL)	PEG (mL)	Tiner (M4) (mL)
S1.1	60	9	18	3	3
S1.2	60	12	18	3	3
S1.3	60	15	18	3	3
S1.4	60	18	18	3	3
S1.5	60	21	18	3	3
S1.6	60	24	18	3	3

Tabel 3.2 Komposisi Tinta dengan Bahan Perekat PVA (Poli Vinil Alkohol)

Sampel	Perekat (mL)	Pigmen (g)	Alkohol (mL)	PEG (mL)	Tiner (M4) (mL)	Aquadest (mL)
S2.1	40	4	30	3	11	30
S2.2	40	6	30	3	11	30
S2.3	40	8	30	3	11	30
S2.4	40	10	30	3	11	30
S2.5	40	12	30	3	11	30
S2.6	40	14	30	3	11	30

- (4) Menambahkan alkohol pada tinta sesuai komposisi, alkohol berfungsi sebagai pengoksidasi tinta saat diaplikasikan atau sebagai pengering karena kekurangan tinta yang berbasis air adalah lama kering sehingga perlu ditambahkan alkohol agar mempercepat proses pengeringan tinta tersebut.
- (5) Menambahkan *ethylene glycol* pada tinta, *ethylene glycol* berfungsi sebagai penstabil larutan tinta atau sebagai *releasing* agen agar tinta tidak meekat secara permanen diatas *whiteboard*.
- (6) Menambahkan tinner (M4) pada tinta, tinner berperan untuk memperkuat proses pengikatan perekat dengan pigmen dan zat lainnya.

Seluruh proses diatas harus dilakukan dengan pengadukan yang cepat supaya pigmen tercampur dengan baik dan larutan tinta yang terbentuk homogen. Proses di atas tergambar dalam skema pembuatan sampel tinta pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Proses Pembuatan Tinta Magnetik

### 3.3 Karakterisasi Sampel

Karakterisasi hasil fabrikasi tinta magnetik berbahan dasar pigmen *hematite* pasir besi dilakukan untuk mengetahui struktur kristal, koordinat warna, respon tinta terhadap medan magnet luar, viskositas tinta, homogenitas dan organoleptik tinta serta struktur permukaan tinta magnetik pada substrat.

#### 3.3.1 Karakterisasi Pigmen dengan X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction (XRD) digunakan untuk mengetahui struktur kristal dan orientasi bidang kristal suatu material. Informasi yang diperoleh dengan karakterisasi XRD yaitu spektrum sudut hamburan ( $2\theta$ ) yang digambarkan dalam sumbu x grafik dan intensitas (I) dalam sumbu y. Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan data COD yang bertujuan untuk mengidentifikasi struktur kristal yang terbentuk menggunakan aplikasi *MATCH!*2.

Ukuran kristal dari material dapat ditentukan menggunakan nilai FWHM. Nilai FWHM didapatkan dari nilai titik tengah intensitas puncak tertinggi pada suatu difraktogram XRD. Sudut difraksi diperoleh dengan menerapkan persamaan Bragg. Ukuran kristal juga dapat diidentifikasi dengan formula Scherer (Cullity dalam Saputra, 2017)

$$t = \frac{0,9 \lambda}{B \cos \theta} \quad (\text{pers. 3.1})$$

Dengan t merupakan ukuran kristal, B merupakan *full width at half-maximum* (FWHM) dalam radian, dan  $\theta$  merupakan sudut difraksi.

#### 3.3.2 Analisis Warna dengan Commission Internationale d'Eclairage (CIE)

##### $L^*a^*b$

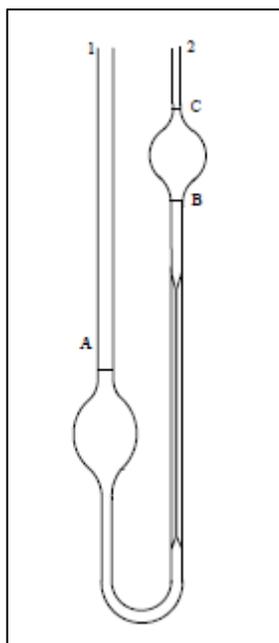
Pigmen dijadikan tinta dengan metode *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE)  $L^*a^*b$  *calorimetry system*. Alat yang digunakan yaitu colorimeter AMT 500. Hasil  $L^*a^*b$  diambil menggunakan alat *spectrophotometer analyzer* dengan cara meletakkan sampel di atas alat, sebagai hasilnya data  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$ .

### 3.3.3 Pengujian Suseptibilitas Magnetik

Pengukuran suseptibilitas magnetik dilakukan menggunakan alat *suseptibility-meter barinton MS2* di Universitas Negeri Malang. Sampel yang digunakan yaitu sampel pigmen dan salah satu sampel tinta. Data yang didapatkan dianalisis berdasarkan kuat lemahnya material magnetiknya.

### 3.3.4 Pengujian Densitas dan Viskositas dengan viskometer Ostwald

Pengujian kekentalan sampel dilakukan menggunakan viskometer Ostwald yang terlukis dalam Gambar 3.6 yang terbentuk dalam pipa U dengan dua resevoir bulbus yang dipisahkan oleh pipa kapiler. Besaran yang terukur yaitu waktu yang dibutuhkan tinta untuk mengalir.



Gambar 3.6 Viskometer Ostwald (Viswanat, *et. al.*, 2006)

Sampel tinta dimasukkan ke dalam pipa 1 yang dihisap melalui pipa 2 hingga melewati pipa kapiler dan menuju titik C. Saat penghisap dilepas maka tinta akan mengalir sesuai arah gravitasi melewati titik C hingga melewati titik B. Waktu mengalir ( $t$ ) dicatat saat tinta mulai melewati titik C hingga titik B (Fajar, 2016).

Waktu (t) untuk mengalir dari C hingga B merupakan fungsi dari viskositas dinamis dan densitas yang terhubung dalam viskositas kinematis, dengan definisi sebagai berikut :

$$\text{viskositas kinematis} = \frac{\text{viskositas dinamis}}{\text{densitas}} \quad (\text{pers. 3.2})$$

Fluida bersifat Newtonian sehingga viskositas dinamis dapat ditentukan dari hubungan diatas. Kita dapat mengetahui viskositas tinta dengan membandingkannya dengan cairan pembanding yang telah diketahui viskositasnya, misalnya air. Sehingga viskositas tinta dapat dihitung dengan :

$$\eta = \eta_0 \times \frac{\rho t}{\rho_0 t_0} \quad (\text{pers. 3.3})$$

Keterangan :

- $\eta$  = viskositas fluida ( $\text{g.cm}^{-1}\text{s}^{-1}$ )
- $\eta_0$  = viskositas fluida pembanding ( $\text{g.cm}^{-1}\text{s}^{-1}$ )
- $\rho$  = massa jenis fluida yang diuji ( $\text{g.cm}^{-3}$ )
- $\rho_0$  = massa jenis fluida pembanding ( $\text{g.cm}^{-3}$ )
- t = waktu fluida untuk melewati dua titik (s)
- $t_0$  = waktu fluida pembanding untuk melewati dua titik (s)

### 3.3.5 Pengujian Homogenitas dan Organoleptik Tinta

Pengujian homogenitas tinta dilakukan dengan pengamatan terhadap tinta saat diaplikasikan pada *whiteboard* serta kecepatan keringnya. Kedua hal tersebut cukup untuk mewakili tinta dapat dikatakan homogen atau tidak. Tinta yang kering diatas 1 menit tergolong dalam tinta yang belum stabil, sedangkan tinta yang kecepatan keringnya dibawah 1 menit dapat dikatakan tinta yang stabil. Organoleptik tinta dapat diamati dengan cara menghapus tinta yang telah diaplikasikan pada *whiteboard*. Ketika tinta yang dihasilkan bisa dihapus maka dapat dikatakan tinta tersebut sesuai dengan tinta yang ada di pasaran.

### ***3.3.6 Karakterisasi Struktur Permukaan Sampel pada Substrat Menggunakan CCD Mikroskop***

Sampel yang telah diaplikasikan pada substrat dikarakterisasi permukaannya menggunakan CCD mikroskop dengan perbesaran 400x. Sampel tinta dilapiskan pada kertas buffalo. Hal ini dilakukan untuk mengetahui persebaran dan tingkat penggumpalan tinta.

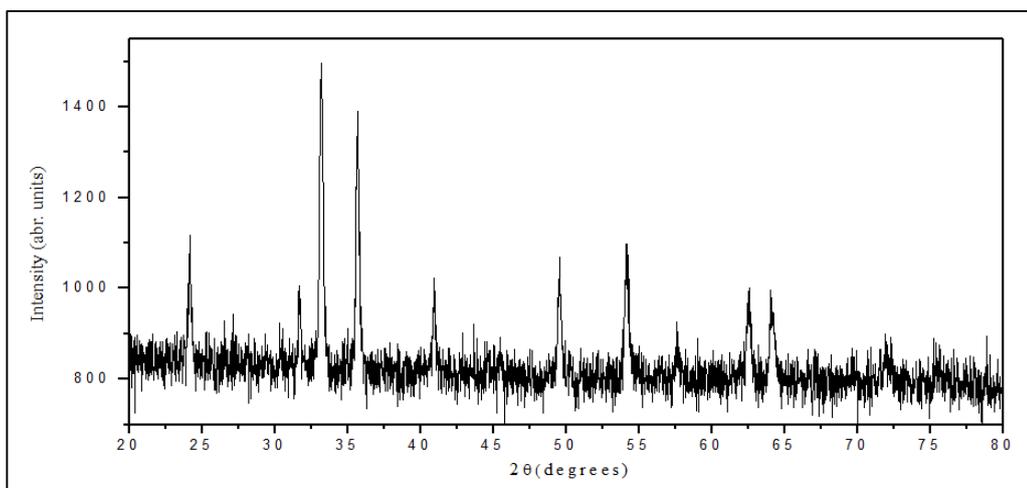
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan tinta berbahan dasar pigmen *hematite* pasir besi diawali dengan sintesis pigmen *hematite* menggunakan metode presipitasi dan dilanjutkan dengan fabrikasi tinta. Hasil akhir berupa tinta spidol *whiteboard* berwarna coklat kemerahan. Hasil analisa dan pembahasan ditampilkan seperti berikut ini :

