**PENYISIHAN KADAR COD, BOD DAN WARNA PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK**

**DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI**

**M. Adib Fadli1); Sri Sumiyati2), Ganjar Samudro2)**

**ABSTRAK**

Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit di gunakan untuk mengolah air limbah. Penelitian ini bertujuan mengetahui tingkat efisiensi penurunan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan kadar warna yang terkandung dalam limbah cair industri batik setelah melalui proses elektrokoagulasi. Penelitian dilakukan dengan menggunakan elektrokoagulasi dengan menggunakan tiga plat elektroda yaitu Aluminium (Al), Besi (Fe) dan Seng (Zn) dengan 3 (tiga) konsentrasi awal untuk masing-masing parameter. Penelitian ini mengolah limbah cair batik di dalam reaktor dengan di aliri listrik supaya ion–ion yang ada pada limbah cair batik teradsorbsi oleh ion–ion pengikat yang di lepaskan oleh elektroda pada alat elektrokoagulasi sehingga akan terjadi ikatan antara ion senyawa organik yang yang ada pada limbah cair batik dengan ion yang yang di sebabkan oleh proses elektrokoagulasi. Berdasarkan hasil laboratorium, setelah dilakukan analisa menunjukkan adanya penurunan konsentrasi COD,BOD dan Warna dengan efisiensi penurunan maksimum yaitu sebesar 99,63%, 99,22%, dan 98,40% yang pada proses eletrokoagulasi kontinyu dengan menggunakan plat elektroda Aluminium (Al). Dari 3 (Tiga) plat elektroda yang digunakan ada penelitian ini yaitu Aluminium (Al), Besi (Fe) dan Seng (Zn), yang paling efektif digunakan untuk menurunkan konsentrasi COD, BOD dan warna dalam limbah industri cair batik adalah plat elektroda Aluminium (Al).

**Kata Kunci** : Limbah Cair, Batik, Elektrokoagulasi, COD.

1. **PENDAHULUAN**

Air adalah salah satu unsur yang sangat penting bagi lingkungan hidup. Lingkungan dapat dikatakan baik jika unsur-unsur yang menyusun lingkungan tetap terpelihara. Terjadinya pencemaran air sebagai akibat kegiatan masyarakat yang beraneka ragam serta kegiatan industri akan berakibat buruk bagi lingkungan. Pencemaran air ini dapat terjadi karena buangan limbah cair yang dihasilkan oleh industri atau pabrik yang tidak dikelola sebagaimana mestinya dan dibuang begitu saja ke aliran air atau permukaan tanah disekitarnya.

Dalam proses produksinya, industri batik banyak meggunakan bahan-bahan kimia dan air. Bahan kimia ini biasanya digunakan pada proses pewarnaan atau pencelupan. Pada umumnya polutan yang terkandung dalam limbah industri batik dapat berupa logam berat, padatan tersuspensi, atau zat organik. Oleh karena itu apabila air buangan batik ini dialirkan langsung ke lingkungan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, maka akan menurunkan kualitas lingkungan dan merusak kehidupan yang ada di lingkungan tersebut.

Adapun parameter pencemaran air buangan industri batik sangat beragam, misalnya bau, suspended solid, BOD, COD, warna, nitrat dan lain-lain. Langkah yang harus dilakukan untuk mengurangi pencemaran, khususnya pencemaran air adalah dengan mengolah air buangan tersebut sebelum dibuang ke badan air.

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan suatu usaha untuk menurunkan parameter pencemar dengan pengolahan secara fisik. Penelitian ini mencoba memanfaatkan metode ***Elektrokoagulasi*** untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kandungan COD, BOD dan warna.

Penelitian yang dilakukan ini masih berskala laboratorium menggunakan proses *kontinyu* dengan metode elektrokoagulasi yang diharapkan dapat menurunkan konsentrasi COD, BOD dan warna yang terkandung dalam limbah batik.

Tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui efisiensi metode elektrokoagulasi terhadap penyisihan konsentrasi COD, BOD dan warna pada limbah cair industri batik.
2. Mengetahui bahan plat elektroda pada metode elektrokagulasi yang paling efektif terhadap penurunan konsentrasi COD, BOD dan warna.
3. **METODOLOGI**

Alur tahapan dari penelitian ditunjukkan dari gambar 1.

