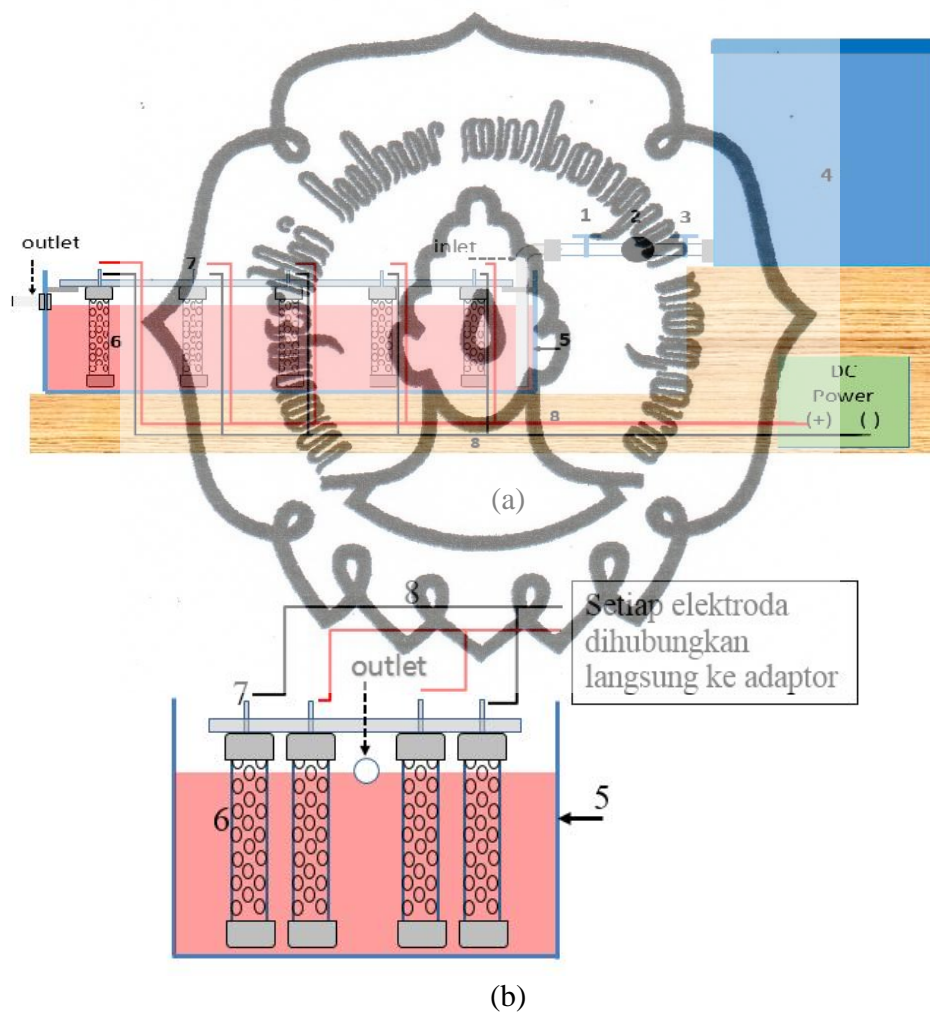


BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Desain Model Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil menggunakan Kombinasi Metode Elektooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Desain model instalasi pengolahan air limbah industri tekstil menggunakan kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi terdiri dari 2 komponen utama yaitu alat elektooksidasi dan alat fitoremediasi. Desain alat elektooksidasi disajikan pada gambar 3.

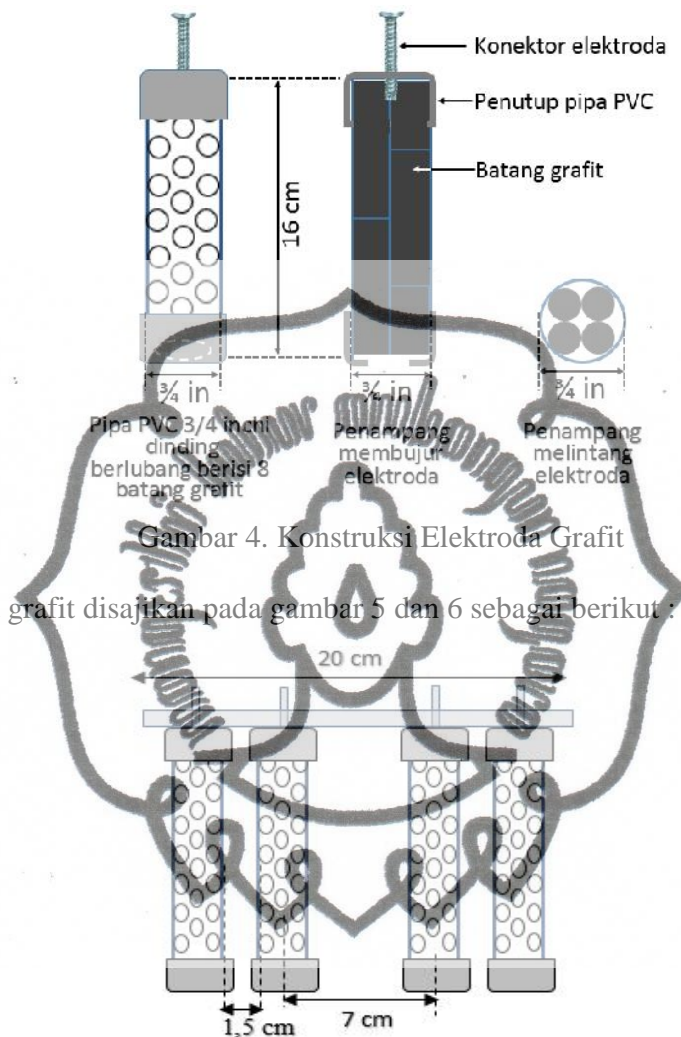


Keterangan :

- | | |
|--|---|
| a. Tampak samping alat elektooksidasi | 5. Alat elektooksidasi (terbuat dari kaca dengan ukuran $p \times l \times t = 60 \times 30 \times 18$ cm) |
| b. Tampak depan alat elektooksidasi | 6. Elektroda grafit |
| 1. Keran untuk mengatur laju alir air limbah | 7. Konektor elektroda grafit |
| 2. Alat pengukur laju alir air limbah | 8. Kabel penghubung |
| 3. Keran untuk mengalirkan air limbah | |
| 4. Bejana penampung air limbah (250 liter) | |

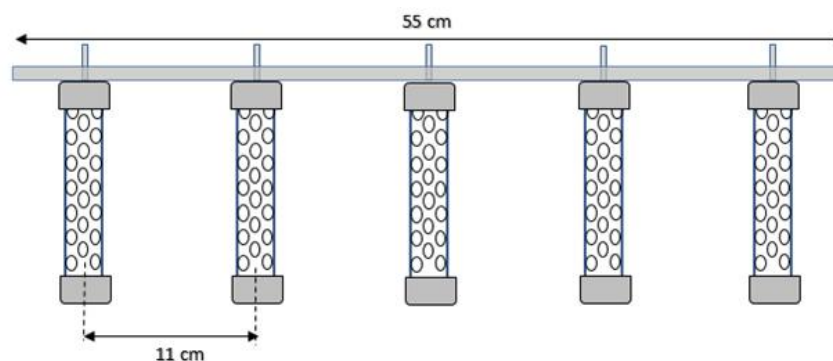
Gambar 3. Desain Alat Elektooksidasi

Konstruksi elektroda grafit disajikan pada gambar 4 sebagai berikut :



Gambar 4. Konstruksi Elektroda Grafit

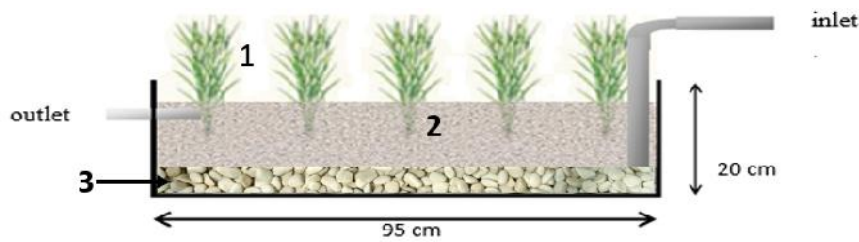
Susunan elektroda grafit disajikan pada gambar 5 dan 6 sebagai berikut :



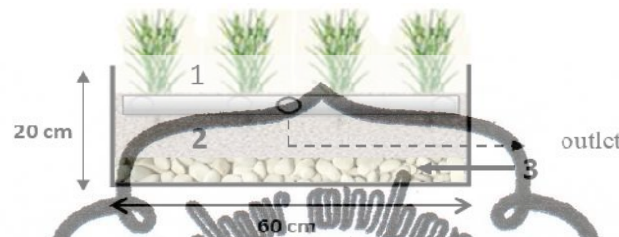
Gambar 5. Tampak Depan Susunan Elektroda Grafit

Gambar 6. Tampak Samping Susunan Elektroda Grafit

Desain alat fitoremediasi dan bagian-bagiannya disajikan pada gambar 7.



(a)



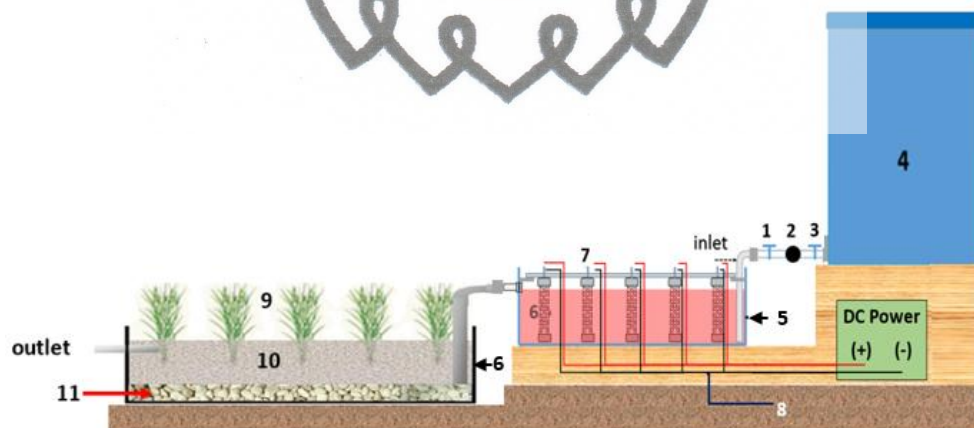
(b)

Keterangan :

- | | |
|---|---|
| a. Tampak samping desain alat fitoremediasi | 2. Campuran tanah ladu dan pupuk kompos (1:1) |
| b. Tampak depan desain alat fitoremediasi | |
| 1. Tanaman mendong | 3. Batu kerikil ukuran ± 1 cm (tebal 5 cm) |

Gambar 7. Desain Alat Fitoremediasi dan Bagian – Bagiaannya

Desain alat kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi disajikan pada gambar 8.