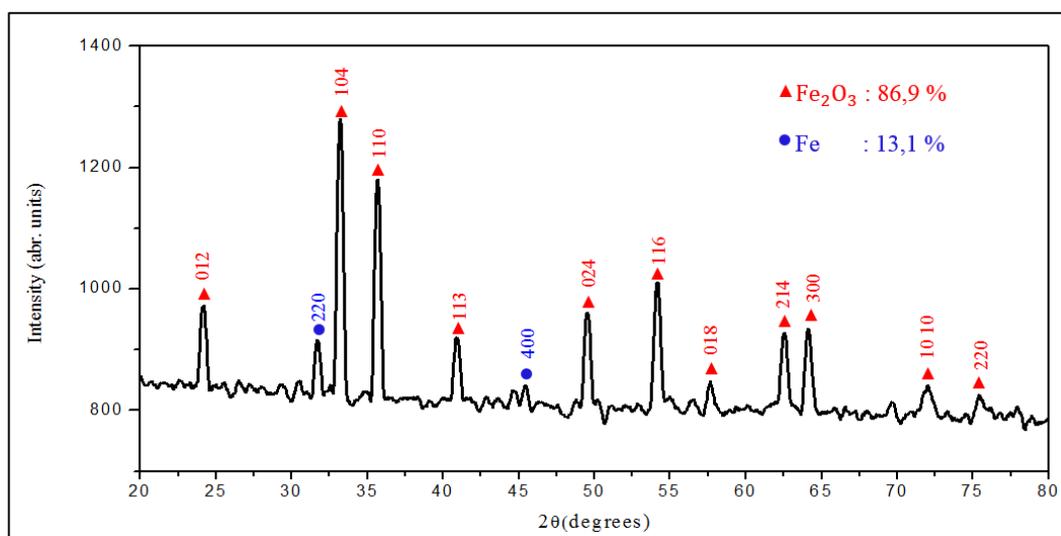
#### 4.1 Karakterisasi Pigmen dengan X-Ray Diffraction (XRD)

Pigmen hasil sintesis pasir besi kemudian di karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal dan senyawa apa yang terbentuk. Karakterisasi ini dilakukan menggunakan instrumen PANalytical XPERT-3 di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang. Sumber radiasi berasal dari  $\text{CuK}\alpha$  dengan panjang gelombang  $1,54060 \text{ \AA}$  yang dibangkitkan menggunakan arus 300 mA dan beda potensial 400 kV. Sudut yang digunakan ( $2\theta$ ) dengan rentang antara  $20,0000^\circ$  sampai  $80,0000^\circ$ . Hasil karakterisasi diolah menggunakan program OriginPro 8 dan MATCH! 2 dengan database dari *Crystallography Open Database* COD-Inorg REV173445 2016.01.04. Data diplot dalam grafik pada Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Plot Data Hasil XRD

Grafik yang dihasilkan kemudian di-*smoothing* agar tampilannya lebih baik dan mudah ditentukan puncak-puncaknya menggunakan aplikasi Origin Pro 8. Puncak-puncak yang terlihat dianalisis dengan program MATCH! 2, dari program ini dapat kita tentukan susunan senyawa yang terbentuk dan hklnya seperti Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji XRD Pigmen *Hematite*

*Peak* dan hkl yang terbentuk dari hasil pengujian XRD juga sesuai dengan penelitian tentang sintesis dan karakterisasi bubuk *hematite* ukuran nano (Justus, *et. al.*, 2016). *Peak* atau puncak yang terlihat dominan menunjukkan bahwa senyawa yang terbentuk sebagian besar adalah *hematite* (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 86,9% dan senyawa Fe 13,1%. Data pendukung lain yang menunjukkan bahwa pigmen yang dihasilkan merupakan pigmen hematite adalah nilai suseptiilitas magnetinya yang dijelaskan pada subbab 4.3 Pengujian Suseptiilitas Magnetik. *Peak* yang merumpuk pada hasil XRD yang terbentuk diakibatkan oleh proses kalsinasi yang tiak merata sehingga masih terapat material lain yaitu *magnetite* dan *ilmenite* yang namun jumlahnya kecil. *Magnetite* dan *ilmenite* merupakan kelompok mineral utama yang terkandung alam pasir besi (Hilman, *et. al.*, 2014). Temperatur kalsinasi diatas 500° C

menghasilkan fase alfa ( $\alpha$ ) yang merupakan fase terakhir dari besi (III) oksida. Daftar peak yang muncul dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Daftar *Peak* Hasil Uji XRD Pigmen *Hematite*

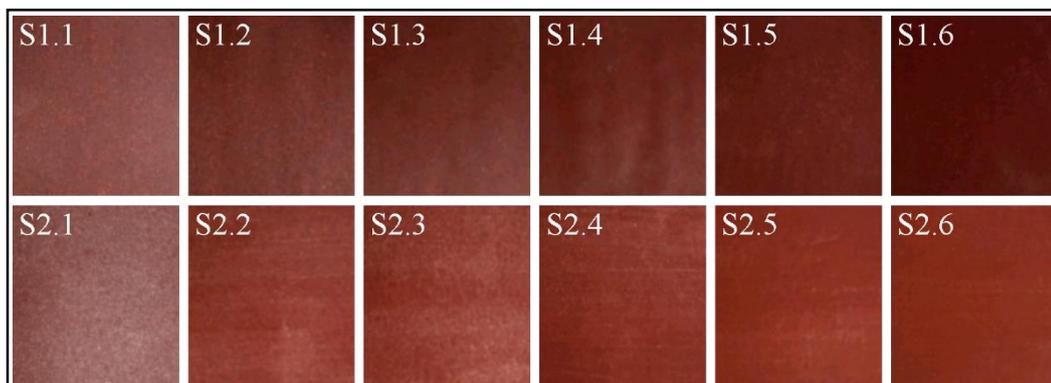
Posisi ( $^{\circ}2\theta$ )	FWHM ( $^{\circ}2\theta$ )
24,1678	0,0590
33,2097	0,1968
35,7089	0,0984
40,9251	0,1181
49,4825	0,2362
54,0970	0,2755
57,6005	0,3149
62,5201	0,2362
64,0971	0,3149
72,0196	0,6298
75,6064	0,9446

Data pada Tabel 4.1 dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal yang terbentuk diambil dari peak yang tertinggi. Pada *peak* bidang orientasi (104) diperoleh ukuran kristal sebesar 84,25 nm. Ukuran kristal ini dihitung dengan formula Scherer seperti pers. 3.1. Namun, tidak menutup kemungkinan bahwa hasil ini dapat berubah jika diolah dengan metode lain yang lebih akurat.

#### 4.2 Pengujian *Commission Internationale d'Eclairage L\*a\*b (CIE) L\*a\*b*

Tinta magnetik berbahan dasar pasir besi telah berhasil dibuat dengan pigmen *hematite* yang dihasilkan dari metode presipitasi. Pigmen *hematite* yang dihasilkan berupa serbuk. Pigmen tersebut telah melalui proses yang panjang seperti penghalusan, pemanasan, dan penyaringan. Penghalusan bertujuan untuk memperkecil ukuran pigmen, pemanasan bertujuan menghasilkan warna merah, dan penyaringan supaya ukuran partikelnya sama. Pemanasan dilakukan dengan

temperatur 650 °C selama 1 jam. Warna pigmen yang dihasilkan yaitu merah namun setelah dibuat tinta warnanya menjadi merah kecoklatan seperti pada Gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Warna Tinta pada Substrat

Secara kasat mata tinta yang dihasilkan dapat dibedakan warnanya. Namun perlu diketahui juga perbedaan warna secara kuantitatif dengan mengukur koordinat warnanya. Mengukur koordinat warna secara kuantitatif dilakukan dengan metode *Commission Internationale d'Eclairage L\*a\*b* (CIE L\*a\*b), alat yang digunakan yaitu colorimeter AMT 500. Hasil pengukuran dalam koordinat L\*a\*b yang dapat dikonversikan ke koordinat RGB seperti pada Tabel 4.2. Konversi dilakukan dengan bantuan website *colorize.org* dan konversi ke koordinat Yxy dengan *colormine.org*. Lalu koordinat RGB dapat kita terjemahkan warnanya dengan aplikasi Corel Draw 2017 seperti pada Gambar 4.4.

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui jika koordinat L semakin kecil maka warna yang dihasilkan juga semakin gelap karena koordinat L menyatakan tingkat kecerahan dari 0 sampai 100. Koordinat a menunjukkan tingkat dari merah - hijau sedangkan b dari kuning – biru. Skala a dan b yaitu dari rentang -120 hingga +120. Saat koordinat a semakin kecil maka warnanya semakin menuju ke warna merah dan sebaliknya, begitupun pada koordinat b jika nilainya semakin kecil maka warnanya akan lebih condong ke warna kuning. Oleh sebab itulah warna yang dihasilkan lebih condong ke warna merah kecoklatan bukan warna merah cerah.

