

APLIKASI HIDROKSIDA LOGAM KADMIUM (II) HASIL ELEKTROKOAGULASI LIMBAH CAIR ELEKTROPLATING UNTUK PEWARNA GELASIR KERAMIK

APPLICATION OF CADMIUM (II) METAL HYDROXIDE AS RESULT OF ELEKTROCOAGULATION OF ELECTROPLATING LIQUID WASTE FOR CERAMIC GLAZE DYE

Oleh : Sri Wahyuni, Regina Tutik Padmaningrum, Siti Marwati, Sunarto, dan Sulistyani
Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta
Email: regina_tutikp@uny.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu pembakaran dan massa hidroksida logam hasil elektrokoagulasi limbah cair elektroplating terhadap warna gelasir keramik. Tahapan penelitian meliputi karakterisasi limbah cair elektroplating, elektrokoagulasi, dan pengglasiran keramik. Limbah cair elektroplating dielektrokoagulasi pada pH 8, rapat arus $0,00125 \text{ A/cm}^2$, elektroda Al-Al, volume 500 mL, dan waktu selama 30 menit. Hidroksida logam hasil elektrokoagulasi diaplikasikan sebagai bahan pewarna gelasir keramik. Pengaruh suhu pembakaran keramik dipelajari dengan variasi 999, 1060, dan 1101°C. Pengaruh massa dipelajari dengan variasi 4, 12, dan 16%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar logam kadmium dalam limbah cair elektroplating sebesar 0,0890 mg/L, sedangkan dalam hidroksida logam hasil elektrokoagulasi kadar logam Cd sebesar kurang dari 0,01%. Suhu pembakaran dan massa hidroksida mempengaruhi nilai L^* , a^* , dan b^* warna gelasir keramik. Semakin besar suhu pembakaran dan massa hidroksida logam, semakin kecil nilai L^* tetapi nilai a^*b^* semakin besar dan warna yang dihasilkan semakin gelap.

Kata kunci: hidroksida logam kadmium, elektrokoagulasi, suhu pembakaran, massa, gelasir keramik.

Abstract

This study aims to determine the effect of combustion temperature and mass of metal hydroxide electrocoagulation result of electroplating liquid waste to color of ceramic glaze. Research stages include characterization of electroplating liquid waste, electrocoagulation, and smoothing ceramic. The electroplating liquid wastewater is electrocoagulated at pH 8, current density 0.00125 A/cm^2 , Al-Al electrode, volume 500 mL, and time for 30 minutes. Electrocoagulation metal hydroxides were applied as ceramic glass dye materials. The influence of ceramic combustion temperature was studied with variations of 999, 1060, and 1101 °C. The effect of mass was studied with variations of 4, 12, and 16%. The results showed that the cadmium metal content in the electroplating liquid waste was 0.0890 mg/L, whereas in the metal hydroxide the electrocoagulation yield of Cd metal content was less than 0.01%. The combustion temperature and hydroxide mass affect the values of L^ , a^* , and b^* color of ceramic glass. The larger the burning temperature and the metal hydroxide mass, the smaller the L^* value but the a^*b^* the larger and the darker the resulting color.*

Keywords: cadmium metal hydroxide, electrocoagulation, combustion temperature, mass, ceramic glaze.

PENDAHULUAN

Penerapan gelasir pada keramik berfungsi untuk menghiasi permukaan keramik, menambah nilai estetika, menutupi cacat produk, dan mencegah masuknya embun ke badan keramik [1]. Warna gelasir sangat tergantung pada oksida logam yang ada didalamnya. Namun, ketersediaan oksida logam sulit diperoleh para pengrajin keramik, sehingga perlu dilakukan eksperimen untuk mensintesa oksida pewarna gelasir keramik dari limbah yang mengandung unsur logam bahan oksida pewarna seperti limbah pelapisan logam.