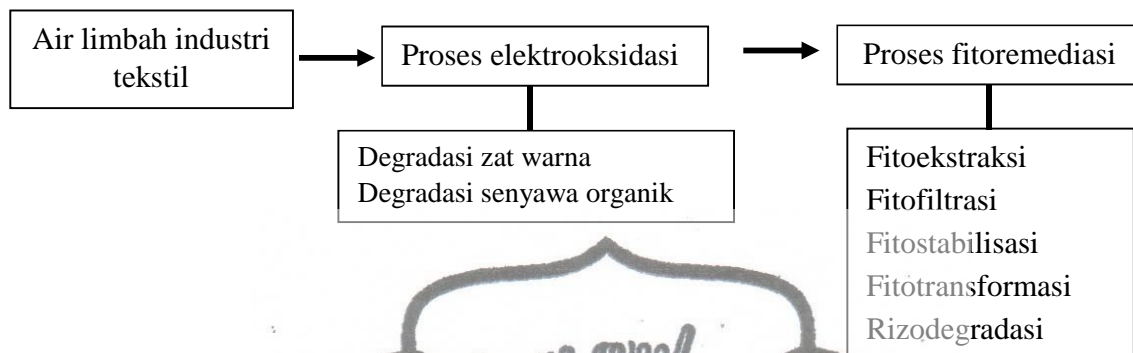
Keterangan :

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. Keran untuk mengatur laju alir air limbah | 6. Alat fitoremediasi |
| 2. Alat pengukur laju alir air limbah | 7. Konektor elektroda grafit |
| 3. Keran untuk mengalirkan air limbah | 8. Kabel penghubung |
| 4. Bejana penampung air limbah (250 liter) | 9. Tanaman mendong |
| 5. Alat elektrooksidasi | 10. Tanah ladu + kompos (1:1) |
| | 11. Batu kerikil (5 cm) |

Gambar 8. Desain Alat Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi

commut to user

Alur proses pengolahan air limbah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu disajikan dalam bentuk diagram alir pada gambar 9.



Gambar 9. Diagram Alir Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

B. Model Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Model instalasi pengolahan air limbah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu hasil dari penelitian ini disajikan pada gambar 10.



Keterangan : Jumlah tanaman mendong 20 rumpun, masing – masing 40 daun
Jumlah elektroda 10 pasang, masing – masing 8 batang grafit

Gambar 10. Model Instalasi Pengolahan Air Limbah Menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Bagian-bagian model instalasi pengolahan air limbah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinu disajikan pada gambar 11.



Keterangan :

- a. Alat elektrooksidasi
- b. Alat fitoremediasi
- c. Bagian outlet bejana fitoremediasi
- d. Sistem koneksi kelistrikan elektroda
- e. Susunan elektroda grafit
- f. Elektroda grafit dengan konektor

Gambar 11. Bagian-bagian Model instalasi pengolahan air limbah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinu

commit to user

C. Penentuan Kondisi Optimum Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu

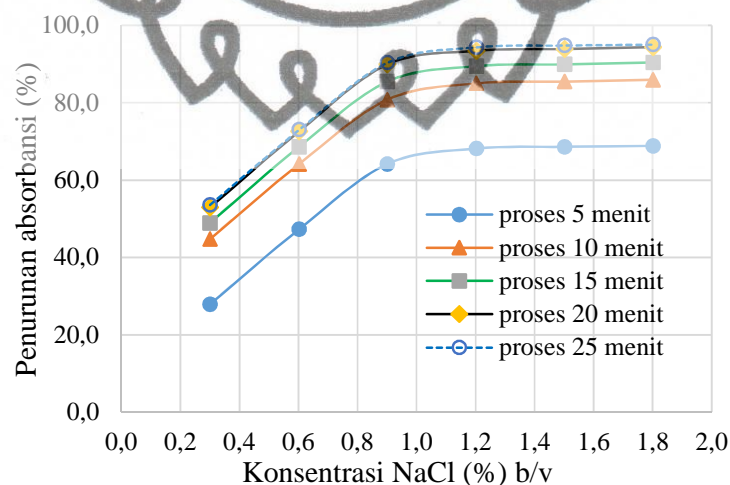
1. Penentuan konsentrasi NaCl optimum untuk metode elektrooksidasi dengan sistem kontinyu

Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah absorbansi air limbah industri tekstil artifisial dimana hasil penelitian disajikan pada lampiran 2. Hasil perhitungan persentase penurunan absorbansi disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Perhitungan Persentase Penurunan Absorbansi Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Diolah menggunakan Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu pada Konsentrasi NaCl bervariasi

Kons NaCl (% b/v)	Penurunan absorbansi pada berbagai waktu proses (%)				
	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
0,301	27,869	44,731	48,946	52,927	53,630
0,603	47,307	64,169	68,618	72,600	73,068
0,901	64,169	80,796	85,480	89,930	90,398
1,202	68,150	85,012	89,461	93,443	94,379
1,501	68,618	85,480	89,930	93,911	94,848
1,801	68,852	85,948	90,398	94,379	95,082

Data pada tabel 3 kemudian disajikan dalam bentuk kurva sebagai berikut :



Gambar 12. Hubungan Konsentrasi NaCl dan Penurunan Absorbansi pada Penentuan Konsentrasi NaCl Optimum Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu

Kurva pada gambar 12 menunjukkan bahwa konsentrasi NaCl mempengaruhi persentase penurunan absorbansi, dimana semakin tinggi konsentrasi NaCl maka semakin besar persentase penurunan absorbansi, namun demikian dimulai pada konsentrasi 1,202 % terlihat kurva cenderung mendatar, hal tersebut menunjukkan bahwa persentase penurunan absorbansi cenderung konstan /

tidak meningkat. Fenomena tersebut dapat terjadi karena pada prinsipnya persentase zat warna terdegradasi dipengaruhi oleh dua faktor, faktor pertama yaitu waktu kontak air limbah dengan elektroda dan zat oksidator sedangkan faktor kedua adalah banyaknya zat oksidator. Pengolahan air limbah pada penelitian ini menggunakan sistem kontinyu dimana air limbah mengalir melalui alat pengolahan elektrooksidasi dengan laju alir tertentu dan konstan, sehingga waktu kontak antara air limbah dengan elektroda dan zat oksidator yang terdapat dalam bejana elektrooksidasi adalah sama, oleh sebab itu waktu kontak tidak berpengaruh pada persentase zat warna yang terdegradasi, dengan demikian yang berpengaruh adalah faktor banyaknya zat oksidator. Banyaknya zat oksidator yang terdapat pada bejana elektrooksidasi semakin bertambah dengan bertambahnya konsentrasi NaCl, sejalan dengan itu maka zat warna yang terdegradasi juga semakin bertambah. Sistem pengolahan ini adalah kontinyu maka tidak bisa 100 % zat warna terdegradasi, hal itu disebabkan oleh adanya sebagian zat warna yang belum terdegradasi tetapi sudah mengalir keluar bejana elektrooksidasi. Fenomena tersebut menyebabkan terjadinya kondisi dimana banyaknya zat warna terdegradasi tidak bertambah walaupun konsentrasi NaCl bertambah. Pada penelitian ini kondisi tersebut terjadi dimulai pada konsentrasi NaCl 1,202 % yang ditunjukkan oleh persentase penurunan absorbansi cenderung konstan dengan bertambahnya konsentrasi NaCl. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa degradasi zat warna mulai konstan pada konsentrasi NaCl 1,202 %, sehingga dapat dikatakan bahwa konsentrasi NaCl optimum adalah 1,202,% dengan persentase penurunan absorbansi 93,44 %. Hasil penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian sejenis yang dilakukan oleh Kariyajjanavar (2011), yang mendapatkan hasil bahwa konsentrasi NaCl optimum degradasi zat warna adalah 0,7 % dengan persentase penurunan absorbansi 99 %. Perbedaan ini terjadi karena proses penelitian oleh Kariyajjanavar (2011) menggunakan sistem batch dan hanya terhadap satu jenis zat warna, sedangkan proses penelitian yang peneliti lakukan adalah degradasi terhadap lima jenis zat warna dan dengan sistem kontinyu.

2. Penentuan waktu proses, laju alir dan tegangan listrik optimum untuk metode elektrooksidasi dengan sistem kontinyu

Parameter yang diukur pada penentuan kondisi optimum ini adalah absorbansi air limbah industri tekstil artifisial sebelum dan setelah pengolahan. Data lengkap hasil penelitian disajikan pada lampiran 3.

a. Penentuan waktu proses optimum metode elektrooksidasi dengan sistem kontinyu

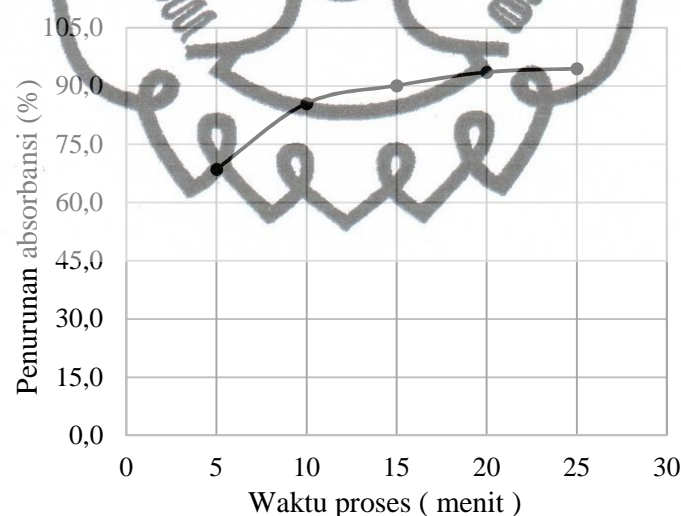
Hasil perhitungan persentase penurunan absorbansi disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Persentase Penurunan Absorbansi Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Diolah dengan Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu pada Waktu Proses Bervariasi