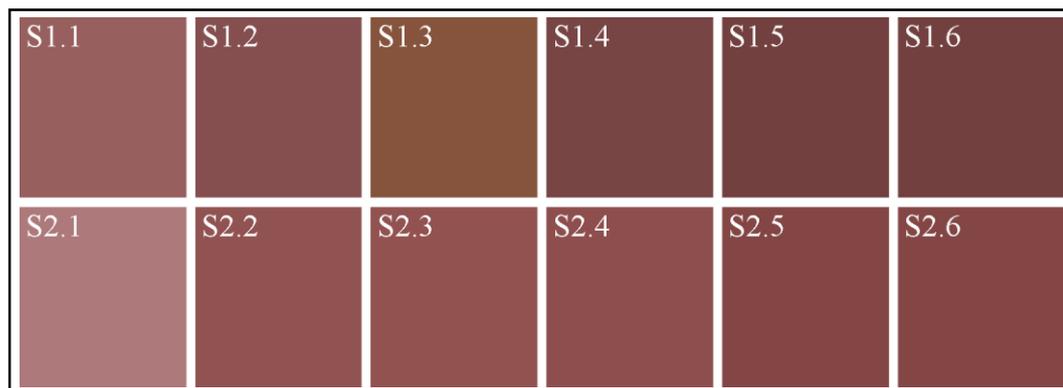
Jika ingin mendapatkan warna merah cerah maka koordinat L diatas 50, koordinat a dan b diatas +70. Jika dapat dihasilkan koordinat L\*a\*b sesuai dengan ketentuan tersebut maka dapat dihasilkan warna merah cerah seperti pada spidol *whiteboard* yang ada di pasaran.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Koordinat Warna

Sampel	L	a	b	R	G	B	Y	x	Y
S1	46,6	22,2	9,8	151	96	95	15,7170	0,3985	0,3308
S2	40,0	23,1	10,0	134	79	79	11,2515	0,4120	0,3295
S3	40,9	21,0	9,8	134	83	61	11,8028	0,4441	0,3652
S4	35,1	21,3	10,1	119	69	67	8,5489	0,4166	0,3323
S5	33,4	21,8	9,7	115	64	64	7,7238	0,4201	0,3299
S6	32,9	21,1	9,6	113	64	63	7,4916	0,4186	0,3308
S2.1	56,1	21,0	7,0	174	121	123	24,0133	0,3765	0,3256
S2.2	42,2	26,1	11,4	145	82	82	12,6304	0,4211	0,3292
S2.3	42,2	25,6	13,1	146	83	80	12,6304	0,4258	0,3347
S2.4	40,7	26,4	12,2	141	78	77	11,6788	0,4277	0,3308
S2.5	37,3	26,4	12,7	132	70	69	9,7013	0,4370	0,3318
S2.6	37,2	26	12,5	131	70	69	9,6468	0,4353	0,3319

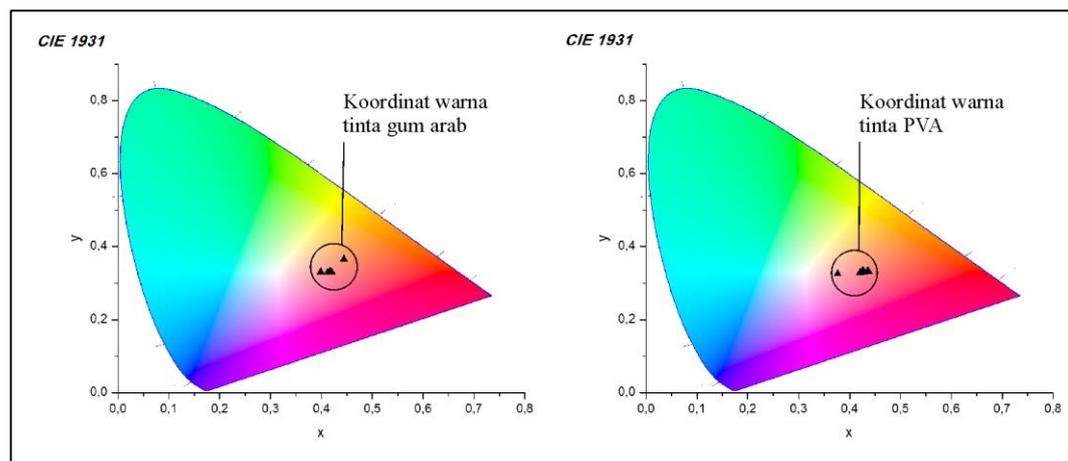
Gambar 4.4 menunjukkan perbedaan warna dari masing-masing komposisi jika dibaca secara digital menggunakan hasil konversi pengukuran CIE L\*a\*b yang dilakukan. Warna tinta yang dihasilkan menjadi merah kecoklatan. Tinta dengan perekat gum arab memiliki warna yang lebih kecoklatan dibandingkan tinta dengan perekat PVA. Hal ini karena bahan perekat gum arab yang kekuningan sehingga membuat warna tinta yang dihasilkan menjadi lebih gelap daripada warna pigmennya. Perekat PVA mempunyai warna bening atau keputihan sehingga tidak mengubah warna pigmen menjadi lebih gelap. Penambahan pigmen berpengaruh terhadap warna yang dihasilkan. Semakin banyak pigmen dalam komposisi, warna yang dihasilkan juga semakin gelap dan tajam. Warna merah kecoklatan pada

pigmen dan tinta dipengaruhi oleh kandungan senyawanya. Kandungan senyawa Fe dan senyawa yang lain pada pigmen serta warna dasar bahan utama yaitu pasir besi yang hitam diindikasikan menjadi penyebab warna tinta menjadi kecoklatan. Hal tersebut sesuai dengan hasil uji XRD pada pigmen *hematite* seperti pada pembahasan di subbab sebelumnya.



Gambar 4.4 Palet Warna Hasil Pengukuran CIE L\*a\*b

Kita juga dapat memplot hasil uji CIE L\*a\*b ke grafik *chromaticity* CIE 1931 dengan bantuan aplikasi OriginPro 8, koordinat yang dipakai merupakan hasil konversi CIE L\*a\*b ke koordinat Yxy. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5 Grafik *Chromaticity* Tinta Perekat Gum Arab dan Perekat PVA

Kedua tinta masuk ke dalam golongan merah namun agak mendekati kuning, sehingga tinta yang terlihat dengan kasat mata menjadi berwarna agak kecoklatan.

### 4.3 Pengujian Suseptibilitas Magnetik

Suseptibilitas magnetik merupakan ukuran kekuatan magnet pada suatu material khususnya material yang mengandung Fe (Dearing, 1999). Pengujian yang dilakukan di Universitas Negeri Malang menggunakan alat *suseptibility-meter Barinton MS2* menghasilkan data seperti pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Nilai Suseptibilitas Pigmen *Hematite* dan Tinta

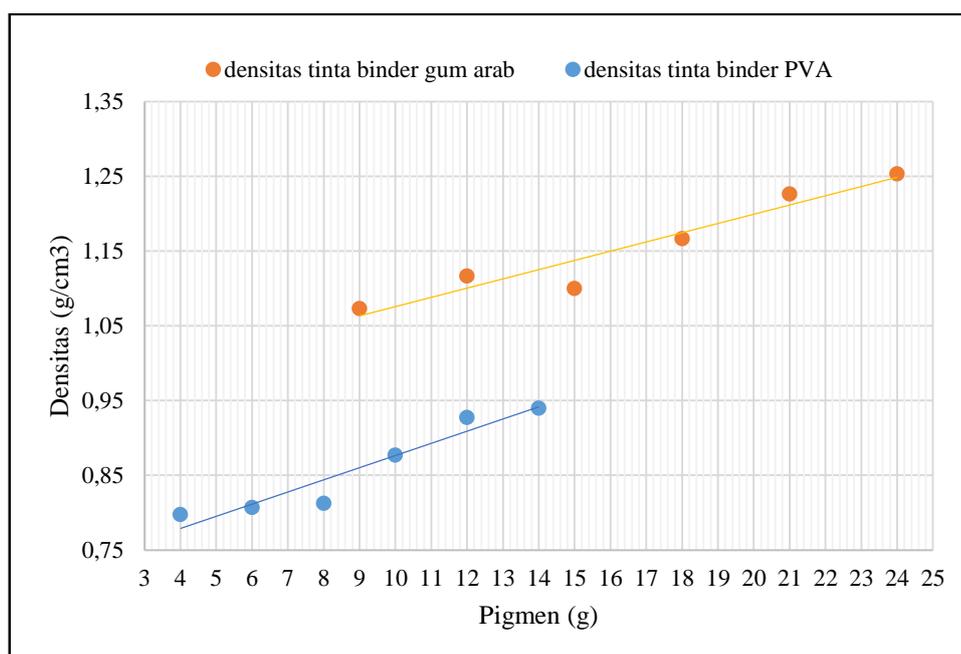
Sampel	$\chi_{hf}$ ( $10^{-6}\text{m}^3/\text{kg}$ )	$\chi_{lf}$ ( $10^{-6}\text{m}^3/\text{kg}$ )	$\chi_{fd}$ (%)	Golongan
Pigmen	0,619	0,634	2,32	<i>canted antiferomagnetic</i>
S1.4	0,092	0,099	6,86	<i>Paramagnetic</i>
S2.4	0,041	0,044	6,25	<i>Paramagnetic</i>

Berdasarkan Tabel 4.3 pigmen *hematite* masuk dalam golongan *canted antiferomagnetic* dan sampel tinta yang diwakili oleh S1.4 serta S2.4 termasuk golongan *paramagnetic*. Kedua golongan tersebut memiliki nilai suseptibilitas yang lemah. Golongan *canted antiferomagnetic* memunculkan momen magnetik yang sejajar namun berlawanan. Hal itulah yang membuat nilai suseptibilitasnya lemah. Golongan *paramagnetic* mempunyai nilai suseptibilitas yang lebih lemah. Momen magnetiknya hanya akan timbul jika ada medan magnet. Dalam tinta ukuran pigmen sangat kecil oleh karena itu tinta menjadi bersifat *paramagnetic*.

### 4.4 Pengujian Densitas dan Viskositas Tinta dengan Viskometer Ostwald

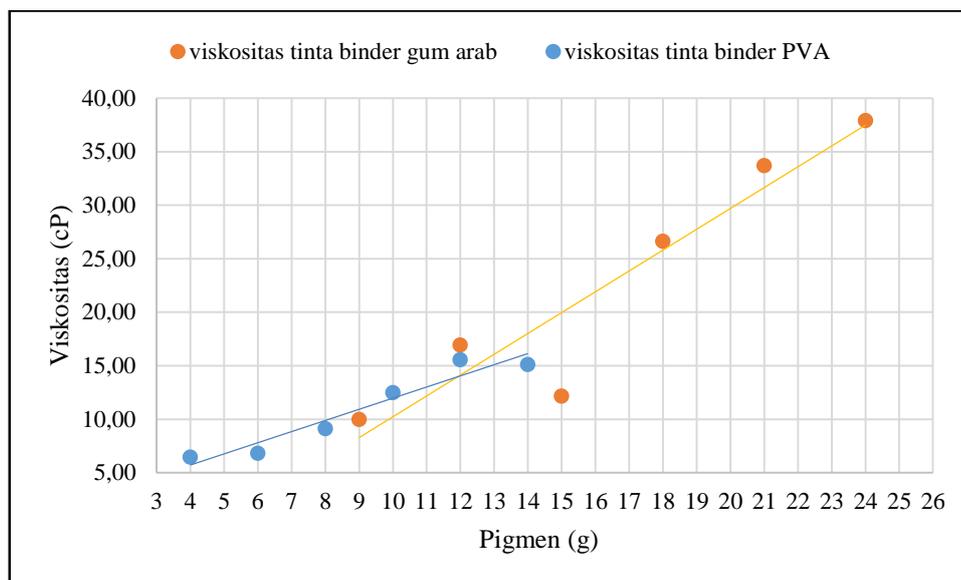
Tinta spidol berbahan dasar pasir besi telah dibuat dan diuji viskositasnya menggunakan viskometer Ostwald. Hasil pengukuran yang didapatkan berupa waktu yang ditempuh sampel tinta untuk melewati dua titik sebagai parameter jarak konstan. Waktu yang didapatkan kemudian dihitung menggunakan persamaan 3.3.