****

**Gambar 1**

**Diagram Alir Penelitian**

Penelitian dilakukan dengan menggunakan elektrokoagulasi dengan menggunakan 3 (tiga) plat elektroda yaitu Aluminium (Al), Besi (Fe) dan Seng (Zn) dengan 3 (tiga) konsentrasi awal untuk masing-masing parameter. Tegangan listrik yang digunakan pada penelitian ini adalah 12 V 5 A dengan waktu kontak 30 menit (Purwaningsih, 2008). Penelitian ini mengolah limbah cair batik di dalam reaktor dengan di aliri listrik supaya ion–ion yang ada pada limbah cair batik teradsobsi oleh ion–ion pengikat yang di lepaskan oleh elektroda pada alat elektrokoagulasi sehingga akan terjadi ikatan antara ion senyawa organik yang yang ada pada limbah cair batik dengan ion yang yang di sebabkan oleh proses elektrokoagulasi. Sampel diambil pada outlet kemudian dianalisa. Analisa laboratorium untuk parameter COD mengacu pada SNI 6989.2:2009, sedangkan untuk analisa BOD mengacu pada SNI 6989.72:2009 dan untuk analisa warna mengacu pada SNI 06-6989.24-2005.

**2.1 Metode Analisis Data**

Untuk mengetahui pengaruh plat elektroda dengan penurunan konsentrasi COD, BOD dan warna dalam limbah cair industri batik pada effluen, data-data dianalisa dengan uji ANOVA dua arah menggunakan program SPSS 16.0. Uji ANOVA dua arah atau two factorial design digunakan bila dalam analisa data ingin mengetahui ada atau tidak perbedaan dari dua variabel bebasnya dibagi dalam beberapa kelompok (Hartono, 2009).

Analisis Variansi (Anova) dua arah banyak sekali digunakan untuk analisis statistik terutama untuk menguji kesamaan lebih dari dua perlakuan. Anova dua arah digunakan jika faktor perlakuan yang kita teliti lebih dari satu faktor dengan masing-masing taraf. Dengan Anova ini akan diketahui perlakuan mana saja yang berbeda dan perlakuan mana yang terbaiknya.

**3. Analisis Dan Pembahasan**

1. **Umum**

 Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinyu dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana salah satu elektrodanya terbuat dari aluminium. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi oksidasi, yaitu limbah yang mengandung logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutup negatif (Al) sedangkan elektroda positif (Fe) akan teroksidasi menjadi [Fe(OH)3] yang berfungsi sebagai kogulan.

 Penelitian ini menggunakan metode elektrokoagulasi secara kontinyu. Dimana, elektrokoagulasi ini menggunakan elektroda-elektroda, yang berasal dari bahan yang berbeda yaitu : Aluminium, Besi dan Seng. Ukuran elektroda yang digunakan adalah 16,5 cm x 30 cm x 1 mm. Perbandingan efektif luasan dengan volume limbah sangat berpengaruh tehadap terbentuknya koagulan dari hasil reaksi antara elektroda, dimana semakin besar luasan elektroda yang bereaksi, maka semakin banyak pula koagulan yang dapat dihasilkan dalam pengolahan limbah menggunakan metode elektrokoagulasi ini. Sedangkan jarak antar elektroda dalam penelitian ini adalah 1,5 cm, dengan tegangan 12 Volt – 5 Ampere.

1. **Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD)**

Limbah industri batik sesudah proses elektrokoagulasi kemudian di analisa di laboratorium dengan menggunakan alat *spectrofotometer.* Metode Uji yang digunakan yaitu metode Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri SNI 06-6989.2-2004.

Kebutuhan oksigen kimiawi atau yang lebih dikenal sebagai Chemical Oxygen Demand (COD) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik (yang terurai dan sukar terurai) secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat.

Untuk mengoksidasi senyawa-senyawa organik (Clair, 2003), khususnya yang sukar terurai diperlukan suatu oksidator kuat. Zat kimia yang bersifat oksidator kuat yang sering dipakai adalah KMnO4 dan K2Cr2O7. Daya oksidasi KMnO4 (E0 = +1,59 Volt) lebih tinggi dibandingkan dengan daya oksidasi K2Cr2O7 (E0 = +1,36 Volt). Namun dalam analisis COD, oksidator yang paling sering dipakai adalah K2Cr2O7. Hal ini disebabkan senyawa K2Cr2O7 mempunyai beberapa keuntungan yaitu dapat diperoleh dengan tingkat kemurnian yang tinggi, larutannya lebih stabil, larutan standarnya mudah dibuat, mudah larut dalam air dan kelarutannya homogen. Dalam suasana asam kuat (H2SO4), sebagian besar senyawa organik yang terdapat dalam air dapat dioksidasi oleh oksidator K2Cr2O7 menjadi senyawa yang lebih sederhana.