Waktu proses (menit)	Absorbansi sebelum diolah	Absorbansi setelah diolah	Penurunan absorbansi (%)
5	0,436	0,137	68,58
10	0,436	0,063	85,55
15	0,436	0,043	90,14
20	0,436	0,028	93,58
25	0,436	0,024	94,50

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 4 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus persentase penurunan absorbansi sebagai berikut :



Gambar 13. Hubungan Waktu Proses dan Penurunan Absorbansi pada Penentuan Waktu Proses Optimum Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu

Kurva pada gambar 13 menunjukkan bahwa waktu proses mempengaruhi persentase penurunan absorbansi, dimana semakin lama waktu proses maka semakin besar persentase penurunan absorbansi, namun demikian dimulai pada waktu proses 20 menit terlihat kurva cenderung mendatar, hal tersebut menunjukkan bahwa persentase penurunan absorbansi setelah waktu proses 20 menit cenderung konstan / tidak meningkat. Fenomena tersebut dapat terjadi

karena pada prinsipnya persentase zat warna terdegradasi dipengaruhi oleh dua faktor, faktor pertama yaitu waktu kontak air limbah dengan elektroda dan zat oksidator sedangkan faktor kedua adalah banyaknya zat oksidator. Sistem pengolahan ini adalah kontinyu dimana air limbah mengalir melalui alat pengolahan elektrooksidasi dengan laju alir tertentu dan konstan, sehingga waktu kontak antara air limbah dengan elektroda dan zat oksidator yang terdapat dalam bejana elektrooksidasi adalah sama, oleh sebab itu waktu kontak tidak berpengaruh pada persentase zat warna yang terdegradasi, dengan demikian yang berpengaruh hanya faktor banyaknya zat oksidator. Banyaknya zat oksidator yang terdapat pada bejana elektrooksidasi semakin bertambah dengan bertambahnya waktu proses, sejalan dengan itu maka zat warna yang terdegradasi juga semakin bertambah.

Sistem pengolahan ini adalah kontinyu maka tidak bisa 100 % zat warna terdegradasi, hal itu disebabkan oleh adanya sebagian zat warna yang belum terdegradasi tetapi sudah mengalir keluar bejana elektrooksidasi. Fenomena tersebut menyebabkan terjadinya kondisi dimana banyaknya zat warna terdegradasi tidak bertambah walaupun waktu proses bertambah. Pada penelitian ini kondisi tersebut terjadi dimulai pada saat waktu proses 20 menit yang ditunjukkan oleh persentase penurunan absorbansi 93,58 % dan cenderung tidak meningkat dengan bertambahnya waktu proses. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa degradasi zat warna mulai konstan pada menit ke 20 dengan persentase penurunan absorbansi 93,58%, sehingga dapat dikatakan bahwa waktu proses optimum elektrooksidasi sistem kontinyu pada pengolahan air limbah industri tekstil artifisial adalah 20 menit. Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Fadhil dan Ghalib (2011) tentang dekolorisasi pewarna tekstil direct black secara elektrooksidasi dimana waktu proses optimum proses dekolorisasi adalah 17 menit. Perbedaan ini terjadi karena proses dekolorisasi dalam penelitian Fadhil dan Ghalib (2011) menggunakan sistem batch dan hanya terhadap satu jenis zat warna, sedangkan proses penelitian yang peneliti lakukan adalah degradasi terhadap 5 jenis zat warna dan dengan sistem kontinyu.

b. Penentuan laju alir optimum metode elektrooksidasi dengan sistem kontinyu

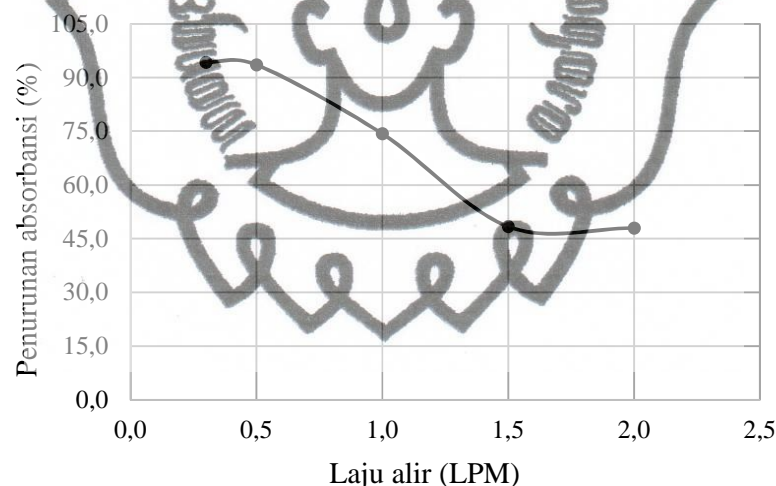
Hasil perhitungan persentase penurunan absorbansi disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Perhitungan Persentase Penurunan Absorbansi Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Diolah menggunakan Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu pada Laju Alir Bervariasi

Laju alir (LPM)	Absorbansi sebelum diolah	Absorbansi setelah diolah	Penurunan absorbansi (%)
0,3	0,436	0,025	94,27
0,5	0,436	0,028	93,58
1,0	0,436	0,112	74,31
1,5	0,436	0,225	48,39
2,0	0,436	0,227	47,94

Keterangan : Waktu proses 20 menit, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 5 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan laju alir versus persentase penurunan absorbansi sebagai berikut :



Gambar 14. Hubungan Laju Alir dan Penurunan Absorbansi pada Penentuan Laju Alir Optimum Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu

Kurva pada gambar 14 menunjukkan bahwa laju alir mempengaruhi persentase penurunan absorbansi dimana semakin kecil laju alir semakin besar pula persentase penurunan absorbansi, namun demikian dimulai pada laju air 0,5 LPM terlihat kurva cenderung mendatar, hal tersebut menunjukkan bahwa persentase penurunan absorbansi setelah laju alir 0,5 LPM cenderung konstan / tidak meningkat. Fenomena tersebut dapat terjadi karena laju alir berbanding terbalik dengan waktu kontak antara air limbah dengan elektroda dan zat oksidator yang terdapat di dalam bejana elektrooksidasi, yang artinya semakin kecil laju alir akan semakin lama waktu kontak dan semakin

banyak pula zat warna yang terdegradasi. Penentuan laju alir optimum ini dilakukan pada kondisi konsentrasi NaCl 1,202 %, waktu proses 20 menit dan tegangan listrik 12 volt sehingga banyaknya zat oksidator dalam bejana elektrooksidasi akan tetap selama proses berlangsung, dengan demikian yang mempengaruhi banyaknya zat warna terdegradasi adalah waktu kontak dan kapasitas alat elektrooksidasi. Hal tersebut akan menyebabkan terjadinya kondisi dimana banyaknya zat warna terdegradasi tidak bertambah walaupun laju alir diperlambat. Pada penelitian ini kondisi tersebut terjadi dimulai pada saat laju alir 0,5 LPM yang ditunjukkan oleh persentase penurunan absorbansi 93,58 % dan cenderung tidak meningkat dengan semakin rendahnya laju alir. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa degradasi zat warna mulai konstan pada laju alir 0,5 LPM dengan persentase penurunan absorbansi 93,58%, sehingga dapat dikatakan bahwa laju alir optimum elektrooksidasi sistem kontinyu pada pengolahan air limbah industri tekstil artifisial adalah 0,5 LPM. Hasil penelitian ini tidak bisa dibandingkan dengan penelitian sebelumnya karena sejauh ini penulis belum menemukan penelitian sejenis dengan sistem kontinyu.

c. Penentuan tegangan listrik optimum metode elektrooksidasi dengan sistem kontinyu

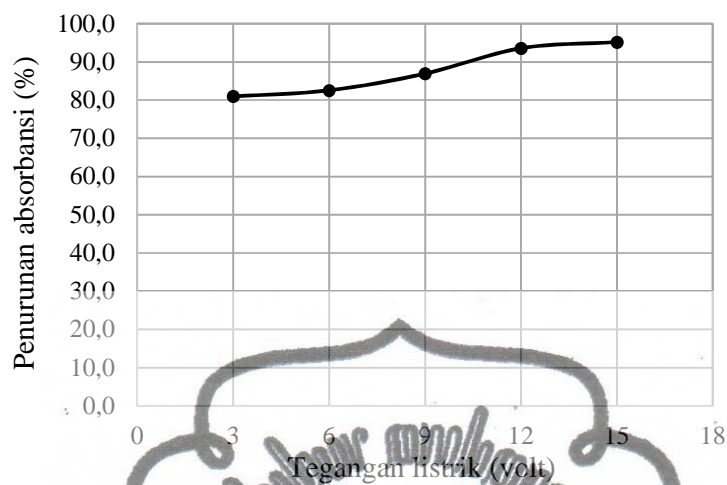
Hasil perhitungan persentase penurunan absorbansi disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil Perhitungan Persentase Penurunan Absorbansi Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Diolah menggunakan Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu pada Tegangan listrik Bervariasi

Tegangan listrik (volt)	Absorbansi sebelum diolah	Absorbansi setelah diolah	Penurunan absorbansi (%)
3	0,436	0,083	80,96
6	0,436	0,076	82,57
9	0,436	0,057	86,93
12	0,436	0,028	93,58
15	0,436	0,021	95,18

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM dan waktu proses 20 menit

Data pada tabel 6 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan tegangan listrik versus persentase penurunan absorbansi sebagai berikut :



Gambar 15. Hubungan Tegangan Listrik dan Penurunan Absorbansi pada Penentuan Tegangan Listrik Optimum Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu

Gambar 15 menunjukkan bahwa tegangan listrik mempengaruhi persentase penurunan absorbansi dimana semakin besar tegangan listrik semakin besar pula persentase penurunan absorbansi, namun demikian dimulai pada tegangan 12 volt terlihat bahwa kurva cenderung mendatar, hal tersebut menunjukkan bahwa persentase penurunan absorbansi setelah tegangan listrik 12 volt cenderung konstan / tidak meningkat. Fenomena tersebut dapat terjadi karena tegangan listrik berbanding lurus dengan banyaknya zat oksidator yang terbentuk dari proses elektrooksidasi, dengan demikian semakin tinggi tegangan listrik akan semakin banyak zat oksidator yang terbentuk dan semakin banyak pula zat warna yang terdegradasi.