Untuk menghitung viskositas dibutuhkan data densitas tinta. Densitas ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) tinta diukur dengan menimbang tinta kemudian dibandingkan antara massa (gram) dan volume ( $\text{cm}^3$ ) tinta yang terukur. Densitas tinta dapat dilihat pada Gambar 4.6 Aquadest sebagai fluida pembanding nilai viskositasnya yaitu  $0,0089 \text{ g}/\text{cm}\cdot\text{s} = 0,89 \text{ cP}$ . Hasil pengujian viskositas dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Densitas Tinta

Densitas tinta cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya massa pigmen. Hal ini lazim terjadi karena semakin banyak material padat yang ditambahkan dalam komposisi tinta dapat menyebabkan kerapatan tinta semakin besar. Oleh karena itulah densitasnya pun cenderung meningkat. Hal ini juga berdampak kepada nilai viskositas tintanya.



Gambar 4.7 Viskositas Tinta

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa viskositas tinta naik seiring dengan bertambahnya massa pigmen yang ditambahkan. Viskositas tinta dengan perekat gum arab dan perekat PVA sangat berbeda. Tinta dengan perekat gum arab lebih kental karena perbandingan aquadest dan gum arabnya lebih besar daripada perekat PVA. Perekat PVA tidak dapat dibuat perbandingan yang sama dengan perekat gum arab. Saat perbandingan perekat gum arab dan PVA dibuat sama hal itu mengakibatkan tinta dengan perekat PVA sangat kental sehingga sulit diukur viskositasnya menggunakan viskometer Ostwald. Viskositas tinta juga dipengaruhi oleh penambahan zat aditif seperti alkohol, tinner (M4), dan polietilen glikol.

Penambahan alkohol pada tinta dapat mengencerkan tinta. Polietilen glikol dapat membuat tinta semakin kental serta penambahan tinner membuat pigmen lebih larut sehingga alirannya lebih lancar. Tinner pada komposisi tinta PVA lebih besar hal ini dilakukan agar pigmen dapat lebih larut dengan lebih baik. Ukuran partikel pigmen yang besar juga menjadi penyebab viskositas besar, karena partikel yang besar menghambat aliran dari cairan pembawa tintanya.

Viskositas erat hubungannya dengan kemampuan perekat mengikat pigmen. Tinta perekat PVA lebih mudah mengendap dibandingkan tinta perekat gum arab.

Namun keduanya harus dikocok terlebih dahulu ketika akan digunakan. Viskositas tinta yang di dapatkan relatif tinggi jika dibandingkan viskositas tinta *whiteboard* yang ada di pasaran. Secara keseluruhan memang nilai viskositas yang diperoleh juga sangat jauh berbeda dengan standar nasional Indonesia nomor 06-1567-1999 sebesar 1,12 cP. Viskositas di pasaran dapat dilihat pada Tabel 4.4. Daftar viskositas tinta berikut ini diambil dari salah satu produk tinta *whiteboard* dengan merek *Dokumental*<sup>®</sup>WB.

Tabel 4.4 Nilai Viskositas Tinta *Whiteboard Dokumental*<sup>®</sup> WB 75xx (*Technical Data Sheet of Dokumental WB*)

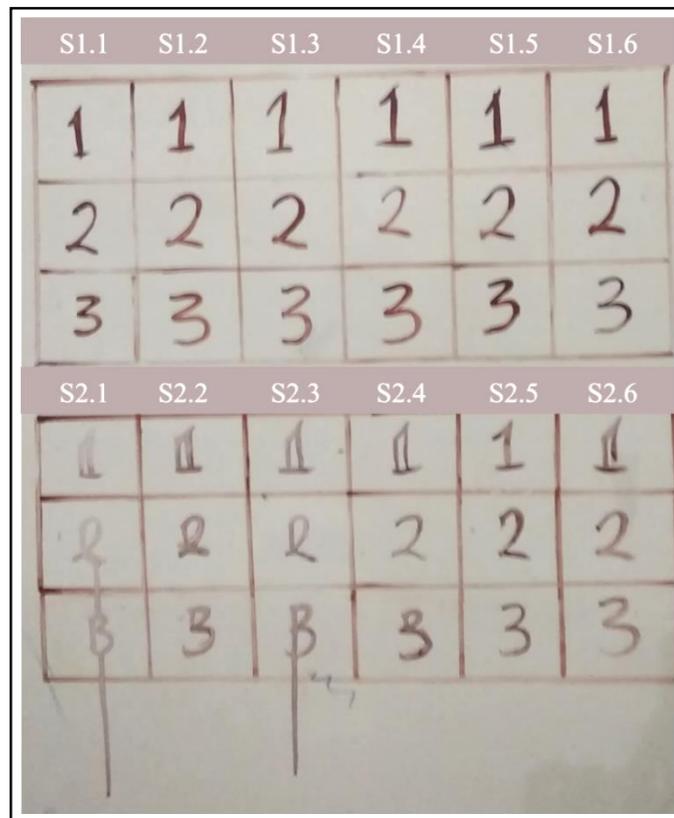
<i>Type</i>	<i>Colour</i>	<i>Viscosity (cP)</i>	<i>Density (g/cm<sup>3</sup>)</i>
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7500	<i>dark blue</i>	9,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7501	<i>blue</i>	10,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7510	<i>black</i>	11,0	0,85
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7520	<i>red</i>	9,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7522	<i>red</i>	8,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7523	<i>ruby red</i>	11,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7530	<i>green</i>	9,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7533	<i>yellow green</i>	11,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7534	<i>lime green</i>	9,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7540	<i>Violet</i>	9,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7541	<i>magenta</i>	9,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7550	<i>Brown</i>	10,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7560	<i>Yellow</i>	10,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7561	<i>orange</i>	9,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7580	<i>turquoise</i>	10,0	0,83
<i>Dokumental</i> <sup>®</sup> WB 7500	<i>dark blue</i>	9,0	0,83

Berdasarkan Tabel 4.4 nilai viskositas tinta *whiteboard* yang baik yaitu 0,9-11 cP. Dilihat dari nilai viskositasnya sampel tinta gum arab pertama dan ketigalah yang mendekati nilai di pasaran ini yaitu 9,99 cP dan 12,16 cP. Sedangkan pada

sampel tinta PVA ketiga dan sampel keempat mempunyai nilai yang mendekati nilai dipasaran yaitu 9,14 cP dan 12,51 cP.

#### 4.5 Pengujian Homogenitas dan Organoleptik Tinta

Homogenitas tinta erat hubungannya dengan kecepatan pengadukan saat pembuatannya (Anova dan Hendri, 2017). Secara keseluruhan dapat dikatakan tinta lumayan stabil saat digunakan untuk menulis. Tinta dengan perekat gum arab lebih stabil dibandingkan dengan tinta perekat PVA hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.8. Dari Gambar 4.8 terlihat jelas pada sampel S2.1, S2.2, dan S2.3 tulisan terpotong sehingga membuat tulisan menjadi sulit dibaca. Sedangkan pada sampel tinta dengan perekat gum arab tidak terlihat hasil tulisan yang terpotong maupun mengalir kebawah dan membuatnya sulit dibaca. Hal ini juga sangat dipengaruhi oleh tingkat kekentalan tintanya.



Gambar 4.8 Contoh Aplikasi Tinta pada *Whiteboard*

Pengamatan terhadap organoleptik tinta seperti pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa daya hapus tinta belum sesuai dengan tinta *whiteboard* yang ada di pasaran. Saat tinta diaplikasikan ke *whiteboard* hanya 4/12 sampel yang dapat dihapus dengan mudah. Namun tinta tidak meninggalkan bekas ketika sudah berhasil dihapus. Tinta dengan perekat PVA lebih mudah dihapus daripada tinta dengan perekat gum arab. Waktu kering tinta juga masih belum sesuai harapan. Waktu kering tinta lama yaitu lebih dari satu menit. Ketika membuat formula tinta yang mudah dihapus maka tinta tidak stabil, sedangkan jika membuat formula tinta yang stabil, kecepatan keringnya bagus namun sulit dihapus. Itulah sebabnya perumusan formula tinta sangat sulit dilakukan.