Data konsentrasi COD dan efisiensi dari hasil penelitian dengan menggunakan elektrokoagulasi ditujukan pada tabel berikut ini :

Tabel 4.1 Data Konsentrasi COD dan Efisiensinya

|  |  |
| --- | --- |
| Plat Elektroda | Konsentrasi COD (mg/l) |
| Percobaan 1 | Percobaan 2 | Percobaan 3 |
| Input 1 | Output 1 | Efisiensi | Input 2 | Output 2 | Efisiensi | Input 3 | Output 3 | Efisiensi |
| Al | 2973.00 | 72.54 | 97.56 | 1575.00 | 5.83 | 99.63 | 570.00 | 3.83 | 99.33 |
| Fe | 2973.00 | 399.27 | 86.57 | 1575.00 | 115.00 | 92.70 | 570.00 | 10.47 | 98.16 |
| Zn | 2973.00 | 316.33 | 89.36 | 1575.00 | 136.67 | 91.32 | 570.00 | 20.33 | 96.43 |

(Sumber : Hasil Analisa Laboratorium 2011)

Untuk lebih jelasnya, dapat ditunjukkan dengan grafik penurunan konsentrasi COD untuk masing-masing elektroda, yang ditampilkan pada gambar berikut ini:

Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi COD

Dari Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 data yang diperoleh selama penelitian dengan menggunakan alat elektrokoagulasi dalam mengolah air buangan industri batik menunjukkan adanya penurunan konsentrasi COD. Pada alat elektrokoagulasi dengan menggunakan plat elektroda Al didapatkan efisiensi penurunan konsentrasi COD maksimum yaitu sebesar 99,63% dimana konsentrasi awal COD adalah 1575 mg/l dengan konsentrasi akhir 5,83%, sedangkan pada plat elektroda Fe dan Zn efisiensi penurunan konsentrasi maksimum terjadi pada konsentrasi awal COD 570 mg/l yaitu sebesar 98,16% dan 96,43%. Dari ketiga plat elektroda, yang memiliki efisiensi penurunan konsentrasi maksimum untuk masing-masing konsentrasi awal adalah plat elektroda Aluminium (Al), hal ini dikarenakan logam Al dalam deret volta terletak di sebelah kiri Fe dan Zn yang berarti logam Al lebih mudah mengalami oksidasi dibandingkan logam Fe dan Zn.

Penurunan konsentrasi COD dalam elektrokoagulasi ini dikarenakan proses oksidasi dan reduksi didalam reaktor elektrokoagulasi tersebut. Pada elektroda-elektroda terbentuk gas, gas seperti oksigen dan hidrogen ini akan mempengaruhi pereduksian COD. Berdasarkan pada teori *double layer*, penurunan COD di karenakan flok yang terbentuk oleh ion senyawa organik berikatan dengan ion koagulan yang bersifat positif. (Purwaningsih, 2008)

Selain itu diketahui bahwa molekul-molekul yang ada pada limbah batik akan terbentuk menjadi flok dimana partikel-pertikel koloid pada limbah bersifat adsorbsi (penyerapan) terhadap partikel atau ion atau senyawa yang lain yang ada pada limbah misalnya koloid Fe(OH)3 bermuatan positif karena permukaannya menyerap ion H+. Prinsip proses kerja yang terjadi pada elektrokoagulasi secara umum sama seperti teori double layer yaitu pembentukan flokulasi partikel bersifat adsorbsi dimana koagulan pada elektrokoagulasi bermuatan positif akan menyerap ion-ion negatif pada limbah seperti nitrat, phospat, nitrit dan senyawa organik lainnya dan membentuk flok yang membantu proses penurunan COD. (Ramesh, 2007)

1. **Konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD)**

*Biological Oxygen Demand* (BOD) adalah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimia (Siregar, 2005).

 BOD5 adalah banyaknya oksigen (mg) yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan organik dalam satu liter air limbah selama pengeraman (5 × 24 jam pada suhu 20oC). Jadi, BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan pencemar yang terdapat di dalam suatu perairan (Manik, 2003).

Dari penelitian ini menghasilkan data konsentrasi warna dan efisiensi dari limbah cair batik disajikan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data Konsentrasi BOD dan Efisiensinya

|  |  |
| --- | --- |
| **Plat Elektroda** | **Konsentrasi BOD (mg/l)** |
| **Percobaan 1** | **Percobaan 2** | **Percobaan 3** |
| **Input 1** | **Output 1** | **Efisiensi** | **Input 2** | **Output 2** | **Efisiensi** | **Input 3** | **Output 3** | **Efisiensi** |
| **Al** | 814.20 | 33.71 | 95.86 | 379.20 | 2.95 | **99.22** | 85.28 | 1.26 | 98.52 |
| **Fe** | 814.20 | 152.83 | 81.23 | 379.20 | 37.13 | 90.21 | 85.28 | 9.18 | 89.24 |
| **Zn** | 814.20 | 145.42 | 82.14 | 379.20 | 41.08 | 89.17 | 85.28 | 10.52 | 87.66 |

(Sumber : Hasil Analisa Laboratorium 2011)