Sistem pengolahan ini adalah kontinyu maka tidak bisa 100 % zat warna terdegradasi, hal itu disebabkan oleh adanya sebagian zat warna yang belum terdegradasi tetapi sudah mengalir keluar bejana elektrooksidasi. Fenomena tersebut menyebabkan terjadinya kondisi dimana banyaknya zat warna terdegradasi tidak bertambah walaupun tegangan listrik bertambah. Pada penelitian ini kondisi tersebut terjadi dimulai pada saat tegangan listrik 12 volt yang ditunjukkan oleh persentase penurunan absorbansi 93,58 % dan cenderung tidak meningkat dengan bertambahnya tegangan listrik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa degradasi zat warna mulai konstan pada tegangan listrik 12 volt dengan persentase penurunan absorbansi 93,58%, sehingga dapat dikatakan bahwa tegangan listrik optimum elektrooksidasi sistem kontinyu pada pengolahan air limbah industri tekstil artifisial adalah 12 volt. Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Fadhil dan Ghalib (2011) tentang dekolourisasi pewarna tekstil direct black secara elektrooksidasi dimana

tegangan listrik optimum proses dekolorisasi adalah 7 volt. Perbedaan ini terjadi karena proses dekolorisasi dalam penelitian Fadhil dan Ghalib (2011) menggunakan sistem batch dan hanya terhadap satu jenis zat warna, sedangkan proses penelitian yang peneliti lakukan adalah degradasi terhadap lima jenis zat warna dan dengan sistem kontinyu.

D. Penentuan Keefektifan Metode Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Mendong dengan Sistem Kontinyu untuk Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial

Air limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah air limbah industri tekstil artifisial D, yaitu air limbah artifisial dengan konsentrasi NaCl 1,202 %. Pada bagian ini akan disajikan hasil penelitian dan pembahasan penentuan keefektifan metode fitoremediasi untuk menurunkan absorbansi, BOD, COD dan konsentrasi Cr (VI) air limbah tekstil artifisial. Hasil penelitian dan perhitungan disajikan pada lampiran 4.

1. Keefektifan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan absorbansi / intensitas warna air limbah industri tekstil artifisial

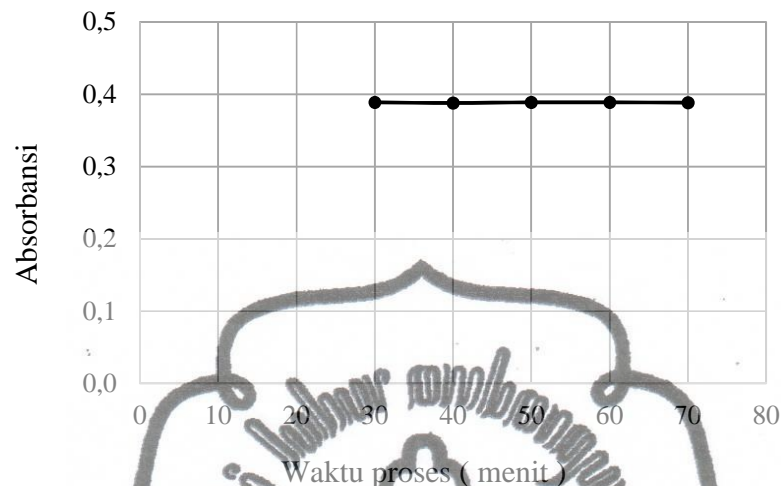
Hasil pengukuran absorbansi disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil Absorbansi Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Pengolahan menggunakan Metode Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu pada Waktu Proses Bervariasi

Waktu proses (menit)	Abs. sebelum pengolahan	Abs. setelah pengolahan	Rata-rata absorbansi setelah pengolahan	Persentase penurunan absorbansi (%)
30	0,436	0,389		
40	0,436	0,388		
50	0,436	0,389	0,389	10,85
60	0,436	0,389		
70	0,436	0,388		

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, jumlah rumpun mendong 20

Data pada tabel 7 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus absorbansi sebagai berikut :



Gambar 16. Hubungan Waktu Proses dan Absorbansi pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Metode Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Data pada tabel 7 menunjukkan bahwa air limbah setelah pengolahan menggunakan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu mengalami penurunan absorbansi sebesar 10,85 %, hal ini disebabkan karena sebagian zat warna dalam air limbah diserap oleh tanaman mendong. Gambar 16 menunjukkan bahwa besarnya absorbansi air limbah cenderung konstan dari waktu proses 30 menit sampai dengan 70 menit, hal itu menunjukkan bahwa waktu proses tidak berpengaruh terhadap banyaknya zat warna yang terserap oleh tanaman mendong. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinyu maka setiap air limbah yang mengalir dalam bejana fitoremediasi mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah. Zat warna yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah, itulah sebabnya waktu proses pengolahan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu ini tidak mempengaruhi banyaknya zat warna yang diserap oleh tanaman mendong. Dari hasil penelitian ini dapat dinyatakan bahwa keefektifan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam mengurangi banyaknya zat warna adalah 10,85 %.

2. Keefektifan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan BOD air limbah industri tekstil artifisial

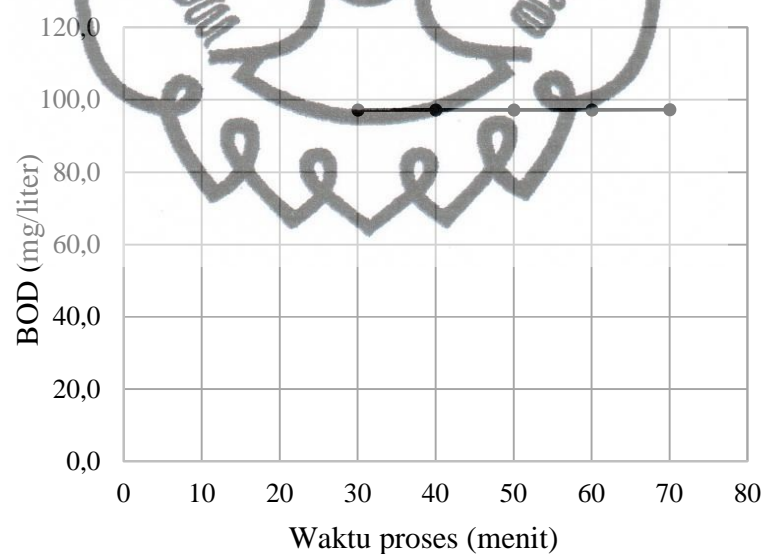
Hasil perhitungan BOD disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 8. Hasil Perhitungan BOD Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Pengolahan menggunakan Metode Fitoremediasi Sistem Kontinyu pada Waktu Proses Bervariasi

Waktu proses (menit)	BOD sebelum diolah (mg/liter)	BOD setelah diolah (mg/liter)	Rata-rata BOD	Penurunan BOD (%)	Baku mutu (mg/liter)
30	110,24	97,22			
40	110,24	97,21			
50	110,24	97,19	97,21	11,82	60
60	110,24	97,20			
70	110,24	97,23			

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, jumlah rumpun mendong 20

Data pada tabel 8 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus BOD yang disajikan pada gambar 17 sebagai berikut :



Gambar 17. Hubungan Waktu Proses dan BOD pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Metode Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Data pada tabel 8 menunjukkan bahwa air limbah setelah diolah menggunakan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu mengalami penurunan BOD sebesar 11,82 %, hal ini disebabkan karena sebagian senyawa organik dalam air limbah

diserap oleh tanaman mendong. Gambar 17 menunjukkan bahwa BOD air limbah cenderung konstan dari waktu proses 30 menit sampai dengan 70 menit, hal itu menunjukkan bahwa waktu proses tidak berpengaruh terhadap banyaknya senyawa organik yang terserap oleh tanaman mendong. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinyu maka setiap air limbah yang mengalir dalam bejana fitoremediasi mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah. Senyawa organik yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah, itulah sebabnya waktu proses metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu ini tidak mempengaruhi banyaknya senyawa organik yang diserap oleh tanaman mendong. Dari hasil penelitian ini dapat dinyatakan bahwa keefektifan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan harga BOD air limbah tekstil artifisial adalah 11,82 %.

3. Keefektifan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan COD air limbah industri tekstil artifisial

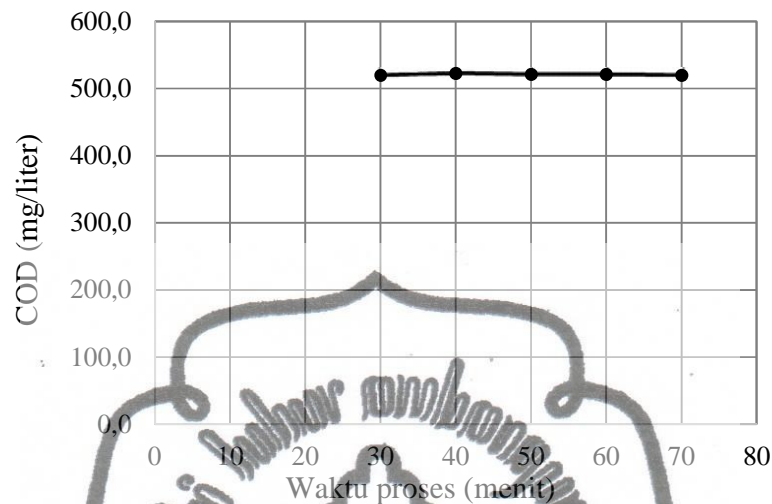
Hasil perhitungan COD disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 9. Hasil Perhitungan COD Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Pengolahan menggunakan Metode Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu pada Waktu Proses Bervariasi

Waktu proses (menit)	COD sebelum diolah (mg/liter)	COD setelah diolah (mg/liter)	Rata-rata COD	Penurunan COD (%)	Baku mutu (mg/liter)
30	591,36	520,08			
40	591,36	522,72			
50	591,36	521,40	521,14	11,88	150
60	591,36	521,40			
70	591,36	520,08			

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, jumlah rumpun mendong 20

Data pada tabel 9 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus COD sebagai berikut :



Gambar 18. Hubungan Waktu Proses dan COD pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Metode Fitoremediasi dengan Sistem Kontinu

Data pada tabel 9 menunjukkan bahwa air limbah setelah diolah menggunakan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinu mengalami penurunan COD sebesar 11,88 %, hal ini disebabkan karena sebagian senyawa organik dan anorganik dalam air limbah diserap oleh tanaman mendong. Gambar 18 menunjukkan bahwa COD air limbah cenderung konstan dari waktu proses 30 menit sampai dengan 70 menit, hal itu menunjukkan bahwa waktu proses tidak berpengaruh terhadap banyaknya senyawa organik dan anorganik yang terserap oleh tanaman mendong. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinu maka setiap air limbah yang mengalir dalam bejana fitoremediasi mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah. Senyawa organik dan anorganik yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah, itulah sebabnya waktu proses metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinu ini tidak mempengaruhi banyaknya senyawa organik dan anorganik yang diserap oleh tanaman mendong. Dari hasil penelitian ini dapat dinyatakan bahwa keefektifan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinu dalam menurunkan COD air limbah tekstil artifisial adalah 11,88 %.