Industri pelapisan logam merupakan salah satu industri yang berkembang pesat di berbagai negara, termasuk Indonesia. Perkembangan industri tersebut menyebabkan meningkatnya pencemaran logam berat yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan. Pada industri pelapisan logam menghasilkan limbah cair berwarna dan berbau. Limbah cair yang dihasilkan dari proses elektroplating mengandung kation Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , dan Zn^{2+} [2]. Menurut Ketut Sumada, air limbah yang dihasilkan dari industri elektroplating mengandung berbagai jenis logam berat, seperti ion Cr^{+6} , Cu^{+2} , Ni^{+2} , Pb^{+2} , Zn^{+2} , dan Cd^{+2} [3]. Ion-ion logam tersebut sangat berbahaya bagi ekosistem lingkungan termasuk kesehatan manusia. Salah satunya, logam Cd dapat menaikkan resiko kanker payudara, penyakit jantung, dan gagal ginjal [4].

Beberapa cara yang telah dilakukan pengrajin untuk mengelola limbah cair industri pelapisan logam adalah netralisasi dengan kapur

dan pengendapan dengan tawas [5]. Para pengrajin pada umumnya membuat penampungan untuk limbah cair, kemudian tawas dimasukkan kedalamnya sampai terbentuk endapan, lalu air yang tersisa dibuang ke lingkungan. Tidak semua logam dapat mengendap dengan tawas, sehingga kemungkinan limbah sisa pengendapan dengan tawas yang dibuang ke lingkungan masih mengandung logam berat [2].

Oleh karena itu, diperlukan metode yang lebih efektif untuk mengolah limbah sebelum dibuang ke lingkungan sekitar. Penelitian yang telah dilakukan untuk mengatasi limbah elektroplating ini, salah satunya adalah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi [6]. Mollah, dkk telah menulis mengenai elektrokoagulasi sebagai teknologi yang efektif untuk mengolah air limbah [7]. Elektrokoagulasi merupakan gabungan antara proses elektrokimia dan flokulasi-koagulasi [8]. Kelebihan dari metode ini adalah pada penggunaan bahan kimia yang minimum [9].

Berbagai macam logam berat terkandung dalam limbah elektroplating, penelitian ini fokus terhadap logam kadmium (Cd). Ion logam Cd (II) dari limbah cair diolah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi pada kondisi optimum proses elektrokoagulasi ion logam Cd(II) [10] yaitu pada waktu 30 menit, pH 8 dan rapat arus $0,00125 \text{ A/cm}^2$ dengan kombinasi elektroda Al-Al. Proses elektrokoagulasi limbah cair elektroplating menghasilkan koagulan. Koagulan hasil elektrokoagulasi tersebut dioven membentuk hidroksidanya yang kering. Hidroksida logam tersebut diaplikasikan sebagai

bahan pewarna gelasir pada keramik. Penelitian yang relevan dengan penelitian ini yaitu mengenai limbah *yogurt* [11] dan pengadaan pewarna keramik dari limbah [12]. Hidroksida logam hasil elektrokoagulasi limbah cair elektroplating sebagai bahan pewarna keramik gelasir dicampurkan dengan bahan pengglasir TSG dan frit [13]. Proses pengglasiran dilakukan dengan memvariasi suhu pembakaran dan hidroksida logam hasil elektrokoagulasi dengan kondisi optimum logam Cd. Warna gelasir keramik diuji dengan alat *Chromameter*.

METODE PENELITIAN

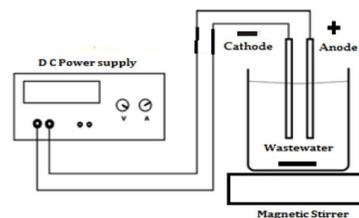
Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah hidroksida logam elektrokoagulasi limbah cair elektroplating. Objek penelitian ini adalah warna gelasir keramik dengan bahan pewarna hidroksida logam hasil elektrokoagulasi limbah cair elektroplating.

Prosedur

Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengambilan sampel limbah cair elektroplating dan karakterisasi. Limbah cair elektroplating diambil dengan menggunakan erlenmeyer, selanjutnya dihomogenkan menjadi satu dengan menggunakan bak besar. Sampel limbah elektroplating yang telah homogen dikarakterisasi sifat fisika dan kimianya. Karakterisasi pada sifat fisika berupa warna, suhu, bau, dan kekeruhan. Karakterisasi sifat kimia berupa kandungan logam berat, anion, kesadahan, pH, *Total Dissolved Solid* (TDS) dan *Total Suspended Solid* (TSS).