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Organoleptik Sampel Tinta

Sampel	Daya hapus	Waktu kering	Kestabilan saat ditulis
S1.1	Mudah	> 1 menit	Stabil
S1.2	Sulit	> 1 menit	Stabil
S1.3	Sulit	< 1 menit	Stabil
S1.4	Sulit	< 1 menit	Stabil
S1.5	Sulit	< 1 menit	Stabil
S1.6	Sulit	< 1 menit	Stabil
S2.1	Mudah	> 1 menit	Belum Stabil
S2.2	Mudah	> 1 menit	Belum Stabil
S2.3	Mudah	> 1 menit	Belum Stabil
S2.4	Sulit	> 1 menit	Stabil
S2.5	Sulit	> 1 menit	Stabil
S2.6	Sulit	> 1 menit	Stabil

Ketika digunakan tinta tidak berbau menyengat dibandingkan dengan tinta yang ada di pasaran. Berdasarkan pengalaman pribadi, tinta yang beredar di pasaran sebagian besar berbau menyengat dan mengganggu saluran pernafasan. Hal ini karena ada begitu banyak zat aditif yang digunakan serta pelarut tinta yang berupa

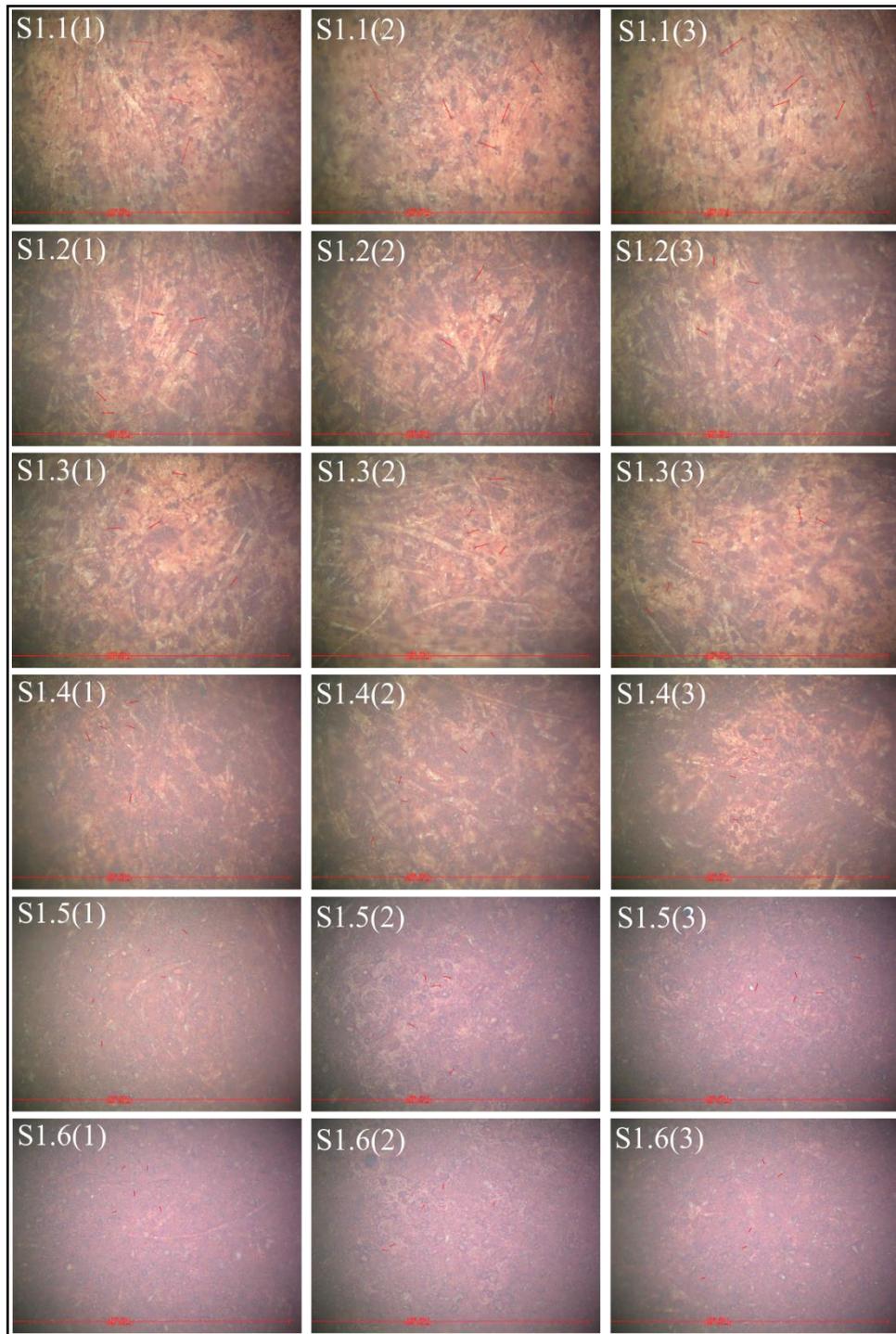
*solvent* memiliki bau yang sangat menyengat. Sedangkan tinta dari perekat gum arab dan poli vinil alkohol (PVA) lebih ramah lingkungan dan tidak bersifat racun.

#### **4.6 Karakterisasi Struktur Permukaan Sampel pada Substrat Menggunakan CCD Mikroskop**

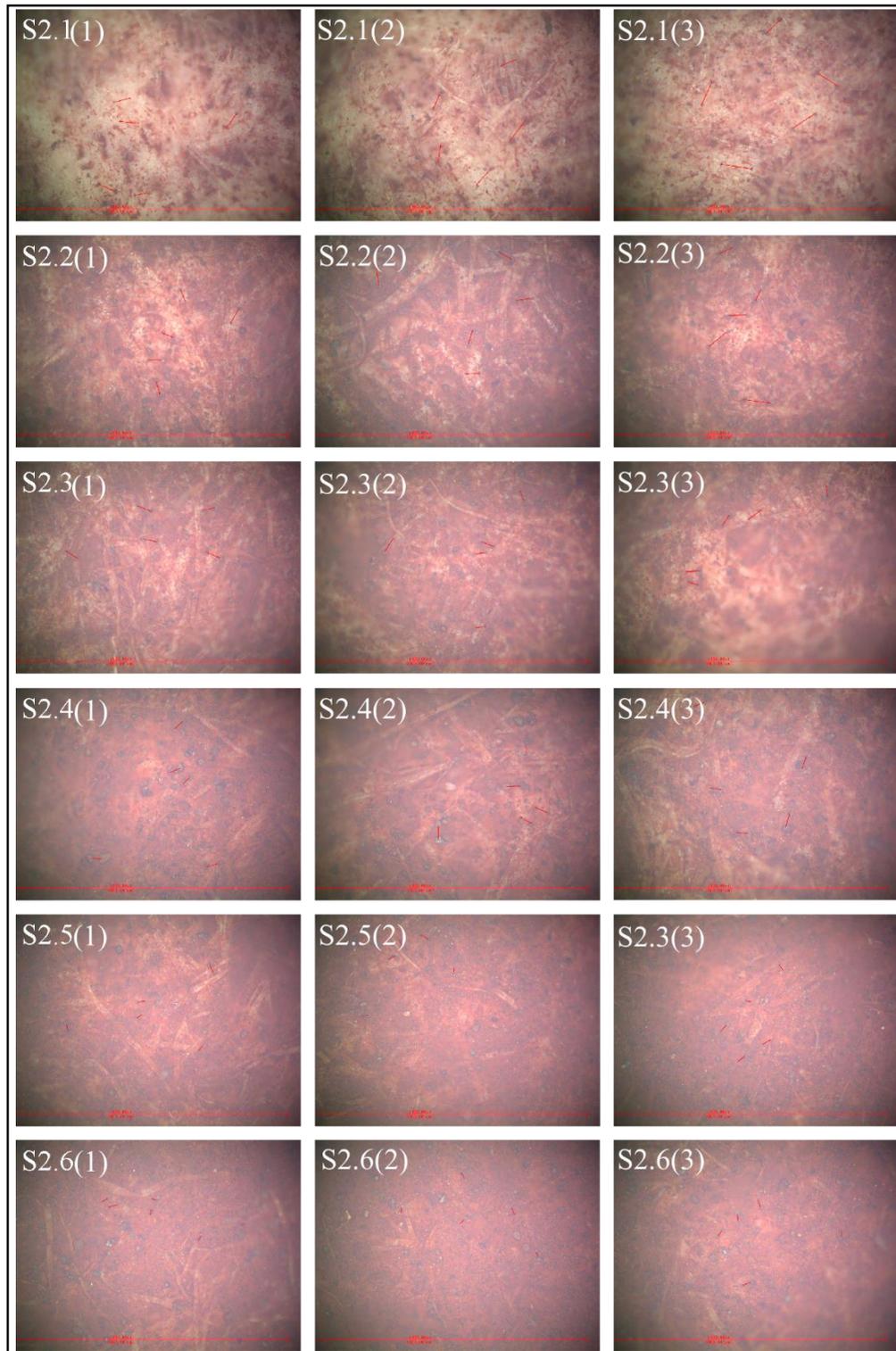
Pengujian persebaran partikel tinta dilakukan dengan mengaplikasikan sampel tinta yang ada pada substrat berupa kertas buffalo berukuran 4 x 3 cm dikarakterisasi menggunakan CCD mikroskop di Laboratorium Pengujian Fisika UNNES. Pengujian dilakukan untuk melihat struktur permukaan substrat yang telah dilapisi oleh tinta yang disapukan menggunakan *brush make up* halus. Perbesaran yang dipakai 400x. Diambil tiga titik dari masing-masing substrat untuk dilihat permukaannya seperti pada Gambar 4.9 dan 4.10. Dapat kita amati jarak dari setiap partikel tinta pada masing-masing substrat.

Tidak banyak gumpalan yang teramati pada substrat. Pola gumpalan yang teramati sangat kecil dan jaraknya juga kecil. Jarak antar gumpalan partikel tinta semakin rapat seiring dengan banyaknya massa pigmen yang ditambahkan. Gumpalan partikel semakin tidak tampak seiring bertambahnya massa pigmen. Hal ini menunjukkan bahwa tinta yang dihasilkan sebenarnya sudah relatif homogen pencampurannya. Pada sampel satu, dua, dan tiga dari kedua perekat terlihat jarak antar gumpalannya besar namun pada sampel ke empat, lima dan enam hampir tidak terlihat lagi jaraknya. Hal ini juga disebabkan oleh perekat mengikat pigmen dengan optimum.

Penambahan zat aditif berupa tinner sebagai pelarut tinta juga menyebabkan gumpalan berkurang. Terbukti pada sampel tinta perekat PVA yang komposisi tinnernya lebih banyak daripada tinta perekat gum arab gumpalan terlihat sangat kecil dan jarang ditemui. Sedangkan pada tinta gum arab tinner yang dipakai sedikit sehingga masih banyak gumpalan yang ditemui.