4. Keefektifan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dalam menurunkan konsentrasi Cr (VI) air limbah industri tekstil artifisial

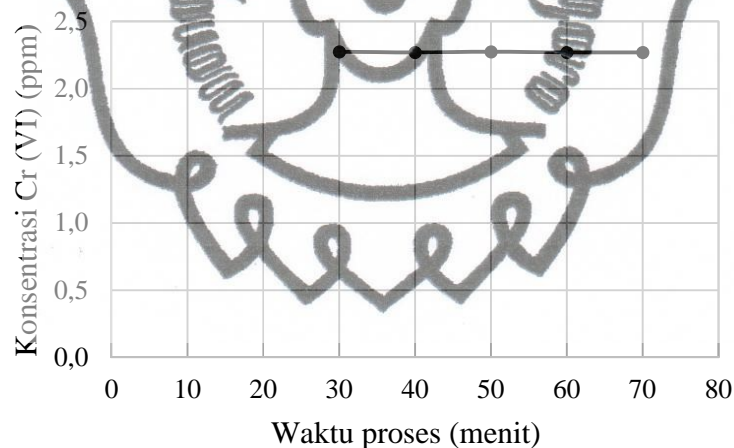
Hasil perhitungan konsentrasi Cr (VI) disajikan dalam bentuk tabel dan kurva :

Tabel 10. Hasil Perhitungan Konsentrasi Cr (VI) Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Pengolahan menggunakan Metode Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu.

Waktu proses (menit)	Cr (VI) sebelum diolah (ppm)	Cr (VI) setelah diolah (ppm)	Rata-rata Cr (VI) (ppm)	Penurunan Cr (VI) (%)	Baku mutu (mg/liter)
30	2,580	2,275	2,272	11,96	-
40	2,580	2,270			
50	2,580	2,275			
60	2,580	2,270			
70	2,580	2,270			

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, jumlah rumpun mendong 20

Data pada tabel 10 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus konsentrasi Cr (VI) sebagai berikut :



Gambar 19. Hubungan Waktu Proses dan Konsentrasi Cr (VI) pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Metode Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Data pada tabel 10 menunjukkan bahwa air limbah setelah diolah menggunakan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu mengalami penurunan konsentrasi Cr (VI) sebesar 11,96 %, hal ini disebabkan karena sebagian Cr (VI) dalam air limbah diserap oleh tanaman mendong. Gambar 19 menunjukkan bahwa konsentrasi Cr (VI) air limbah cenderung konstan dari waktu proses 30 menit sampai dengan 70 menit, hal itu menunjukkan bahwa waktu proses tidak berpengaruh terhadap banyaknya logam Cr (VI) yang terserap oleh tanaman mendong. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinyu maka setiap air limbah yang mengalir dalam bejana fitoremediasi

mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah. Logam Cr (VI) yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah, itulah sebabnya waktu proses metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu ini tidak mempengaruhi banyaknya logam Cr (VI) yang diserap oleh tanaman mendong. Dari hasil penelitian ini dapat dinyatakan bahwa keefektifan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan konsentrasi logam Cr (VI) air limbah tekstil artifisial adalah 11,96 %.

Secara keseluruhan hasil penelitian penentuan keefektifan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu ini berbeda dengan hasil penelitian Purwati dan Surachman (2007). Hasil penelitian Purwati dan Surachman (2007) menunjukkan bahwa metode fitoremediasi dapat menurunkan BOD, COD dan konsentrasi logam Cr air limbah sebesar 71,05 %, 85,01 % dan 39,4 %, hasil tersebut lebih tinggi dari hasil penelitian yang penulis lakukan. Hasil penelitian yang penulis lakukan menunjukkan bahwa metode fitoremediasi dapat menurunkan BOD, COD dan konsentrasi logam Cr air limbah sebesar 11,82 %, 11,88 %, dan 11,96 %. Perbedaan hasil tersebut karena Purwati dan Surachman (2007) mengolah air limbah industri pulp dan kertas serta dengan sistem batch, sedangkan penelitian yang penulis lakukan mengolah air limbah industri tekstil artifisial dan dengan sistem kontinyu.

E. Penentuan Keefektifan Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu untuk Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial

Hasil percobaan pengolahan air limbah industri tekstil artifisial menggunakan metode elektrooksidasi disajikan pada lampiran 5. Pada pembahasan ini akan disajikan pembahasan mengenai keefektifan metode elektrooksidasi dalam menurunkan absorbansi / intensitas warna, BOD, COD dan konsentrasi Cr(VI) air limbah industri tekstil artifisial.

1. Keefektifan metode elektrooksidasi dengan sistem kontinyu dalam menurunkan absorbansi / intensitas warna air limbah industri tekstil artifisial

Keefektifan metode elektrooksidasi sistem kontinyu dalam menurunkan absorbansi telah disajikan pada pembahasan mengenai penentuan kondisi optimum metode elektrooksidasi seperti

yang disajikan pada BAB IV bagian C.2 dimana besarnya keefektifan menurunkan absorbansi air limbah industri tekstil artifisial adalah sebesar 93,58 %.

2. Keefektifan Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu dalam Menurunkan BOD Air Limbah Industri Tekstil Artifisial

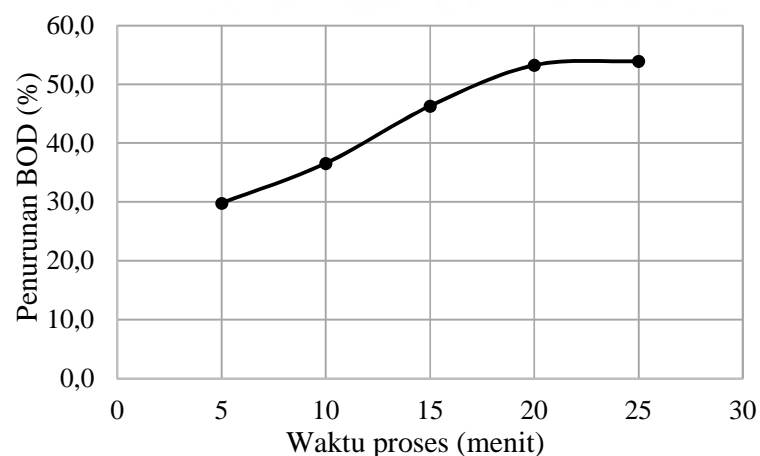
Hasil perhitungan persentase penurunan BOD disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 11. Hasil Perhitungan Persentase Penurunan BOD Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Pengolahan menggunakan Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu pada Waktu Proses Bervariasi

Waktu proses (menit)	BOD sebelum diolah (mg/liter)	BOD setelah diolah (mg/liter)	Penurunan BOD (%)	Baku mutu (mg/liter)
5	110,24	77,36	29,82	60
10	110,24	69,90	36,59	
15	110,24	59,16	46,34	
20	110,24	51,53	53,25	
25	110,24	50,77	53,95	

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 11 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus persentase penurunan BOD sebagai berikut :



Gambar 20. Hubungan Waktu Proses dan Penurunan BOD pada Pengolahan Air Limbah industri Tekstil Artifisial menggunakan Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu

BOD adalah parameter yang menyatakan banyaknya zat organik dalam air limbah yang dapat teroksidasi / terdegradasi secara biologi. Gambar 20 menunjukkan bahwa waktu proses mempengaruhi persentase penurunan BOD, dimana semakin lama waktu proses maka semakin besar persentase penurunan BOD, namun demikian dimulai pada waktu proses 20 menit terlihat kurva cenderung mendatar, hal tersebut menunjukkan bahwa persentase penurunan BOD setelah waktu proses 20 menit cenderung konstan / tidak meningkat. Fenomena tersebut dapat terjadi karena pada prinsipnya banyaknya senyawa organik terdegradasi dipengaruhi oleh dua faktor, faktor pertama yaitu waktu kontak air limbah dengan elektroda dan zat oksidator sedangkan faktor kedua adalah banyaknya zat oksidator. Sistem pengolahan ini adalah kontinyu dimana air limbah industri tekstil artifisial mengalir melalui alat pengolahan elektrooksidasi dengan laju alir tertentu dan konstan, sehingga waktu kontak antara air limbah industri tekstil artifisial yang mengalir dengan elektroda dan zat oksidator yang terdapat dalam bejana elektrooksidasi adalah sama, oleh sebab itu banyaknya senyawa organik yang terdegradasi akan konstan pada setiap periode waktu proses. Ditinjau dari faktor waktu kontak antara air limbah industri tekstil artifisial dengan zat oksidator dapat dikatakan bahwa waktu proses elektrooksidasi tidak mempengaruhi banyaknya senyawa organik yang terdegradasi. Banyaknya zat oksidator yang terdapat pada bejana elektrooksidasi semakin bertambah dengan bertambahnya waktu proses, sejalan dengan itu maka senyawa organik yang terdegradasi juga semakin bertambah, sehingga ditinjau dari faktor banyaknya zat oksidator maka dapat dinyatakan bahwa waktu proses mempengaruhi banyaknya zat organik yang terdegradasi.

Sistem pengolahan ini adalah kontinyu maka tidak bisa 100 % senyawa organik terdegradasi, hal itu disebabkan oleh adanya sebagian senyawa organik yang belum terdegradasi tetapi sudah mengalir keluar bejana elektrooksidasi. Fenomena tersebut menyebabkan terjadinya kondisi dimana banyaknya senyawa organik terdegradasi tidak bertambah walaupun waktu proses bertambah. Pada penelitian ini kondisi tersebut terjadi dimulai pada saat waktu proses 20 menit yang ditunjukkan oleh persentase penurunan BOD 53,25 % dan cenderung tidak meningkat dengan bertambahnya waktu proses. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa degradasi senyawa organik mulai konstan pada menit ke 20, sehingga dapat dikatakan bahwa waktu proses optimum elektrooksidasi sistem kontinyu pada pengolahan air limbah industri tekstil artifisial adalah 20 menit dengan keefektifan degradasi senyawa organik atau penurunan BOD adalah 53,25 %.