Tahap selanjutnya, pengambilan logam kadmium (II) dengan metode elektrokoagulasi limbah cair elektroplating. Limbah cair elektroplating diatur pH-nya dengan larutan NH_4OH hingga pH mencapai 8. Pelat elektroda Al-AL (anoda-katoda) diatur dengan jarak 1 cm dan dicelupkan ke dalam gelas beker yang telah berisi limbah cair elektroplating sedalam 4 cm. Setelah rangkaian alat (Gambar 1) selesai, *stopwatch* dinyalakan bersamaan dengan pelat elektroda mulai tercelup dalam gelas beker. Proses elektrokoagulasi dilakukan selama 30 menit pada rapat arus $0,00125 \text{ A/cm}^2$. Setelah 30 menit elektrokoagulasi dihentikan dan dilakukan berulang-ulang hingga mendapatkan jumlah koagulan yang diinginkan. Koagulan yang sudah terkumpul disaring dengan kertas saring Whatman 4.2 dan dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 3 jam. Hidroksida logam kering hasil elektrokoagulasi dikarakterisasi dengan XRF (*X-Rays Fluorescence*).



Gambar1. Rangkaian Alat Elektrokoagulasi

Tahap selanjutnya, penerapan hidroksida logam sebagai pewarna gelasir keramik pada variasi suhu pembakaran. Bahan gelasir 21,74 gram TSG, 3,26 gram zirkon dan 8% hidroksida logam dicampur dengan air sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga terbentuk bubur. Bahan gelasir yang sudah halus disaring dengan menggunakan saringan 120 mesh dan ditampung

dengan mangkuk. *Tile* biskuit diambil dan diberi kode, kemudian dicelupkan ke dalam bahan gelasir hidroksida logam yang telah siap digunakan. Sampel didiamkan selama 1 malam kemudian dibakar sesuai kode yang telah ditentukan dalam tungku pembakaran pada variasi suhu 999, 1060 dan 1101 °C masing-masing selama 5 jam. Warna gelasir keramik yang dihasilkan dianalisis menggunakan alat Chromameter Minolta CR-400.

Tahap terakhir, penerapan hidroksida logam sebagai pewarna gelasir keramik pada variasi massa. Tahapannya sama dengan tahap pada variasi suhu pembakaran, namun pada massa hidroksida logam divariasikan dengan 4, 12, dan 16%.

Teknik Analisis Data

Analisis warna akan menghasilkan data $L^*a^*b^*$. Berdasarkan nilai L^* , a^* , dan b^* yang diperoleh dapat dihitung nilai ΔE^* dengan rumus:

$$\Delta E^* = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$$

L^* merupakan *lightness* dengan nilai antara 0 sampai 100 adalah warna putih. a^* menunjukkan warna merah antara 0 sampai 60 dan warna hijau antara 0 sampai -60. b^* menunjukkan warna kuning antara 0 sampai 60 dan warna biru antara 0 sampai -60 [14].

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN Karakterisasi Limbah Cair Elektroplating

Hasil karakterisasi limbah cair elektroplating dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa limbah cair elektroplating mengandung logam Cd sebesar 0,0890 mg/L. Menurut Baku Mutu Limbah Cair untuk Kegiatan Industri Pelapisan Logam Peraturan

Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016, batas maksimum kadar logam Cd adalah 0,5 mg/L. Limbah cair elektroplating ini mengandung kadar logam Cd yang melebihi ambang batas. Selain itu, logam Pb dan Cu juga melebihi ambang batas baku mutu sehingga berbahaya.

Tabel 1. Hasil Uji Karakterisasi Limbah Cair Elektroplating

Parameter	Satuan	Hasil
pH	-	3,26*
Suhu udara	°C	28,5
Suhu sampel	°C	28,2
TSS	mg/L	8,5
TDS	mg/L	4160*
Kadmium (Cd)	mg/L	0,0890*
Krom total (Cr)	mg/L	0,1060
Timbal (Pb)	mg/L	0,160*
Seng (Zn)	mg/L	0,0960
Tembaga (Cu)	mg/L	133,4070*
Sianida (CN ⁻)	mg/L	0,655*
Krom (Cr ⁺⁶)	mg/L	0,004