Gambar 4.2. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi BOD

Berdasarkan Tabel 4.2. dan Grafik 4.2. dapat dilihat bahwa setelah proses elektrokoagulasi terjadi penurunan konsentrasi BOD. Efisiensi penurunan konsentrasi BOD maksimum pada konsentrasi awal BOD 814,20 mg/l terjadi pada proses elektrokoagulasi dengan menggunakan plat elektroda Al yaitu sebesar 95,86%, sedangkan pada konsentrasi awal BOD 379,20 mg/l didapatkan efisiensi maksimum sebesar 99,22% pada proses elektrokoagulasi menggunakan plat elektroda Al, dan pada konsentrasi awa BOD 85,28 mg/l didapatkan efisiensi maksimum sebesar 95,73% pada proses elektrokoagulasi dengan plat elektroda Al. Hal ini berarti plat elektroda yang paling baik digunakan untuk menurunkan konsentrasi BOD dengan elektrokoagulasi adalah plat elektroda Al dengan konsentrasi awal 379,20 mg/l. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa plat elektroda yang paling baik digunakan untuk menurunkan konsentrasi BOD pada proses elektrokoagulasi adalah plat elektroda Al. Hal ini dikarenakan logam Al mempunyai nilai E0 yang lebih kecil dibandingkan dengan logam Fe dan Zn, sehingga logam Al lebih mudah mengalami oksidasi dibandingkan kedua logam lainnya. Dimana koagulan yang terbentuk dalam proses elektrokoagulasi dikarenakan adanya proses oksidasi dan reduksi yang dapat membantu menurunkan konsentrasi COD dan BOD dalam air limbah.

1. **Konsentrasi Warna**

Penelitian terhadap parameter warna dimulai dengan melakukan pengujian awal terhadap kandungan warna pada limbah batik yang berasal dari bahan Organik dan Non-organik dengan menggunakan bahan-bahan yang berbahaya.

Warna dapat diamati secara visual (langsung) ataupun diukur berdasarkan skala platinum kobalt (dinyatakan dengan satuan PtCo), dengan membandingkan warna air sampel dengan warna standar. Air yang memiliki nilai kekeruhan rendah biasanya memiliki nilai warna tampak dan warna sesungguhnya yang sama dengan standar (APHA, 1976; Davis dan Cornwell, 1991 dalam Effendi, 2003).

Tes warna digunakan untuk menghitung kadar kekeruhan air yang berhubungan erat dengan konsentrasi yang mempengaruhi kecerahan air. Dilakukan pengenceran yang bertujuan mengetahui efisiensi kadar warna yang terkandung dalam limbah batik setelah melalui proses elektrokoagulasi.

Sampel limbah industri batik sesudah proses elektrokoagulasi kemudian dianalisa di laboratorium dengan menggunakan metode perbandingan warna.

Dari penelitian ini menghasilkan data konsentrasi warna dan efisiensi dari limbah cair batik disajikan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data Konsentasi Warna dan Efisiensinya

|  |  |
| --- | --- |
| **Plat Elektroda** | **Konsentrasi Warna (Pt-Co)** |
| **Percobaan 1** | **Percobaan 2** | **Percobaan 3** |
| **Input 1** | **Output 1** | **Efisiensi** | **Input 2** | **Output 2** | **Efisiensi** | **Input 3** | **Output 3** | **Efisiensi** |
| **Al** | 302.00 | 45.00 | 85.10 | 125.00 | 2.00 | **98.40** | 74.00 | 2.00 | 97.30 |
| **Fe** | 302.00 | 68.00 | 77.48 | 125.00 | 48.00 | 61.60 | 74.00 | 22.00 | 70.27 |
| **Zn** | 302.00 | 56.00 | 81.46 | 125.00 | 56.00 | 55.20 | 74.00 | 24.00 | 67.57 |

(Sumber : Hasil Analisa Laboratorium 2011)

Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan penurunan konsentrasi warna terhadap masing-masing elektroda :

Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Penurunan Konsentrasi Warna

Berdasarkan Tabel 4.3. dan Grafik 4.3. diperoleh efisiensi penurunan konsentrasi warna dengan prosentase penurunan maksimum pada proses elektrokoagulasi dengan elektroda Al yaitu sebesar 98,40% pada konsentrasi awal warna 125 Pt-Co, sedangkan pada konsentrasi awal warna 74 Pt-Co didapatkan efisiensi sebesar 97,30% yaitu pada proses elektrokoagulasi dengan menggunakan plat elektroda Aluminium (Al). Untuk konsentrasi awal warna 302 Pt-Co didapatkan efisiensi sebesar 85,10% pada elektrokoagulasi dengan plat elektroda Al. Hal ini berarti bahwa plat elektroda yang paling efektif untuk menurunkan konsentrasi warna adalah plat elektroda Aluminium (Al) pada konsentrasi awal limbah 125 Pt-Co dengan efisiensi penurunan sebesar 98,40%. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa plat elektroda yang paling baik digunakan untuk menurunkan konsentrasi Warna pada proses elektrokoagulasi adalah plat elektroda Al. Hal ini dikarenakan logam Al mempunyai nilai E0 yang lebih kecil dibandingkan dengan logam Fe dan Zn, sehingga logam Al lebih mudah mengalami oksidasi dibandingkan kedua logam lainnya. Dimana koagulan yang terbentuk dalam proses elektrokoagulasi dikarenakan adanya proses oksidasi dan reduksi yang dapat membantu proses dekolorisasi dalam air limbah.