Gambar 4.9 Hasil CCD Mikroskop Permukaan Sampel Tinta dengan Bahan Perekat Gum Arab



Gambar 4.10 Hasil CCD Mikroskop Permukaan Sampel Tinta dengan Bahan Perekat PVA

Ukuran partikel pigmen yang dipakai juga menjadi penyebab gumpalan dapat terjadi. Ukuran partikel pigmen pada tinta cair seharusnya 1-10 mikrometer (Laden,1997). Namun ukuran pigmen *hematite* yang dipakai yaitu 44 mikrometer yang disaring dengan saringan T150. Penggumpalan dapat diminalisir dengan persebaran partikel yang merata. Tinta *whiteboard* seharusnya dapat dimaksimalkan dengan mengetahui komposisi yang sesuai antara perekat, pigmen dan zat aditif yang ditambahkan. Pemilihan perekat yang tepat juga sangat berpengaruh terhadap kualitas tinta yang dihasilkan. Apalagi untuk tinta yang berbasis air, jika salah menentukan komposisi atau jenis perekat yang digunakan hasilnya akan sangat buruk. Salah komposisi dapat menyebabkan tinta akan sulit mengering, terlalu encer atau bahkan tidak dapat diaplikasikan pada *whiteboard* karena tidak dapat dihapus dan lain sebagainya.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut:

- (1) Tinta magnetik berbahan dasar pasir besi berhasil dibuat dengan mensintesis pasir besi menjadi pigmen *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) sebagai zat pembawa warna pada pembuatan tinta. Sintesis dilakukan menggunakan metode presipitasi. Kandungan pada pigmen yang dihasilkan yaitu *hematite* 86,9% dan Fe 13,1%. Ukuran kristal pigmen pada bidang orientasi (104) yaitu 84,25 nm. Pigmen *hematite* berwarna merah darah. Tinta magnetik dibuat dengan metode pencampuran sederhana pada temperatur yang tidak terlalu tinggi ( $\pm 70^\circ\text{C}$ ). Pembuatan sampel dengan bahan perekat berupa gum arab dan PVA menghasilkan tinta berwarna merah kecoklatan.
- (2) Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisis tinta magnetik yaitu banyaknya pigmen, ukuran partikel pigmen, jenis perekat, konsentrasi perekat, komposisi zat aditif (alkohol, PEG, dan tinner (M4)), dan lama pengadukan.
- (3) Nilai suseptibilitas magnetik pigmen *hematite* pada *high frequency* yaitu  $0,619 \times 10^{-6}\text{m}^3/\text{kg}$  sedangkan pada *low frequency* yaitu  $0,634 \times 10^{-6}\text{m}^3/\text{kg}$ . Suseptibilitas magnetik tinta perekat gum arab dan tinta perekat PVA pada *high frequency – low frequency* yaitu  $(0,092 - 0,099) \times 10^{-6}\text{m}^3/\text{kg}$  dan  $(0,041 - 0,044) \times 10^{-6}\text{m}^3/\text{kg}$ . Tinta yang terbentuk masuk dalam golongan paramagnetik sedangkan pigmennya masuk dalam golongan canted antiferomagnetik.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil akhir yang didapatkan penulis memberikan saran sebagai berikut :

- (1) Melakukan kontrol terhadap kecepatan pengadukan agar diketahui pada kecepatan berapa bisa didapatkan hasil tinta dengan kualitas yang paling optimum.

- (2) Melakukan pengujian XRF atau SEM EDX terhadap pigmen yang dihasilkan supaya diketahui dengan pasti senyawa apa saja yang dihasilkan serta bentuk kristalnya.
- (3) Mencari komposisi penambahan zat aditif yang paling tepat agar tinta dapat lebih mendekati kualifikasi yang ada di pasaran.
- (4) Ukuran partikel tinta hendaknya lebih diperkecil lagi agar tinta tidak cepat mengendap.
- (5) Memilih perekat yang tidak berwarna agar tidak berpengaruh terhadap warna tinta yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anova, I.T. & Muchtar, H.. (2017). Pemanfaatan Gambir sebagai Bahan Dasar Pembuat Tinta Spidol Ramah Lingkungan. *Jurnal Litbang Industri*, 7(2) , 101-109.
- Bilalodin, Z.I., Sehad, dan Sugito. (2015). Sintesis dan Karakterisasi Pigmen Warna Hitam, Merah dan Kuning Berbahan Dasar Pasir Besi. *Molekul*, 10(2), 129-134.
- Chiolerio, A., Chiodoni, A., Allia, P., & Martino, P.. (2014). Magnetite and Other Fe-Oxide Nanoparticles. *Handbook of Nanomaterials Properties*, 213-246.
- Cornell, R.M., & Schwertmann, U. (2003). *The Iron Oxides, 2nd Edition*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- De Souza, T.G.F., Abreu, S.L., Contadini, J.F., & Mohallem, T.D.S. (2017). *U.S. Patent Application No. 15/655,856*.
- Dearing, J.A.. (1999). *Environmental Magnetic Susceptibility Using the Barington MS2 System* (2nd ed.). Kenilworth : Chi Publishing.
- Dokumental GmbH & Co KG. -. *Technical Data Sheet Dokumental WB 75xx High-Performance Pigmented Whiteboard Inks with Improved Erasability and Extended Cap-Off*. Ludwigsafen : Dokumental GmbH & Co KG.
- Fajar, D.P.. (2016). *Fabrikasi dan Karakterisasi Tinta Magnetik Berbahan Dasar Pasir Besi*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Firdaus, M.S.A.. (2019). *Sintesis Pigmen Barium Ferrit (BaFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) dengan Bahan Dasar Pasir Besi*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Ghaffar, F.A., Vaseem, M., & Shamim, A. (2016). A fully printed ferrite nanoparticle ink based tunable antenna. In *2016 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI)* (pp. 1059-1060). IEEE.
- Gunawan, A., Dessy, E.S.M., & Yusuf, T.. (2012). Pengaruh Waktu Pemasakan dan Volume Larutan Pemasakan terhadap Viskositas Pulp dari Ampas Tebu. *J Teknik Kimia*. 2(18): 1-8.

- Hilman, P.M., *et. al.*. (2014). *Pasir Besi di Indonesia (Geologi, Ekplorasi, dan Pemanfaatannya)*. Bandung: Pusat Sumber Daya Geologi – Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Huang, C., Yao, J., Zhang, T., Chen, Y., Jiang, H., & Li, D.. (2017). Damping Applications of Ferrofluids: A Review. *Journal of Magnnetics*, 22(1), 109-121.
- Justus, J. S., Roy, S. D. D., & Raj, A. M. E. (2016). Synthesis and characterization of hematite nanopowders. *Materials Research Express*, 3(10), 105037.
- Laden, P. (1997). *Chemistry and Technology of Water Based Inks*. London: Blackie Academic and Professional
- Luzar, L.C.. (2010). Kreasi Cetak Sablon Mudah Dan Berkualitas Tinggi Pada Kaos. *Humaniora*, 1(2), 778-791.
- Mairoza, A., & Astuti, A. (2016). Sintesis Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dari Batuan Besi Menggunakan Asam Laurat sebagai Zat Aditif. *Jurnal Fisika Unand*, 5(3), 283-286.
- Marwoto, P. & Astuti, B.. (2017). *Pengantar Fisika Zat Padat*. Semarang : Jurusan Fisika FMIPA UNNES.
- Piso, M.I. (1999). Applications of Magnetic Fluids for Inertial Sensors. *Journal of Magnetism Materials*, 201, 380-384.
- Raharjo, S. A. & Sehad. (2018). Eksplorasi Potensi Pasir Besi di Pesisir Barat Kecamatan Nusawungu Kabupaten Cilacap berdasarkan Data Resistivitas Batuan Bawah Permukaan. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 14(3), 51-58.
- Rahman, T.P., Sukarno, A., Rochman, N.T., & Manaf, A.. (2013). Sintesis Pigmen Besi Oksida Berbahan Baku Limbah Industri Baja (Mill Scale). *Jurnal Fisika*, 3(1), 86-89.
- Rahwanto, A., & Jalil, Z. (2013). Kajian awal karakteristik mineral magnetik bijih besi Manggamat, Aceh Selatan. *Prosiding SEMIRATA 2013*, 1(1).
- Ramimoghadam, D., Bagheri, S., & Hamid, S.B.A.. (2014). Progress in electrochemical synthesis of magnetic iron oxide nanoparticles. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 368, 207-229.

- Rengganis, A. P, Yulianto, A., & Yulianti, I. (2017). Pengaruh Variasi Konsentrasi Arang Ampas Kopi terhadap Sifat Fisika Tinta Spidol *Whiteboard*. *Jurnal MIPA*, 40(2) : 92-96.
- Saputra, F.M.A., Yulianto, A., & Aji, M.P.. (2016). Sintesis Pigmen Magnetik Copper Ferrite (  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ) Berbahan Dasar Pasir Besi Menggunakan Metode Kopresipitasi. *Unnes Physics Journal*, 5(2), 14-20.
- Saputra, F.M.A.. (2017). *Sintesis Pigmen Magnetik Copper Ferrite ( $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ) Berbahan Dasar Pasir Besi Menggunakan Metode Kopresipitasi*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Saukani, M., Sudarningsih, S., & Wianto, T. (2017). Analisa Mineral Magnetik Pasir Sisa Pendulangan Intan Di Cempaka, Kota Banjarbaru Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik. *Jurnal Fisika Flux*, 7(2), 85-93.
- Scherer, C. & Figueiredo, A.M.. (2005). Ferrofluids: Properties and Applications. *Brazilian Journal of Physics*, 35(3A), 718-727.
- Sehah, Raharjo, S.A., & Kurniawan M.A.. (2016). Distribution of Iron Sand in the Widarapayung Coast Area at Regency of Cilacap Based on Magnetic Anomaly Data. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 6(2), 97-106.
- Septityana, K.D., *et. al.* (2013). Sintesis dan Karakterisasi Pigmen *Hematite* ( $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dari Bijih Besi Alam Melalui Metode Presipitasi. *Youngster Physics Journal*, 1(4), 95-100.
- Setiawati, L.D., *et. al.* (2013). Ekstraksi Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) dari Pasir Besi dengan Metode Hidrometalurgi. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 465-468.
- Sivula, K., Le Formal, F., & Grätzel, M. (2011). Solar water splitting: progress using *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) photoelectrodes. *ChemSusChem*, 4(4), 432-449.
- Trilismana, H., & Budiman, A. (2015). Analisis Suseptibilitas Magnetik Hasil Oksidasi Megnetit Menjadi Hematit Pasir Besi Pantai Sunur Kota Pariaman Sumatera Barat. *Jurnal Fisika Unand*, 4(2), 150-156.
- Uchikoshi, T., Nakamura, N., & Sakka, Y. (2009). Fabrication of textured hematite via topotactic transformation of textured goethite. *Applied Physics Express*, 2(10)101601, 1-3.