3. Keefektifan Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu dalam Menurunkan COD Air Limbah Industri Tekstil Artifisial

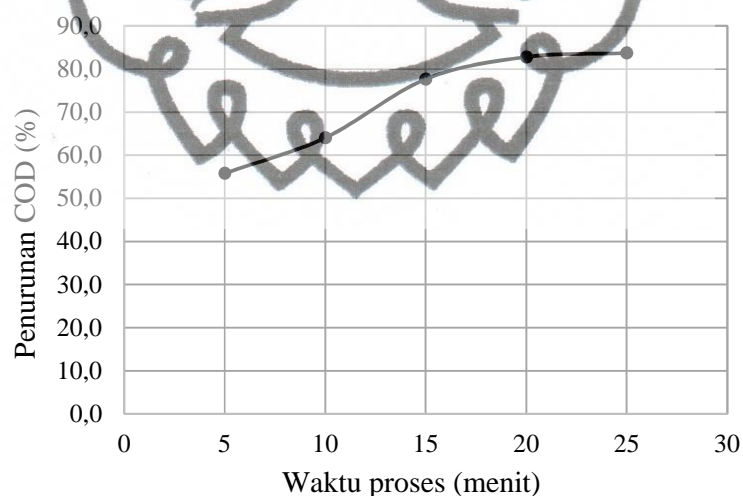
Hasil perhitungan persentase penurunan COD disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 12. Hasil Perhitungan Persentase Penurunan COD Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Pengolahan menggunakan Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu pada Waktu Proses Bervariasi

Waktu proses (menit)	COD sebelum diolah (mg/liter)	COD setelah diolah (mg/liter)	Penurunan COD (%)	Baku mutu (mg/liter)
5	591,36	261,36	55,80	150
10	591,36	212,52	64,06	
15	591,36	132,00	77,68	
20	591,36	101,64	82,81	
25	591,36	96,36	83,71	

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 12 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus penurunan COD sebagai berikut :



Gambar 21. Hubungan Waktu Proses dan Penurunan COD pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu

COD adalah parameter yang menyatakan banyaknya zat organik dan anorganik dalam air limbah yang dapat teroksidasi / terdegradasi secara kimia. Gambar 21 menunjukkan bahwa waktu proses mempengaruhi persentase penurunan COD, dimana semakin lama waktu proses maka semakin besar persentase penurunan COD, namun demikian dimulai pada waktu proses 20 menit

terlihat kurva cenderung mendatar, hal tersebut menunjukkan bahwa persentase penurunan COD setelah waktu proses 20 menit cenderung konstan / tidak meningkat. Fenomena tersebut dapat terjadi karena pada prinsipnya banyaknya senyawa organik dan anorganik terdegradasi dipengaruhi oleh dua faktor, faktor pertama yaitu waktu kontak air limbah dengan elektroda dan zat oksidator sedangkan faktor kedua adalah banyaknya zat oksidator. Sistem pengolahan ini adalah kontinyu dimana air limbah industri tekstil artifisial mengalir melalui alat pengolahan elektrooksidasi dengan laju alir tertentu dan konstan, sehingga waktu kontak antara air limbah industri tekstil artifisial yang mengalir dengan elektroda dan zat oksidator yang terdapat dalam bejana elektrooksidasi adalah sama, oleh sebab itu banyaknya senyawa organik dan anorganik yang terdegradasi akan konstan pada setiap periode waktu proses. Ditinjau dari faktor waktu kontak antara air limbah industri tekstil artifisial dengan elektroda dan zat oksidator dapat dikatakan bahwa waktu proses elektrooksidasi tidak mempengaruhi banyaknya senyawa organik dan anorganik yang terdegradasi. Banyaknya zat oksidator yang terdapat pada bejana elektrooksidasi semakin bertambah dengan bertambahnya waktu proses, sejalan dengan itu maka senyawa organik dan anorganik yang terdegradasi juga semakin bertambah, sehingga ditinjau dari faktor banyaknya zat oksidator maka dapat dinyatakan bahwa waktu proses mempengaruhi banyaknya zat organik dan zat anorganik yang terdegradasi.

Sistem pengolahan ini adalah kontinyu maka tidak bisa 100 % senyawa organik dan anorganik terdegradasi, hal itu disebabkan oleh adanya sebagian senyawa organik dan anorganik yang belum terdegradasi tetapi sudah mengalir keluar bejana elektrooksidasi. Fenomena tersebut menyebabkan terjadinya kondisi dimana banyaknya senyawa organik dan anorganik terdegradasi tidak bertambah walaupun waktu proses bertambah. Pada penelitian ini kondisi tersebut terjadi dimulai pada saat waktu proses 20 menit yang ditunjukkan oleh persentase penurunan COD 82,81 % dan cenderung tidak meningkat dengan bertambahnya waktu proses. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa degradasi senyawa organik dan anorganik mulai konstan pada menit ke 20, sehingga dapat dikatakan bahwa waktu proses optimum elektrooksidasi sistem kontinyu pada pengolahan air limbah industri tekstil artifisial adalah 20 menit dengan keefektifan degradasi senyawa organik dan anorganik atau penurunan COD adalah 82,81 %.

4. Keefektifan Metode Elektrooksidasi dalam Menurunkan Konsentrasi Logam Cr(VI) Air Limbah Industri Tekstil Artifisial

Hasil perhitungan konsentrasi Cr(VI) air limbah industri tekstil artifisial sebelum dan setelah pengolahan menggunakan metode elektrooksidasi disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 13. Hasil Perhitungan Persentase Penurunan Cr (VI) Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Sebelum dan Setelah Pengolahan menggunakan Metode Elektrooksidasi dengan Sistem Kontinyu pada Waktu Proses Bervariasi

Waktu proses (menit)	Cr(VI) sebelum diolah (mg/liter)	Cr(VI) setelah diolah (mg/liter)	Baku mutu (mg/liter)
5	2,580	2,561	-
10	2,580	2,566	
15	2,580	2,561	
20	2,580	2,561	
25	2,580	2,566	

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Tabel 13 menunjukkan bahwa konsentrasi Cr(VI) setelah pengolahan hampir sama dengan konsentrasi Cr(VI) air limbah industri tekstil artifisial sebelum mengalami proses pengolahan, sehingga patut diduga bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara data yang tercantum pada kolom 2 dan 3, yang berarti tidak ada perbedaan signifikan antara konsentrasi Cr(VI) air limbah industri tekstil artifisial sebelum dan sesudah diolah. Untuk membuktikan dugaan tersebut maka dilakukan uji t terhadap 2 kelompok data yang terdapat pada kolom 2 dan 3 tabel 13 tersebut. Analisis menggunakan uji t dengan tingkat kepercayaan 95 % mendapatkan hasil t hitung sebesar 2,2195 sedangkan t tabel sebesar 2,3060. Hasil tersebut menunjukkan bahwa $t_{hitung} < t_{tabel}$, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara kelompok data pada kolom 2 dan 3 tabel 10. Hal tersebut menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi Cr(VI) sebelum proses pengolahan dan sesudah proses pengolahan, dengan demikian dapat dikatakan bahwa metode elektrooksidasi sistem kontinyu tidak dapat menurunkan konsentrasi Cr(VI) dalam air limbah industri tekstil artifisial. Fenomena tersebut dapat terjadi karena pada metode elektrooksidasi sistem kontinyu pengolahan air limbah didasarkan pada reaksi oksidasi terhadap komponen pencemar air limbah, sedangkan Cr (VI) adalah logam krom dalam tingkatan oksidasi tertinggi sehingga tidak terpengaruh oleh reaksi oksidasi, oleh sebab itu Cr (VI) tidak bisa berkurang atau hilang karena peristiwa oksidasi.

Secara umum hasil penelitian yang penulis lakukan sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya dimana metode elektrooksidasi menggunakan elektroda grafit dapat menurunkan intensitas warna dan COD air limbah industri tekstil artifisial. Penelitian-penelitian sebelumnya antara lain dilakukan oleh Ariguna dkk. (2014), dengan hasil penurunan absorbansi / intensitas warna 99,77 %, El-Sayed *et. al.* (2014) dengan hasil penurunan absorbansi / intensitas warna 96 %, Hajira *et. al.* (2017) dengan hasil penurunan absorbansi / intensitas warna 91 % dan penurunan COD 87 %, Rajkumar dan Muthukumar (2017) dengan hasil penurunan absorbansi / intensitas warna 98,9 % dan penurunan COD 65,5 %. Penelitian yang penulis lakukan menghasilkan penurunan absorbansi / intensitas warna 93,58 % dan penurunan COD 82,81 %.

Hasil-hasil penelitian tersebut terlihat berbeda antara peneliti yang satu dengan peneliti yang lain dan termasuk juga dengan hasil penelitian yang penulis lakukan, perbedaan tersebut kemungkinan disebabkan oleh kondisi operasional yang berbeda dalam hal ukuran dan banyaknya elektroda, jarak antar elektroda, konsentrasi dan jenis zat elektrolit, tegangan atau arus listrik dan waktu proses. Perbedaan kondisi operasional penelitian-penelitian sebelumnya dengan penelitian yang penulis lakukan terutama terletak pada sistem pengolahannya, penelitian-penelitian sebelumnya dengan sistem batch (tidak kontinu) sedangkan penelitian yang penulis lakukan dengan sistem kontinu. Pengolahan sistem kontinu mempunyai keunggulan dibanding sistem batch, karena sistem kontinu lebih praktis jika diterapkan pada industri tekstil.

F. Penentuan Keefektifan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi Sistem Kontinu Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial

Untuk metode ini kondisi optimum konsentrasi NaCl, laju alir dan tegangan listrik mengikuti kondisi optimum metode elektrooksidasi, oleh sebab itu dalam pembahasan ini hanya akan disajikan pembahasan mengenai pengaruh waktu proses pada keefektifan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi sistem kontinu dalam menurunkan absorbansi, COD, BOD dan konsentrasi logam Cr (VI) serta Cr (total).