Pengambilan Logam Kadmium (II) dengan Metode Elektrokoagulasi

Tujuan dari elektrokoagulasi ini adalah untuk menghasilkan koagulan yang dengan kadar logam Cd terbesar. Hasil dari elektrokoagulasi adalah koagulan dengan warna hijau toska. Setelah dilakukan pengovenan, diperoleh endapan dengan warna hijau toska yang lebih tua. Berat endapan yang diperoleh tiap proses elektrokoagulasi adalah $\pm 0,3$ gram. Endapan yang telah diperoleh dikarakterisasi dengan XRF. Karakterisasi ini bertujuan mengetahui kadar logam Cd dalam koagulan yang dihasilkan dari elektrokoagulasi limbah elektroplating. Berdasarkan hasil karakterisasi kadar logam Cd dalam endapan adalah kurang dari 0,01%.

Penerapan Hidroksida Logam Kadmium (II) sebagai Pewarna Gelasir Keramik pada Variasi Suhu Pembakaran dan Massa Hidroksida

Variasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu pembakaran terhadap warna gelasir keramik dengan bahan pewarna hidroksida logam Cd(II) hasil elektrokoagulasi limbah cair elektroplating. Berdasarkan pengamatan secara visual warna gelasir yang dihasilkan rata-rata adalah hijau (Gambar 2).

Namun berdasarkan hasil uji warna, warna hijau yang dihasilkan memiliki *saturation* yang berbeda-beda. Hasil analisis warna gelasir keramik disajikan pada Tabel 2.

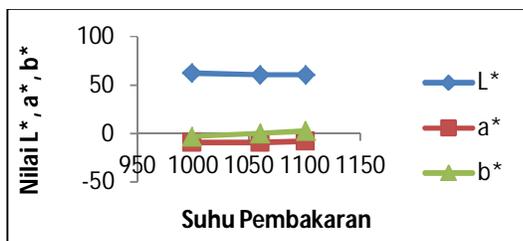


Gambar 2. Hasil Keramik Variasi Suhu Pembakaran

Tabel 2. Hasil Uji Warna dengan Chromameter pada Variasi Suhu Pembakaran

Suhu (°C)	Kode	Hasil analisa 1			Hasil analisa 2			Hasil analisa 3			Warna (visual)
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
999	Ar1	62,25	-8,52	-2,12	63,55	-8,15	-2,26	61,73	-9,04	-2,04	Hijau kebiruan
	Ar2	61,99	-10,31	-4,53	62,23	-10,29	-5,22	62,81	-10,16	-4,73	Hijau kebiruan
1060	Am2	59,03	-8,97	0,90	59,57	-8,91	0,91	59,86	-9,23	0,14	Hijau
	Am3	61,95	-9,47	-1,24	61,02	-10,01	-1,84	60,45	-9,70	-1,89	Hijau
1101	AT2	59,13	-9,03	1,84	61,10	-8,41	1,73	59,51	-8,59	2,46	Hijau
	AT3	59,67	-8,28	2,52	60,94	-7,76	2,79	60,98	-7,74	2,61	Hijau

Berdasarkan nilai rata-rata dari L*, a*, dan b*, hasil analisis warna gelasir keramik pada suhu pembakaran berbeda dapat dilihat pada Gambar 3. Suhu pembakaran mempengaruhi warna gelasir keramik, semakin besar suhu pembakaran maka nilai -a* semakin kecil, sehingga warna hijau dari gelasir keramik semakin pudar. Jika dilihat secara visual semakin tinggi suhu pembakaran, warna hijau yang dihasilkan semakin pekat.

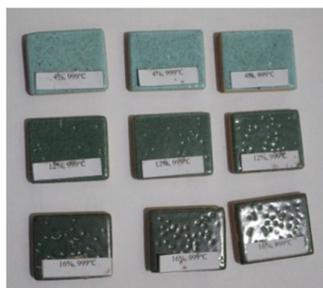


Gambar 3. Grafik antara Suhu Pembakaran dengan Nilai L*, a*, dan b*

Dilihat dari nilai L* dari keenam sampel yang telah dirata-rata dari setiap suhu

pembakaran, yang berkisar antara 59,03 sampai 63,55 menunjukkan bahwa warna yang dihasilkan mempunyai *lightness* yang cukup tinggi. Semakin besar suhu pembakaran yang digunakan maka warna keramik menjadi lebih gelap.