Warna air limbah menunjukkan kualitasnya, air limbah yang baru akan berwarna abu-abu, dan air limbah yang sudah basi atau busuk akan berwarna gelap (Mahida, 1984). Warna tertentu dapat menunjukkan adanya logam berat yang terkandung dalam air buangan (Tinsley dan Fransini, 1991).

Kecerahan dipengaruhi oleh warna lain, semakin dalam penetrasi sinar matahari dapat menembus air, semakin produktif pula perairan tersebut. Hal ini seiring dengan banyaknya fitoplankton diperairan tersebut. Kekeruhan ialah suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan derajat kegelapan didalam air yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang. Kekeruhan sangat berhubungan erat dengan warna perairan, sedangkan konsentrasinya sangat memepengaruhi kecerahan dengan cara membatasi transmisi sinar matahari kedalamnya (Swingle, 1968 dalam Effendi 2003).

Warna perairan pada umumnya disebabkan oleh partikel koloid bermuatan negatif, sehingga penghilangan warna diperairan dapat dilakukan dengan penambahan koagulan yang bermuatan positif, misalnya alumunium dan besi (Sawyer dan McCarty, 1978 dalam Effendi 2003).

Penurunan warna disebabkan oleh proses adsorbsi, dimana substansi molekul meninggalkan larutan limbah dan bergabung pada permukaan zat padat (koagulan) dari proses elektrokoagulasi. Proses adsorbsi disini berfungsi untuk menyisihkan senyawa-senyawa aromatik dan senyawa organik terlarut.

Pada umumnya warna yang digunakan pada industri batik adalah warna sintetis yaitu naphtol. Konsentrasi warna pada limbah cair yang mengandung kadar naphtol, setelah mendapat perlakuan dari elektrokoagulasi terjadi penurunan konsentrasi paremeter warna hingga 98,40% dari konsentrasi awal 125 Pt-Co dengan elektroda Al.

1. **Analisa Statistik**

 Untuk mengetahui pengaruh plat elektroda dengan penurunan konsentrasi COD, BOD dan warna dalam limbah cair industri batik pada effluen, data-data dianalisa dengan **uji Analisis Variansi (Anova) dua arah** menggunakan program *SPSS 16.0*. Uji ANOVA dua arah atau *two factorial design* digunakan bila dalam analisa data ingin mengetahui ada atau tidak perbedaan dari dua variabel bebasnya dibagi dalam beberapa kelompok. (Hartono, 2009)

 Analisis Variansi (Anova) dua arah banyak sekali digunakan untuk analisis statistik terutama untuk menguji kesamaan lebih dari dua perlakuan. Anova dua arah digunakan jika faktor perlakuan yang kita teliti lebih dari satu faktor dengan masing-masing taraf. Dengan Anova ini akan diketahui perlakuan mana saja yang berbeda dan perlakuan mana yang terbaiknya.

 Model linier untuk rancangan dengan dua jenis faktor perlakuan (A dan B) adalah :

Yij = µ + αi + βj +αiβj + εij

dimana i =1,2,…,a ; j =1,2,…,b ;

Yij = unit observasi perlakuan A taraf ke i dan perlakuan B taraf ke j

µ = rata-rata total keseluruhan data

αi = efek perlakuan A taraf ke i

βj  = efek perlakuan B taraf ke j

αiβj = interaksi antara perlakuan A taraf ke i dan perlakuan B taraf ke j

εij = error random

a = banyaknya taraf perlakuan A

b = banyaknya taraf perlakuan B

Rumusan hipotesisnya:

H0 : tidak ada perbedaan efek perlakuan

H1 : Ada perbedaan efek perlakuan secara signifikan

1. ***Chemical* *Oxygen Demand* (COD)**
2. **Variabel Jenis Plat:**

****

Dari tabel di atas didapat F = 6.141 dan Sig. = 0.060. Jika digunakan α = 5% diperoleh bahwa Sig. > α, tetapi jika digunakan α = 10% diperoleh bahwa Sig. < α sehingga H0 ditolak dan mengakibatkan jenis plat memberikan pengaruh yang berbeda secara signifikan terhadap efisiensi.

Ketepatan model ini dapat dilihat pada nilai R\_Squared dimana terlihat bahwa nilainya adalah 99.9%.