1. Keefektifan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi Sistem Kontinyu dalam Menurunkan Absorbansi Air Limbah Industri Tekstil Artifisial

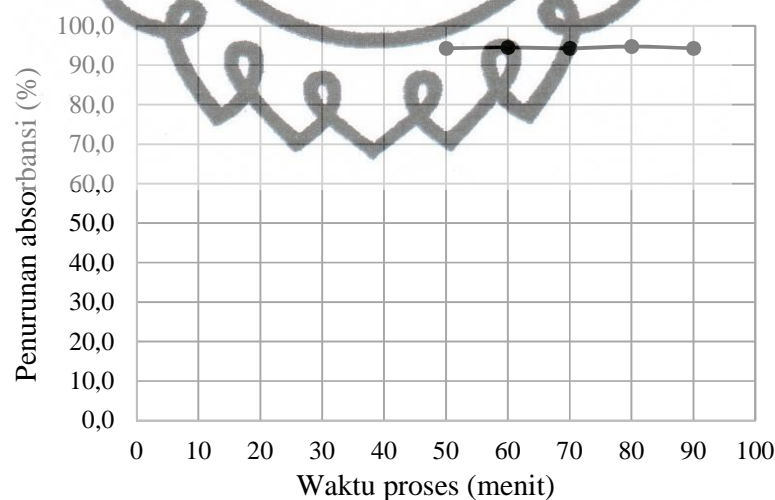
Hasil perhitungan persentase penurunan absorbansi disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 14. Hasil Perhitungan Persentase Penurunan Absorbansi Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Waktu proses (menit)	Abs sebelum pengolahan	Abs setelah pengolahan	Penurunan Absorbansi (%)	Rata-rata penurunan absorbansi (%)
50	0,436	0,025	94,27	94,40
60	0,436	0,024	94,50	
70	0,436	0,025	94,27	
80	0,436	0,023	94,72	
90	0,436	0,025	94,27	

Keterangan : Abs = Absorbansi, laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 14 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus persentase penurunan absorbansi sebagai berikut :



Gambar 22. Hubungan Waktu Proses dan Penurunan Absorbansi pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Absorbansi adalah parameter yang menunjukkan banyaknya zat warna dalam air limbah. Data pada tabel 14 menunjukkan bahwa air limbah industri tekstil artifisial setelah diolah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu

mengalami penurunan absorbansi sebesar 94,40 %, hal ini disebabkan karena sebagian zat warna terdegradasi oleh proses elektooksidasi dan sebagian lainnya diserap oleh tanaman mendong pada proses fitoremediasi. Prinsip pengolahan air limbah industri tekstil artifisial menggunakan kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu ini adalah bahwa air limbah industri tekstil artifisial pertama kali mengalami proses elektooksidasi kemudian dilanjutkan proses fitoremediasi. Pembahasan mengenai proses elektooksidasi dalam menurunkan absorbansi air limbah industri tekstil artifisial sudah disajikan pada BAB IV bagian C.2.a. yaitu pada bagian penentuan waktu proses optimum metode elektooksidasi, pembahasan pada bagian ini hanya mengenai metode fitoremediasi saja.

Gambar 22 menunjukkan bahwa besarnya persentase penurunan absorbansi air limbah industri tekstil artifisial cenderung konstan dari waktu proses 50 menit sampai dengan 90 menit, hal itu menunjukkan bahwa pada periode waktu proses 50 sampai 90 menit tidak ada peningkatan terserapnya zat warna dalam setiap bagian air limbah industri tekstil artifisial oleh tanaman mendong. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinyu maka setiap air limbah industri tekstil artifisial yang mengalir dalam bejana fitoremediasi mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah.

Zat warna yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri tekstil artifisial, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri tekstil artifisial, itulah sebabnya pada periode waktu proses 50 sampai 90 menit persentase penurunan absorbansi air limbah industri tekstil artifisial cenderung konstan / tidak meningkat. Dari hasil penelitian ini dapat dinyatakan bahwa keefektifan kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan absorbansi air limbah industri tekstil artifisial sebesar 94,40 %. Keefektifan tersebut tercapai setelah proses pengolahan berlangsung selama 50 menit dan tidak mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu proses, sehingga dapat dinyatakan bahwa waktu proses optimum kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu dalam menurunkan absorbansi air limbah industri tekstil artifisial adalah 50 menit.

2. Keefektifan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu dalam Menurunkan BOD Air Limbah Industri Tekstil Artifisial

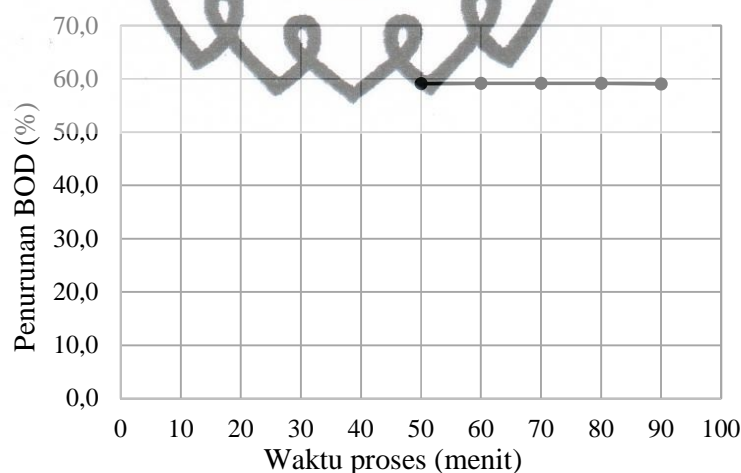
Hasil perhitungan persentase penurunan BOD disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 15. Hasil Perhitungan Persentase Penurunan BOD Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Waktu proses (menit)	BOD sebelum pengolahan (mg/liter)	BOD setelah pengolahan (mg/liter)	Penurunan BOD (%)	Rata-rata penurunan BOD (%)	Baku mutu (mg /liter)
50	110,24	45,08	59,11	59,15	60
60	110,24	45,00	59,18		
70	110,24	45,01	59,17		
80	110,24	45,01	59,17		
90	110,24	45,09	59,10		

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 15 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus penurunan BOD sebagai berikut :



Gambar 23. Hubungan Waktu Proses dan Penurunan BOD pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

BOD adalah parameter yang menunjukkan banyaknya senyawa organik dalam air limbah yang dapat teroksidasi secara biologi. Data pada tabel 15 menunjukkan bahwa air limbah industri tekstil artifisial setelah diolah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi

dengan sistem kontinyu mengalami penurunan BOD sebesar 59,15 %, hal ini disebabkan karena sebagian senyawa organik terdegradasi oleh proses elektrooksidasi dan sebagian lainnya diserap oleh tanaman mendong pada proses fitoremediasi. Prinsip pengolahan air limbah industri tekstil artifisial menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu ini adalah bahwa air limbah industri tekstil artifisial pertama kali mengalami proses elektrooksidasi kemudian dilanjutkan proses fitoremediasi. Pembahasan mengenai proses elektrooksidasi dalam menurunkan BOD air limbah industri tekstil artifisial sudah disajikan pada BAB IV bagian E.2. yaitu pada bagian penentuan keefektifan metode elektrooksidasi sistem kontinyu dalam menurunkan BOD air limbah industri tekstil artifisial, pembahasan pada bagian ini hanya mengenai metode fitoremediasi saja.

Gambar 23 menunjukkan bahwa besarnya persentase penurunan BOD air limbah industri tekstil artifisial cenderung konstan dari waktu proses 50 menit sampai dengan 90 menit, hal itu menunjukkan bahwa pada periode waktu proses 50 sampai 90 menit tidak ada peningkatan terserapnya senyawa organik dalam setiap bagian air limbah industri tekstil artifisial. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinyu maka setiap bagian air limbah industri tekstil artifisial yang mengalir dalam bejana fitoremediasi mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah.

Senyawa organik yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri tekstil artifisial, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri tekstil artifisial, itulah sebabnya pada periode waktu proses 50 sampai 90 menit persentase penurunan BOD air limbah industri tekstil artifisial cenderung konstan / tidak meningkat. Dari hasil penelitian ini dapat dinyatakan bahwa keefektifan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan BOD air limbah industri tekstil artifisial sebesar 59,15 %. Keefektifan tersebut tercapai setelah proses pengolahan berlangsung selama 50 menit dan tidak mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu proses, sehingga dapat dinyatakan bahwa waktu proses optimum kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu dalam menurunkan BOD air limbah industri tekstil artifisial adalah 50 menit.

3. Keefektifan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu dalam menurunkan COD air limbah industri tekstil artifisial

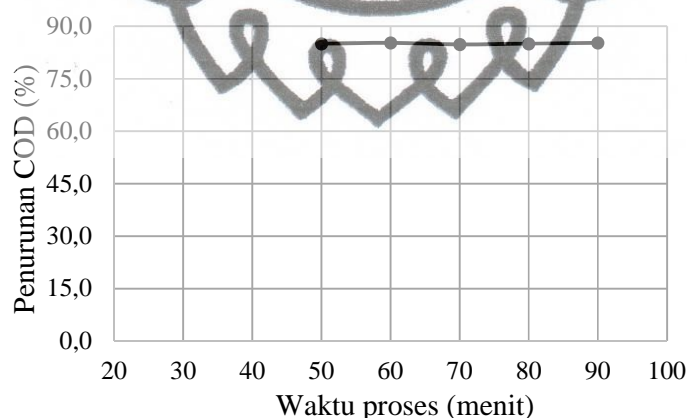
Hasil perhitungan persentase penurunan COD disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 16. Hasil Perhitungan Persentase Penurunan COD Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Waktu proses (menit)	COD sebelum pengolahan (mg/liter)	COD setelah pengolahan (mg/liter)	Penurunan COD (%)	Rata-rata penurunan COD (%)	Baku mutu (mg /liter)
50	591,36	88,44	85,04	85,09	150
60	591,36	87,12	85,27		
70	591,36	89,76	84,82		
80	591,36	88,44	85,04		
90	591,36	87,12	85,27		

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 16 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus penurunan COD sebagai berikut :



Gambar 24. Hubungan Waktu Proses dan Penurunan COD pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

COD adalah parameter yang menunjukkan banyaknya senyawa organik dan anorganik dalam air limbah yang dapat teroksidasi secara kimia. Data pada tabel 16 menunjukkan bahwa air limbah industri tekstil artifisial setelah diolah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu mengalami penurunan COD sebesar 85,09 %, hal ini

disebabkan karena sebagian senyawa organik dan anorganik terdegradasi oleh proses elektooksidasi dan sebagian lainnya diserap oleh tanaman mendong pada proses fitoremediasi. Prinsip pengolahan air limbah industri tekstil artifisial menggunakan kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu ini adalah bahwa air limbah industri tekstil artifisial pertama kali mengalami proses elektooksidasi kemudian dilanjutkan proses fitoremediasi. Pembahasan mengenai proses elektooksidasi dalam menurunkan COD air limbah industri tekstil artifisial sudah disajikan pada BAB IV bagian E.3 yaitu pada bagian penentuan keefektifan metode elektooksidasi sistem kontinyu dalam menurunkan COD air limbah industri tekstil artifisial, pembahasan pada bagian ini hanya mengenai metode fitoremediasi saja.