Pada pengglasiran dengan variasi massa pembakaran keramik dilakukan pada suhu 999°C, karena untuk titik lebur dari logam Cd sendiri sangat kecil yaitu 321°C maka dipakai suhu pembakaran terendah. Harapannya dengan suhu 999°C logam Cd sudah dapat membentuk oksidanya dan melebur membentuk warna gelasir keramik. Berdasarkan pengamatan secara visual warna pada 4% massa hidroksida memiliki warna hijau kebiruan. Pada massa 12 dan 16% memiliki warna hijau gelap (Gambar 4). Hasil analisis warna gelasir keramik dapat disajikan pada Tabel 3.



Gambar 4. Keramik Hasil Variasi % Massa

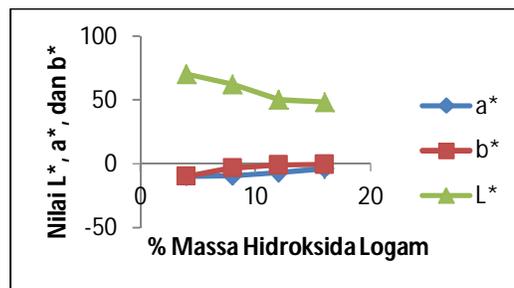
Tabel 3. Hasil Uji Warna dengan Chromameter pada Variasi Massa

Kode	Analisis 1			Analisis 2			Analisis 3			Warna (visual)
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
1Y1	69,79	-9,85	-9,61	70,97	-9,68	-10,45	71,18	-9,67	-10,42	Biru
1Y2	70,15	-9,77	-9,58	70,91	-9,24	-9,97	70,18	-9,93	-9,66	Biru
3Y1	50,0	-6,99	-0,72	50,38	-7,13	-1,09	50,97	-7,64	-1,49	Hijau tua
3Y2	50,03	-7,37	-1,26	50,43	-6,91	-1,04	50,16	-7,16	-1,26	Hijau tua
4Y1	49,66	-3,04	-0,29	48,19	-3,56	-0,30	47,67	-3,54	-0,67	Hijau tua
4Y2	49,56	-4,31	-0,56	46,95	-4,36	-0,21	49,06	-3,41	0,31	Hijau tua

Berdasarkan nilai rata-rata dari $L^*a^*b^*$ yang diperoleh dari masing-masing keramik, dapat dilihat pada Gambar 5, jika massa hidroksidalogam hasil elektrokoagulasi mempengaruhi warna gelasir keramik. Semakin besar massa hidroksida maka nilai $-a^*$ semakin kecil, sehingga warna yang dihasilkan cenderung semakin pekat.

Rata-rata nilai L^* dari keenam sampel berkisar antara 48,52 sampai 70,53 menunjukkan bahwa warna yang dihasilkan mempunyai *lightness* yang cukup tinggi. Jika dibandingkan, pada massa 4% memiliki nilai L^* lebih besar daripada pada massa 8, 12, dan 16% (dapat dilihat pada Gambar 5). Kemungkinan hal ini disebabkan karena bahan pewarna yang diberikan cukup kecil maka warna yang diberikan cukup muda. Hal ini menunjukkan bahwa massa berpengaruh terhadap warna gelasir keramik dan tingkat *lightness*. Semakin besar massa hidroksida logam hasil

elektrokoagulasi digunakan maka warna keramik menjadi lebih gelap.



Gambar 5. Grafik antara % Massa Hidroksidadengan Nilai L^* , a^* , dan b^*

Svehla (1990: 237) senyawa oksida kadmium memiliki warna coklat [15]. Tetapi warna gelasir keramik yang dihasilkan dari penelitian ini rata-rata berwarna hijau. Jika dibandingkan, warna hasil penelitian dengan teori sangat berbeda. Hal ini dapat disebabkan karena kandungan logam Cd dalam hidroksida logam hasil elektrokoagulasi sangat sedikit yaitu kurang dari 0,01%, sehingga kemungkinan warna yang dihasilkan oleh logam Cd tertutup dengan warna logam lain yang lebih dominan.