Uji lanjut untuk melihat pasangan perlakuan yang memberikan pengaruh berbeda dapat dilakukan dengan uji Duncan (meskipun masih banyak metode yang lain):



Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa jenis plat Al terletak pada Subset kedua. Artinya bahwa jenis plat Al memberikan pengaruh yang paling berbeda secara signifikan. Jika plat dengan effisiensi terbesar adalah yang terbaik, maka dapat dikatakan bahwa plat Al merupakan plat yang terbaik.

1. **Variabel Konsentrasi Awal:**

Dari tabel di atas didapat F = 5.187 dan Sig. = 0.077. Jika digunakan α = 5% diperoleh bahwa Sig. > α, tetapi jika digunakan α = 10% diperoleh bahwa Sig. < α sehingga H0 ditolak dan mengakibatkan konsentrasi awal COD memberikan pengaruh yang berbeda secara signifikan terhadap efisiensi.

Ketepatan model ini dapat dilihat pada nilai R\_Squared dimana terlihat bahwa nilainya adalah 99.9%.

Uji lanjut untuk melihat pasangan perlakuan yang memberikan pengaruh berbeda dapat dilakukan dengan uji Duncan (meskipun masih banyak metode yang lain):

Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa konsentrasi awal 1 dengan 2 terletak pada Subset pertama dan konsentrasi awal 2 dengan 3 terletak pada Subset kedua. Artinya bahwa konsentrasi awal 1 dengan 2 tidak memberikan pengaruh yang berbeda begitu juga dengan konsentrasi awal 2 dengan 3. Tetapi konsentrasi awal 1 dengan 3 terletak pada Subset yang berbeda sehingga dapat dikatakan bahwa konsentrasi awal 1 memberikan pengaruh yang berbeda secara signifikan dibandingkan dengan konsentrasi awal 3.

1. **Uji Normalitas Residual**

H0 : Residual berdistribusi Normal

H1 : Residual tidak berdistribusi Normal

Dari tabel di atas didapat nilai statsitik Kolmogorov\_Smirnov Z = 0.654 dan Sig. = 0.787. Jika digunakan α = 5% diperoleh bahwa Sig. > α, sehingga H0 tidak ditolak yang berarti bahwa asumsi residual berdistribusi Normal terpenuhi.

1. ***Biological Oxygen Demand* (BOD)**
2. **Variabel Jenis Plat:**

Dari tabel di atas didapat F = 49.223 dan Sig. = 0.002. Jika digunakan α = 5% diperoleh bahwa Sig. < α sehingga H0 ditolak dan mengakibatkan jenis plat memberikan pengaruh yang berbeda secara signifikan terhadap efisiensi.

Ketepatan model ini dapat dilihat pada nilai R\_Squared dimana terlihat bahwa nilainya adalah 100%.

Uji lanjut untuk melihat pasangan perlakuan yang memberikan pengaruh berbeda dapat dilakukan dengan uji Duncan (meskipun masih banyak metode yang lain):

Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa jenis plat Al terletak pada Subset kedua. Artinya bahwa jenis plat Al memberikan pengaruh yang paling berbeda secara signifikan. Jika plat dengan effisiensi terbesar adalah yang terbaik, maka dapat dikatakan bahwa plat Al merupakan plat yang terbaik.

1. **Variabel Konsentrasi Awal:**

****

Dari tabel di atas didapat F = 13.941 dan Sig. = 0.016. Jika digunakan α = 5% diperoleh bahwa Sig. < α sehingga H0 ditolak dan mengakibatkan konsentrasi awal COD memberikan pengaruh yang berbeda secara signifikan terhadap efisiensi.

Ketepatan model ini dapat dilihat pada nilai R\_Squared dimana terlihat bahwa nilainya adalah 100%.

Uji lanjut untuk melihat pasangan perlakuan yang memberikan pengaruh berbeda dapat dilakukan dengan uji Duncan (meskipun masih banyak metode yang lain):

 

Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa konsentrasi awal 1 terletak pada Subset pertama. Artinya bahwa konsentrasi awal 1 memberikan pengaruh yang paling berbeda secara signifikan.

1. **Uji Normalitas Residual**

H0 : Residual berdistribusi Normal

H1 : Residual tidak berdistribusi Normal

Dari tabel di atas didapat nilai statsitik Kolmogorov\_Smirnov Z = 0.308 dan Sig. = 1.000. Jika digunakan α = 5% diperoleh bahwa Sig. > α, sehingga H0 tidak ditolak yang berarti bahwa asumsi residual berdistribusi Normal terpenuhi.

1. **Warna**
2. **Variabel Jenis Plat:**

Dari tabel di atas didapat F = 5.614 dan Sig. = 0.069. Jika digunakan α = 5% diperoleh bahwa Sig. > α, tetapi jika digunakan α = 10% diperoleh bahwa Sig. < α sehingga H0 ditolak dan mengakibatkan jenis plat yang digunakan memberikan pengaruh yang berbeda secara signifikan terhadap efisiensi.