- Viswanat, D.S., *et. al.*. (2006). *Viscosity of Liquids(Theory, Estimation, Experiment, and Data)*. Netherlands : Springer.
- Wang, D., Wang, Q., & Wang, T.. (2011). Controlled Synthesis of Mesoporous Hematite Nanostructures and their Application as Electrochemical Capacitor Electrodes. *Nanotechnology*, 22(135604), 1-12.
- Wu, Z., Iqbal, A., & Amara, F. B. (2012). *Modeling and control of magnetic fluid deformable mirrors for adaptive optics systems*. Springer Science & Business Media.
- Yulianto, A. & Aji, M.P.. (2010). Fabrikasi MnZn-Ferit dari Bahan Alam Pasir Besi Serrta Aplikasinya untuk Core Induktor. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng & DIY, Semarang*, 128-133.
- Yulianto, A., Bijaksana, S., & Wicaksono, W.. (2003). Comparative Study on Magnetic Characterization of Iron Sand from Several Locations in Central Java. *Journal of Physics*, 14(2), 63-66.
- Yuniarti, E., Muryeti, M., & Prastiwinarti, W. (2015). Optimalisasi UV-Curing Tinta Fleksografi untuk Kemasan pada Material Paper Cup. *Jurnal Poli-Teknologi*, 14(3).
- Zhao, M., & Hu, J.. (2012). Study on Density of Magnetic Fluid in the Strong Magnetic Field. *Second International Conference on Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control*, 396-398.
- Zulaikah, S., Nisa, Y.C., Mufti, N., Fuad, A., & Hamdi. (2015). Efek Variasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Terhadap Bentuk, Ukuran Partikel, Suseptibilitas Magnetik dan Transmittansi Pada Sintesis Toner Berbahan Dasar Pasir Besi. *Seminar Nasional Fisika dan Pembelajarannya. Universitas Negeri Malang*.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Perhitungan dan Persamaan Reaksi Metode Presipitasi

#### 1.1 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan pasir besi ( $Fe_3O_4$ ) hasil ekstraksi manual menggunakan magnet permanen, HCl teknis, dan NaOH teknis.

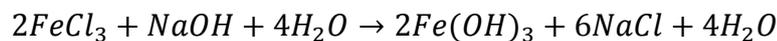
#### 1.2 Persamaan Reaksi

Persamaan reaksi yang terjadi yaitu :

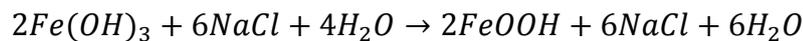
- a. reaksi awal



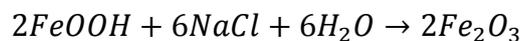
- b. direaksikan dengan NaOH untuk mengatur PH nya hingga mencapai PH 6-8



- c. hasil dicuci dengan aquadest dan dikeringkan menggunakan oven (temperatur 150°C selama 2 jam)



- d. dilakukan kalsinasi dengan temperatur 650°C selama 1 jam



#### 1.3 Komposisi yang Digunakan untuk Membuat Larutan Prekursor

$$\begin{aligned} \text{Mr } Fe_3O_4 &= (3 \times 55.85) + (4 \times 16) \\ &= 231.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mr } 8HCl &= 8(1 + 35.45) \\ &= 291,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{M HCl} &= (36\% \times 1.18 \times 10) / 36.45 \\ &= 11.65 \end{aligned}$$

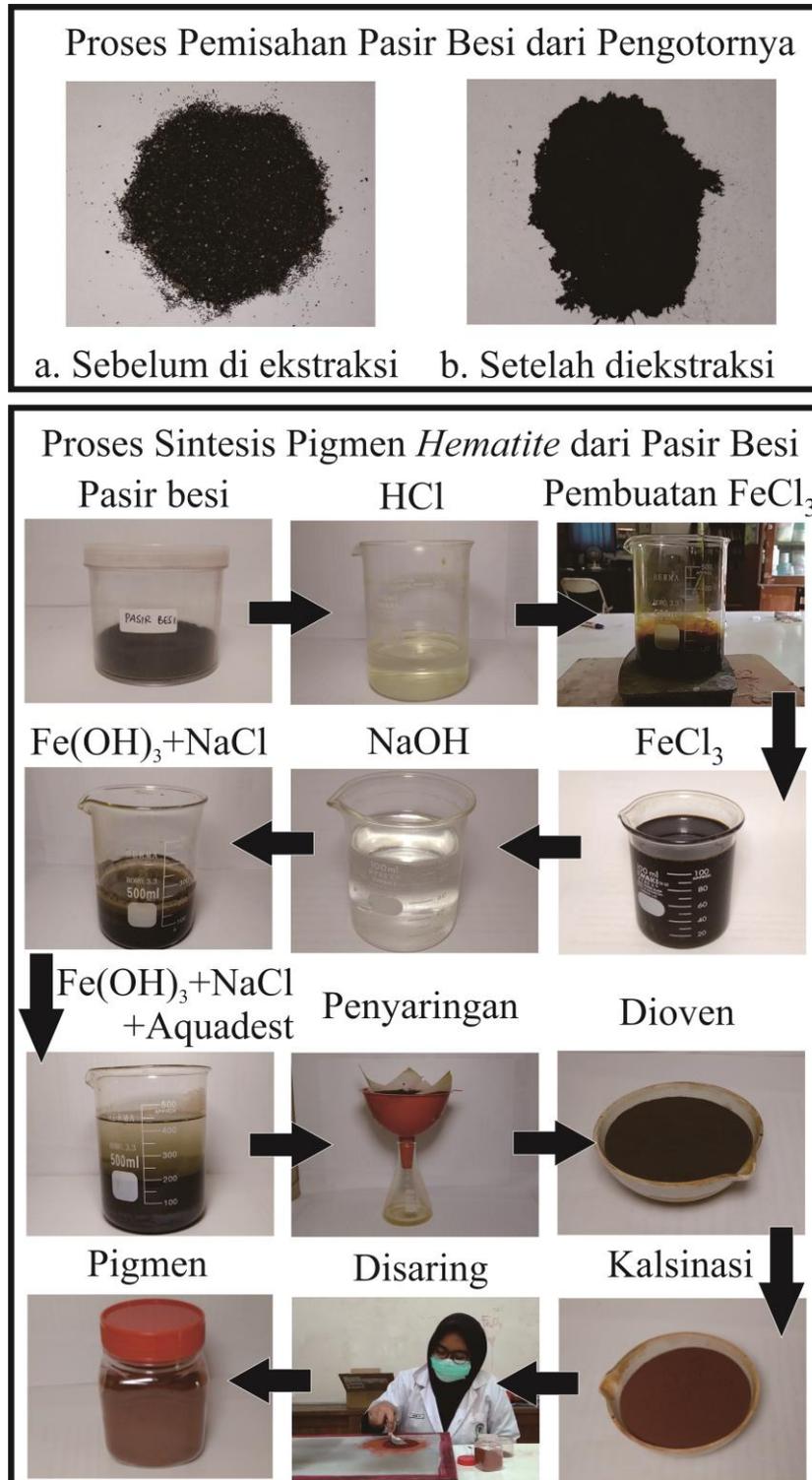
$$\text{Massa pasir besi} : 0,1 \text{ mol } Fe_3O_4 \text{ diperlukan } (231.55 \times 0.1) = 23.16 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume HCl} : \text{Mol HCl} &= 8 \times 0.1 \\ &= 0.8 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume HCl} &= \text{mol} \times 1000/\text{M} \\ &= 0.8 \times 1000/11.65 \\ &= 68.669 \approx 100 \text{ mL} \end{aligned}$$

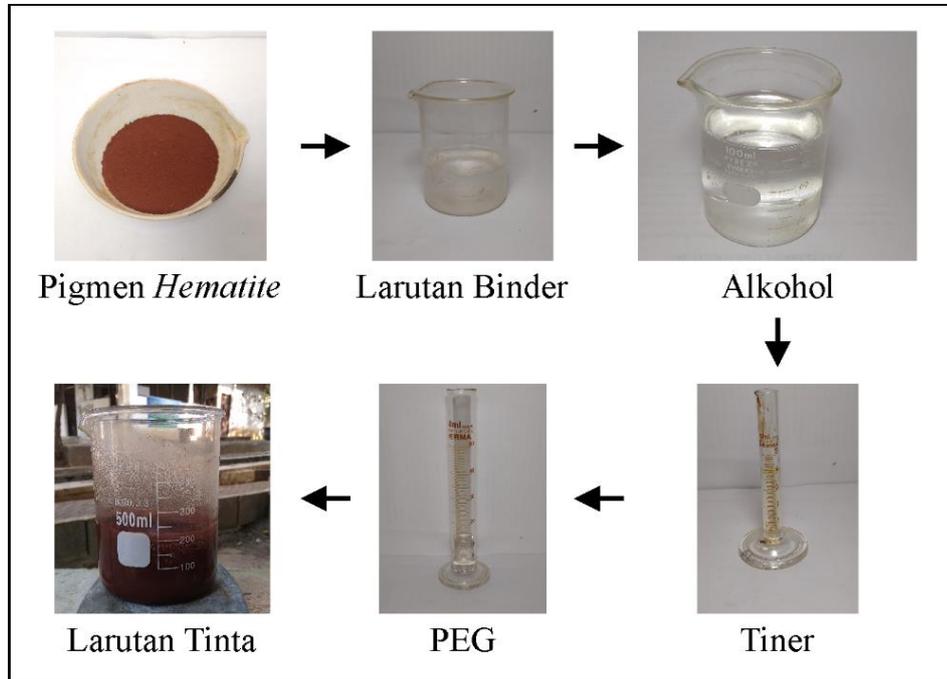
## Lampiran 2. Proses Pembuatan Pigmen dan Tinta