Pada penelitian ini, belum ada standar yang dapat digunakan untuk menentukan produk gelasir keramik yang paling baik, sehingga peneliti menggunakan analisis secara visual. Produk hasil gelasir keramik yang paling baik adalah sampel dengan kode Am pada suhu pembakaran 1060°C dan massa hidroksida logam 8%. Sampel tersebut menghasilkan gelasir dengan permukaan dan warna yang lebih merata dibandingkan dengan sampel yang lain. Pernyataan tersebut diperkuat oleh pendapat teman-teman sepenelitian payung.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Suhu pembakaran mempengaruhi warna gelasir keramik, nilai L^* , a^* , dan b^* . Semakin besar suhu pembakaran, semakin kecil nilai L^* , semakin besar nilai a^* dan b^* serta semakin gelap warna gelasir keramik yang dihasilkan.
2. Massa hidroksida logam hasil elektrokoagulasi mempengaruhi warna gelasir keramik, nilai L^* , a^* , dan b^* . Semakin besar massa maka semakin kecil nilai L^* , semakin besar nilai a^* dan b^* serta semakin gelap warna gelasir keramik yang dihasilkan.

Saran

Saran yang diajukan adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai limbah cair elektroplating dari beberapa sentra kerajinan perak dan perlu dilakukan pengembangan aplikasi ini dengan skala yang lebih besar.

UCAPAN TERIMAKASIH

1. Ibu Regina Tutik P., M. Si selaku ketua tim penelitian.
2. FMIPA UNY yang telah mendanai penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lawrence, W. G. & West, R. R., (1982). *Ceramics Science for Potter 2nd Edition*. Pennsylvania: Chilton Book Company.
- [2] Padmaningrum, R. T., & Marwati, S. (2008). Rancangan Pengolahan Limbah Cair Industri Electroplating. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA Yogyakarta*, K-38, 85–90.
- [3] Sumada, K. (2006). Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Elektroplating yang Efisien. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(1), 26–35.
- [4] Istarani, F., & Pandebesie, E. S. (2014). Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(1), 1–6.
- [5] Marwati, S., Padmaningrum, R. T., & Marfuatun. (2007). Karakterisasi Sifat Fisika-Kimia Limbah Cair Industri Elektroplating. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [6] Rajemahadik, C.F., Kulkarni, S.F., Kulkarni, G.S. (2013). Efficient Removal of Heavy Metals from Electroplating Wastewater Using Electrocoagulation. *International Journal of Scientific and Research Publications*. Volume 3, Issue 10, ISSN 2250-3153. 1-5.
- [7] Mollah, M. Y. A., Schennach, R., Parga, J. R., & Cocke, D. L. (2001). Electrocoagulation (EC) - Science and Applications. *Journal Hazardous Materials*, 84, 29–41.
- [8] Holt, P. K., Barton, G. W., & Mitchell, C. A. (2005). The Future for Electrocoagulation As A Localised Water

- Treatment Technology. *Journal Chemosphere*, 59, 355–367.
- [9] Prayitno, & Kismolo, E. (2012). Percobaan Awal Proses Elektrokoagulasi sebagai Metode Alternatif pada Pengolahan Limbah Cair. *Prosiding Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir* (94–99).
- [10] Wibowo, R. (2017). "Optimasi Kondisi Proses Elektrokoagulasi Ion Logam Kadmium (II) dalam Limbah Cair Elektroplating". *Skripsi tidak diterbitkan*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [11] Un, T. U. & Ozel, E. (2013). Electrocoagulation of Yogurt Industry Wastewater and The Production of Ceramic Pigments from The Sludge. *Journal Elsevier Separation and Purification Technology*. 120 (2013) 386-391.
- [12] Sentrana, M. S., & Supatra, A. R. (2013). Solusi Pengadaan Oksida Tembaga untuk Pewarna Keramik dengan Sintesa dari Limbah Logam. *Jurnal Tingkat Sarjana Bidang Senirupa dan Desain*, 2(1).
- [13] Gautami, N. (2011). *Keramik untuk Hobi dan Karir*. Diakses pada <https://booksgoogle.co.id> tanggal 5 Oktober 2017.
- [14] Konica Minolta. (2016). Komunikasi Warna Presisi. Diunduh pada tanggal 26 Oktober 2017 dari <http://konicaminolta.com/instruments/about/network>.
- [15] Svehla, G. 1990. *Vogel Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Terjemahan Oleh L. Setiono dan Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.