Ketepatan model ini dapat dilihat pada nilai R\_Squared dimana terlihat bahwa nilainya adalah 100%.

Uji lanjut untuk melihat pasangan perlakuan yang memberikan pengaruh berbeda dapat dilakukan dengan uji Duncan (meskipun masih banyak metode yang lain):



Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa jenis plat Al terletak pada Subset kedua. Artinya bahwa jenis plat Al memberikan pengaruh yang paling berbeda secara signifikan. Jika plat dengan effisiensi terbesar adalah yang terbaik, maka dapat dikatakan bahwa plat Al merupakan plat yang terbaik.

1. **Variabel Konsentrasi Awal:**

Dari tabel di atas didapat F = 0.668 dan Sig. = 0.562. Jika digunakan α = 5% diperoleh bahwa Sig. > α, dan jika digunakan α = 10% diperoleh bahwa Sig. > α sehingga H0 tidak ditolak dan mengakibatkan konsentrasi awal warna tidak memberikan pengaruh yang berbeda secara signifikan terhadap efisiensi.

Ketepatan model ini dapat dilihat pada nilai R\_Squared dimana terlihat bahwa nilainya adalah 100%.

Uji lanjut untuk melihat pasangan perlakuan yang memberikan pengaruh berbeda dapat dilakukan dengan uji Duncan (meskipun masih banyak metode yang lain):



Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa konsentrasi awal 1, 2 dan 3 terletak pada Subset yang sama. Artinya bahwa konsentrasi awal 1, 2, dan 3 tidak memberikan pengaruh yang berbeda secara signifikan.

1. **Uji Normalitas Residual**

H0 : Residual berdistribusi Normal

H1 : Residual tidak berdistribusi Normal

Dari tabel di atas didapat nilai statsitik Kolmogorov\_Smirnov Z = 0.395 dan Sig. = 0.998. Jika digunakan α = 5% diperoleh bahwa Sig. > α, sehingga H0 tidak ditolak yang berarti bahwa asumsi residual berdistribusi Normal terpenuhi.

1. **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

1. Efisiensi penurunan maksimum konsentrasi untuk masing-masing parameter adalah :
2. Efisiensi penurunan maksimum konsentrasi COD adalah 99,63% dengan konsentrasi awal COD 1575 mg/L yaitu pada proses eletrokoagulasi kontinyu dengan menggunakan plat elektroda Aluminium (Al).
3. Efisiensi penurunan maksimum konsentrasi BOD adalah 99,22% dengan konsentrasi awal BOD 379,20 mg/L yaitu pada proses eletrokoagulasi kontinyu dengan menggunakan plat elektroda Aluminium (Al).
4. Efisiensi penurunan maksimum konsentrasi Warna adalah 98,40% dengan konsentrasi awal Warna 125 Pt-Co yaitu pada proses eletrokoagulasi kontinyu dengan menggunakan plat elektroda Aluminium (Al).
5. Dari 3 (Tiga) plat elektroda yang digunakan ada penelitian ini yaitu Aluminium (Al), Besi (Fe) dan Seng (Zn), yang paling efektif digunakan untuk menurunkan konsentrasi COD, BOD dan warna dalam limbah industri cair batik adalah plat elektroda Aluminium (Al).
6. **Saran**

Elektrokoagulasi dapat diaplikasikan dalam berbagai rekayasa pengolahan air, seperti pengolahan air limbah dan pengolahan air minum, sehingga diperlukan penelitian lanjutan mengenai elektrokoagulasi.

**DAFTAR PUSTAKA**

Anto, T. S. 2002. **LIPI Ciptakan Alat Pengolah Limbah Cair**. Bisnis Indonesia. Jakarta.

Alaerts, dan Santika, S.S. 1984. **Metode penelitian air**. Usaha Nasional Surabaya. Indonesia.

Benefielld, L. D. 1982. **Biological Processes Design For Wastewater Treatment**. Prentice – Hall, Inc. USA.

Chatib, B. 1998. **Pengelolaan Air Limbah**. ITB. Bandung.

Clair N. Sawyer, et.al. 2003. **Chemistry for Environmental Engineering and Science**. 5th editions. McGraw-Hill. New York.

Departemen Kesehatan RI. 1996. **Bahan-bahan Berbahaya dan Dampaknya terhadap Kesehatan Manusia.** Jakarta.

Departemen Kesehatan RI. 2010. **Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010**. Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum. 1991. **Kumpulan SNI Kualitas Air**. Jakarta.