### 2.1 Proses Pembuatan Pigmen *Hematite*



## 2.2 Proses Pembuatan Sampel Tinta

### Proses Pembuatan Sampel

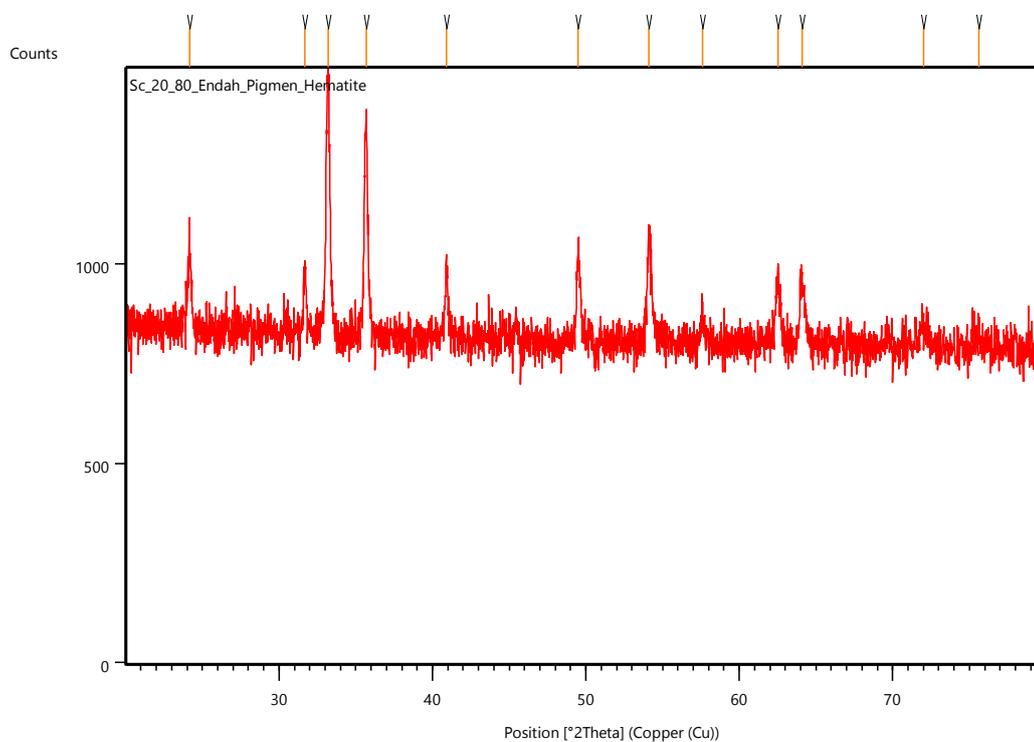


### Sampel Tinta yang Dihasilkan



### Lampiran 3. Pengujian XRD Pigmen

#### 3.1 Grafik Hasil Penguji XRD



#### 3.2 Tabel *Peak* Hasil Pengujian XRD

Pos. [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
24,1678	260,10	0,0590	3,68263	41,56
31,6889	174,71	0,1574	2,82367	27,91
33,2097	625,89	0,1968	2,69776	100,00
35,7089	515,65	0,0984	2,51447	82,39
40,9251	170,65	0,1181	2,20523	27,27
49,4825	232,16	0,2362	1,84205	37,09
54,0970	276,35	0,2755	1,69532	44,15
57,6005	65,79	0,3149	1,60026	10,51
62,5201	162,07	0,2362	1,48565	25,89
64,0971	154,37	0,3149	1,45285	24,66
72,0196	49,12	0,6298	1,31129	7,85
75,6064	28,07	0,9446	1,25775	4,49





### 3.5 Perhitungan Ukuran Kristal

Sumber radiasi menggunakan material  $\text{CuK}\alpha$  dengan panjang gelombang 1,54060Å. Rumus untuk menentukan ukuran kristal adalah:

$$t = \frac{0,9\lambda}{B \cos \theta}$$

$$\theta = 16,6^\circ$$

$$B = \text{FWHM} = 0,1968/2 = 0,0984 \times \pi/180 = 0,00171740398 \text{ rad}$$

$$t = (0,9 \times 1,54060)/(0,00171740398 \times \cos 16,6) = 84,25 \text{ nm}$$

Jadi, ukuran kristal pada bidang orientasi (104) adalah 84,25 nm.

## Lampiran 4. Pengujian Densitas dan Viskositas Tinta

### 4.1 Hasil Pengukuran Massa, Volume, dan Waktu

#### Sampel Tinta Gum Arab

Sampel	Massa (g)	Volume (mL)	Waktu (s)
S1.1	10,73	10	174,67
S1.2	11,17	10	284,33
S1.3	11	10	207,33
S1.4	11,67	10	428,33
S1.5	12,27	10	515,33
S1.6	12,53	10	567,33

#### Sampel tinta PVA

Sampel	Massa (g)	Volume (mL)	Waktu (s)
S2.1	7,98	10	152,5
S2.2	8,07	10	158,5
S2.3	8,12	10	211
S2.4	8,77	10	267,5
S2.5	9,28	10	315
S2.6	9,4	10	301,5

## 4.2 Perhitungan Densitas dan Viskositas Tinta

Rumus yang digunakan :  $\eta = \eta_0 \times \frac{\rho t}{\rho_0 t_0}$

Fluida pembanding aquadeest: Viskositas aquadest ( $\eta_0$ ) = 0,89 cP

Densitas aquasest ( $\rho_0$ ) = 0,98 g/mL

Waktu ( $t_0$ ) = 17 s

Hasil Perhitungan Densitas dan Viskositas Tinta Perekat Gum Arab

Sampel	Massa Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	Viskositas (cP)
S1.1	1,07	10,10
S1.2	1,12	17,10
S1.3	1,10	12,28
S1.4	1,17	26,91
S1.5	1,23	34,04
S1.6	1,25	38,29

Hasil Perhitungan Densitas dan Viskositas Tinta Perekat PVA

Sampel	Massa Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	Viskositas (cP)
S2.1	0,80	6,55
S2.2	0,81	6,89
S2.3	0,81	9,23
S2.4	0,88	12,63
S2.5	0,93	15,73
S2.6	0,94	15,26

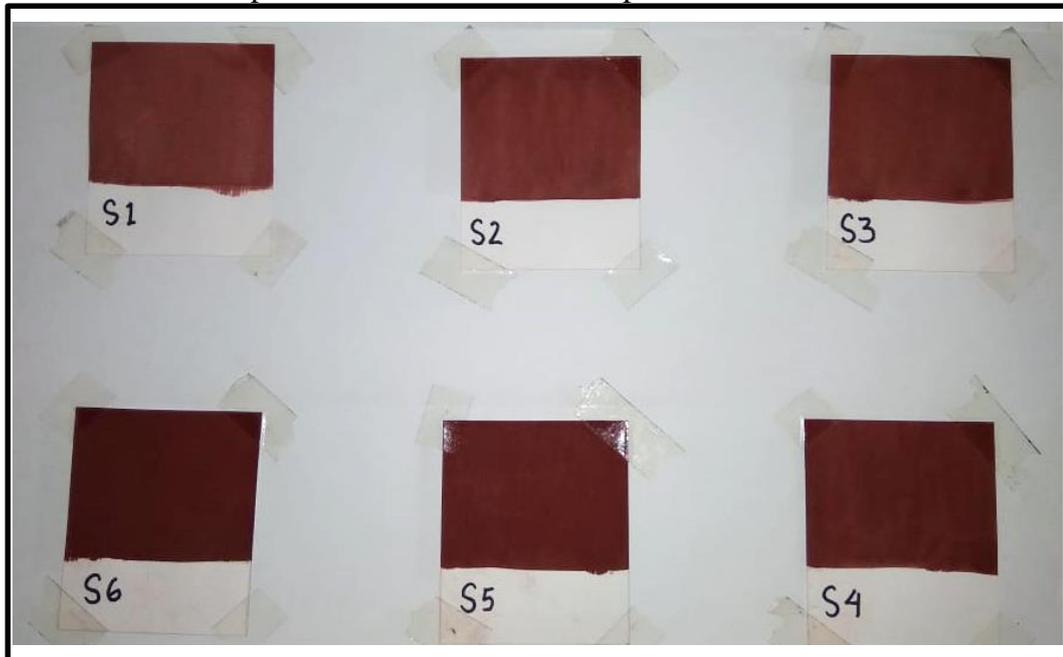
## 4.3 Dokumentasi Pengujian Viskositas



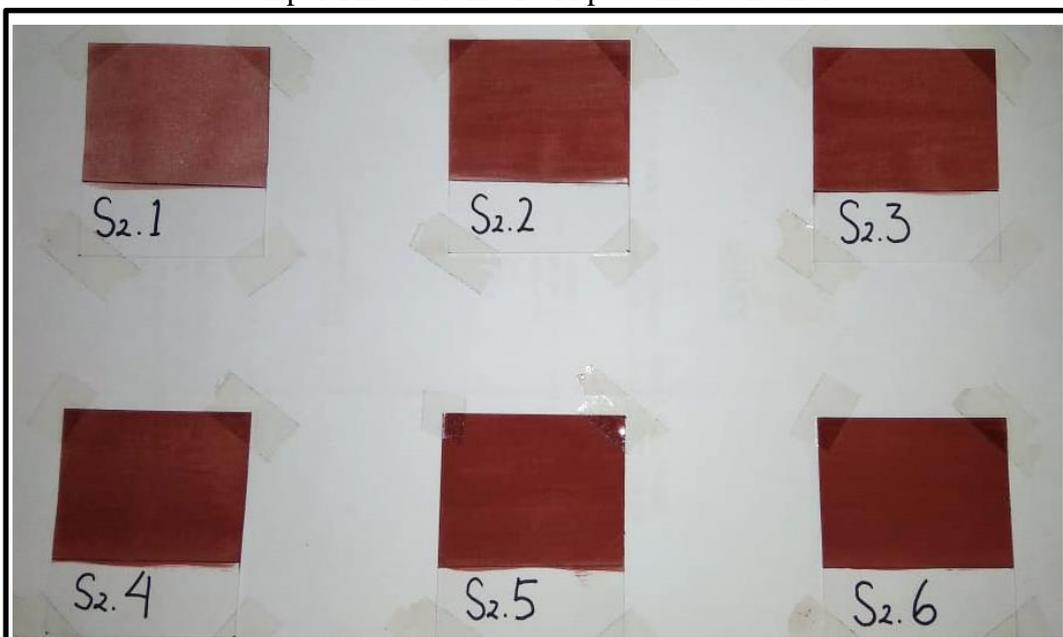
## Lampiran 5. Pengujian CIE L\*a\*b

### 5.1 Pembuatan Sampel Pengujian CIE L\*a\*b

Sampel Tinta Perekat Gum Arab pada Kertas Buffalo



Sampel Tinta Perekat PVA pada Kertas Buffalo



## 5.2 Pengujian Sampel Tinta dengan Colorimeter AMT 500



Dokumentasi pengukuran koordinat L\*a\*b