Dimoglo, Anatoly, et al. 2004. Removal of Nickel, Cupper and Mercury from Aqueous Solutions by Electro-Coagulation Using Aluminium Electrodes. *Journal of Environmental Engineering Department*. Vol 219 No : 4, 29 Sept - 3 Oct 2004.

Droste, Ronald, L. 1997. **Theory and practice of water and wastewater treatment.** John Wiley & Sons. Inc, United State of Amerika.

Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air***.* Penerbit kanisius. Yogyakarta.

Erikarianto 2008. Pengertian BOD dan COD. www.erikarianto.wordpress.com.

Faiqun, Ni’am, Moh. 2007. Removal of COD and Turbidity to Improve Waste Water Quality Using Electrocoagulation Technique. *Journal of Analytical Sciences*. Vol 11 No : 1, 2007 P : 198-205.

Faraday, Michael. 1834. Philosophical Transactions of the Royal Society. www.wikipedia.com

Fardiaz, S. 1992. **Polusi Air Dan Udara**. PAU Pangan Dan Gizi. Bogor.

Fardiaz, S. 1992. **Polusi Air dan Udara**. Kanisius. Yogyakarta.

Gordon M. Fair, Jhon C. Geyer dan Danil A. Okum 1968 **Weste and Wastewater Engenerring.** 2nd Edition. Jhon willey and Sons Inc. New York.

Holt, P. 2006. Electrocoagulation as a Wastewater Treatment. *Journal of Australian Environmental Engineering*. Vol. 3, November 1999.

Johanes, H. 1978. **Listrik Dan Magnet**. Balai Pustaka. Jakarta.

Kim, S. 2002. COD Reduction and Decolorizationof Textile Effluent Using a Combined Process. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. Vol 95 no:1, 2003 P : 102 – 105.

Mahida, U.N. 1984. **Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri.** Rajawali. Jakarta.

Metcalf & Eddy 1991. **Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse.** 3th Edition. MC. Graw- Hill. New York. America.

Metcalf & Eddy 2003. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse.** MC. Graw- Hill. New York. America.

R. Ramesh Babu, N.S. Bhadrinarayana, K.M.Meera Sheriffa Begum, Anantharaman N. 2007. Treatment Of Tannery Wastewater By Electrocoagulation**.** *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*. Vol 42 No: 2, 2007 p: 201-206.

Rajkumar, D. 2004. Combined electrochemical degradation and activated carbon adsorption treatments for wastewater containing mixed phenolic compounds. *Journal of Environmental Engineering*. Vol 10 No :4, 2005 P : 1-9.

Reynold, Tom, D. 1982. **Unit Operation and Process in Environmental Engineering**. Texas ANM University. Brooks/Cole Engineering Division. Monterey. California.

Rusidana 2006. **Pengolahan Limbah Cair Industri Percetakan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi.** STTL. Yogyakarta.

Riyadi Slamet 1984. **Pencemaran Air.** Karya Anda. Surabaya.

Santaniello, R.M. 1971. **Water Quality Criteria and Standart for Industial Pollution Control Handbook.** H. F. Lund (ED). Mc Graw-Hill Inc. New York.

Sasongko, D. 1993*.* **Teknik Sumber Daya Air.** Erlangga. Jakarta.

Setyaningsih, H. 1999. Pengolahan Limbah Batik Dengan Proses Kimia dan Adsorpsi Karbon Aktif.

http://www.digilib.ui.edu/opac/themes/libri2/detail.jsp?id=81459&lokasi=lokal

Setyaningsih, P. 2002. Penyisihan Warna dan Biodegradasi Organik Limbah Pewarnaan Batik Menggunakan Reaktor Kontinyu Fixed Bed Anaerob- Aerob.

http://digilib.ampl.or.id/detail/detail.php?kode=460&row=0&tp=pustaka&ktg=tesis&kd\_l ink=

Sugiharto. 1987. **Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah.** Universitas Indonesia. Jakarta.

Susanto, S. S.K. 1973. **Seni Kerajinan Batik Indonesia.** Balai Penelitian Batik dan Kerajinan. Lembaga Penelitian dan Pendidikan Industri. Departemen Perindustrian Republik Indonesia.

Su-Hee Shin, et. al. 2004, Combined Performance of Electrocoagulation and Magnetic Separation Processes for Treathment of Dye Wastewater. *Journal Department of Chemical Engineering Korean*. Vol 21 (4), 2004 P : 806 - 810.

Sumarwoto, O. 1993. **Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri.** PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.

Tchobanoglous, G. and Schroeder, E.D. 1985. **Waer Quality: Characteristics, Modeling , Modification, Addition**. Wesly Reading. M.A.

Tinsley dan Fransini. 1991. **Chemical Concep In Pollutant Behavior**. Oregon State University. Carvallis.

Tjou Koli Nem 1988, **Chemistry for Environmental Engineering.** Mc.Graw Hill Book Company. New York. USA.