Gambar 24 menunjukkan bahwa besarnya persentase penurunan COD air limbah industri tekstil artifisial cenderung konstan dari waktu proses 50 menit sampai dengan 90 menit, hal itu menunjukkan bahwa pada periode waktu proses 50 sampai 90 menit tidak ada peningkatan terserapnya senyawa organik dan anorganik dalam setiap bagian air limbah industri tekstil artifisial oleh tanaman mendong. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinyu maka setiap bagian air limbah industri tekstil artifisial yang mengalir dalam bejana fitoremediasi mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah.

Senyawa organik dan anorganik yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri tekstil artifisial, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri tekstil artifisial, itulah sebabnya pada periode waktu proses 50 sampai 90 menit persentase penurunan COD air limbah industri tekstil artifisial cenderung konstan / tidak meningkat. Dari hasil penelitian ini dapat dinyatakan bahwa keefektifan kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan COD air limbah industri tekstil artifisial sebesar 85,09 %. Keefektifan tersebut tercapai setelah proses pengolahan berlangsung selama 50 menit dan tidak mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu proses, sehingga dapat dinyatakan bahwa waktu proses optimum kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu dalam menurunkan COD air limbah industri tekstil artifisial adalah 50 menit.

4. Keefektifan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu dalam Menurunkan Konsentrasi Cr (VI) Air Limbah Industri Tekstil Artifisial

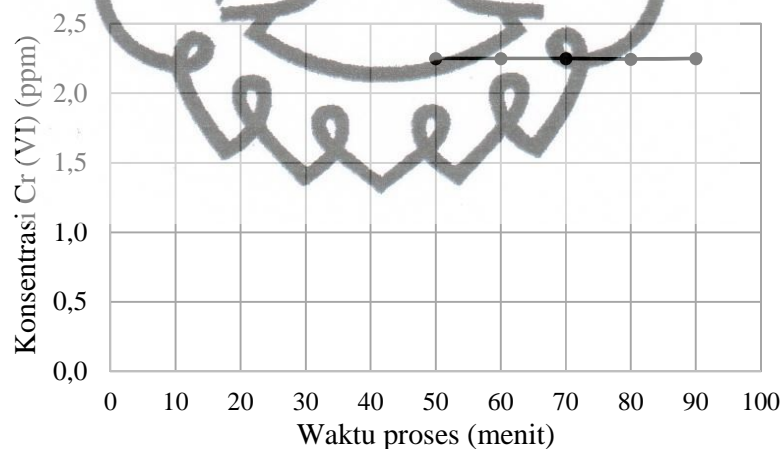
Hasil perhitungan konsentrasi Cr (VI) disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 17. Hasil Perhitungan Konsentrasi Cr (VI) Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Waktu proses (menit)	Cr (VI) sebelum diolah (ppm)	Cr (VI) setelah diolah (ppm)	Rata-rata Cr (VI) (ppm)	Penurunan Cr (VI) (%)	Baku mutu (mg/liter)
50	2,580	2,308	2,302	10,76	-
60	2,580	2,303			
70	2,580	2,298			
80	2,580	2,303			
90	2,580	2,298			

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 17 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus konsentrasi Cr(VI) sebagai berikut :



Gambar 25. Hubungan Waktu Proses dan Konsentrasi Cr (VI) pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Data pada tabel 17 menunjukkan bahwa air limbah industri tekstil artifisial setelah pengolahan menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu mengalami penurunan konsentrasi Cr (VI) sebesar 10,76 %, hal ini disebabkan karena sebagian Cr (VI) diserap oleh tanaman mendong pada proses fitoremediasi, sedangkan proses elektrooksidasi tidak efektif menurunkan konsentrasi Cr (VI). Prinsip pengolahan air limbah

industri tekstil artifisial menggunakan kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu ini adalah bahwa air limbah industri tekstil artifisial pertama kali mengalami proses elektooksidasi kemudian dilanjutkan proses fitoremediasi. Pembahasan mengenai proses elektooksidasi dalam menurunkan konsentrasi Cr (VI) air limbah industri tekstil artifisial sudah disajikan pada BAB IV bagian E.4 yaitu pada bagian penentuan keefektifan metode elektooksidasi sistem kontinyu dalam menurunkan konsentrasi Cr (VI) air limbah industri tekstil artifisial, pembahasan pada bagian ini hanya mengenai metode fitoremediasi saja.

Gambar 25 menunjukkan bahwa konsentrasi Cr (VI) air limbah industri tekstil artifisial cenderung konstan dari waktu proses 50 sampai 90 menit, hal itu menunjukkan bahwa pada periode waktu proses 50 sampai 90 menit tidak ada peningkatan terserapnya Cr (VI) dalam setiap bagian air limbah industri tekstil artifisial oleh tanaman mendong. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinyu maka setiap bagian air limbah industri tekstil artifisial yang mengalir dalam bejana fitoremediasi mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah.

Logam Cr (VI) yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri tekstil artifisial, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri tekstil artifisial, itulah sebabnya pada periode waktu proses 50 sampai 90 menit persentase penurunan konsentrasi Cr (VI) air limbah industri tekstil artifisial cenderung konstan / tidak meningkat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keefektifan kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan konsentrasi Cr (VI) air limbah industri tekstil artifisial sebesar 10,76 %. Keefektifan tersebut tercapai setelah proses pengolahan berlangsung selama 50 menit dan tidak mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu proses, sehingga dapat dinyatakan bahwa waktu proses optimum kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu dalam menurunkan konsentrasi Cr (VI) air limbah industri tekstil artifisial adalah 50 menit.

5. Keefektifan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi sistem kontinyu dalam menurunkan konsentrasi Cr (total) air limbah industri tekstil artifisial

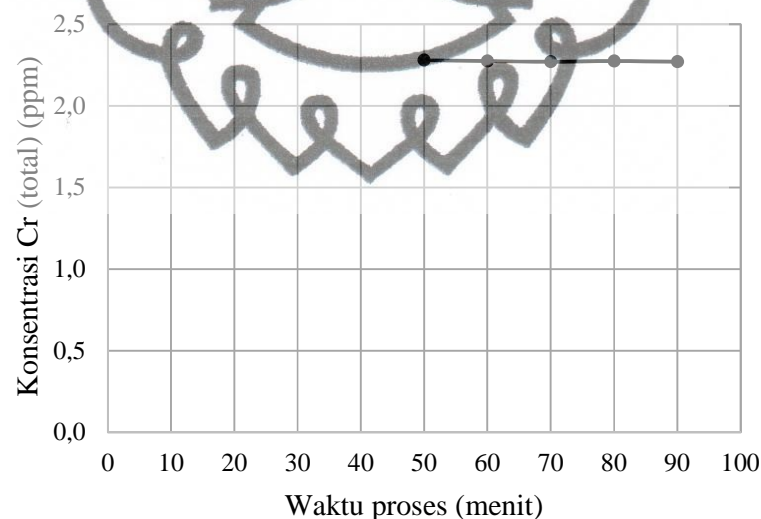
Hasil perhitungan konsentrasi Cr (total) disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 18. Hasil Perhitungan Konsentrasi Cr (total) Air Limbah Industri Tekstil Artifisial Setelah Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Waktu proses (menit)	Cr Tot. sebelum diolah (ppm)	Cr Tot. setelah diolah (ppm)	Rata-rata Cr Tot. (ppm)	Penurunan Cr Tot. (%)	Baku mutu (mg/liter)
50	2,590	2,279	2,274	12,20	-
60	2,590	2,275			
70	2,590	2,270			
80	2,590	2,275			
90	2,590	2,270			

Ket. Cr Tot = Cr (total), laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 18 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus konsentrasi Cr (total) sebagai berikut :



Gambar 26. Hubungan Waktu Proses dan Konsentrasi Cr (total) pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Data pada tabel 18 menunjukkan bahwa air limbah tekstil artifisial setelah diolah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu mengalami penurunan konsentrasi Cr (total) sebesar 12,20 %, hal ini disebabkan karena sebagian

Cr (total) diserap oleh tanaman mendong pada proses fitoremediasi, sedangkan proses elektrooksidasi tidak efektif menurunkan konsentrasi Cr (total). Prinsip pengolahan air limbah industri tekstil artifisial menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu ini adalah bahwa air limbah industri tekstil artifisial pertama kali mengalami proses elektrooksidasi kemudian dilanjutkan proses fitoremediasi. Pembahasan mengenai proses elektrooksidasi dalam menurunkan konsentrasi Cr (total) air limbah tekstil artifisial sesuai dengan yang disajikan pada BAB IV bagian E.4 yaitu pada bagian penentuan keefektifan metode elektrooksidasi sistem kontinyu dalam menurunkan konsentrasi Cr (VI) air limbah tekstil artifisial, pembahasan pada bagian ini hanya mengenai metode fitoremediasi saja.

Gambar 26 menunjukkan bahwa besarnya persentase penurunan Cr (total) air limbah tekstil artifisial cenderung konstan dari waktu proses 50 menit sampai dengan 90 menit, hal itu menunjukkan bahwa pada periode waktu proses 50 sampai 90 menit tidak ada peningkatan terserapnya Cr (total) dalam setiap bagian air limbah industri tekstil artifisial oleh tanaman mendong. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinyu maka setiap bagian air limbah tekstil artifisial yang mengalir dalam bejana fitoremediasi mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah.

Logam Cr (total) yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah tekstil artifisial, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah tekstil artifisial, itulah sebabnya pada periode waktu proses 50 sampai 90 menit persentase penurunan konsentrasi Cr (total) air limbah industri tekstil artifisial cenderung konstan / tidak meningkat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keefektifan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan konsentrasi Cr (total) air limbah industri tekstil artifisial sebesar 12,20 %. Keefektifan tersebut tercapai setelah proses pengolahan berlangsung selama 50 menit dan tidak mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu proses, sehingga dapat dinyatakan bahwa waktu proses optimum kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu dalam menurunkan konsentrasi Cr (total) air limbah tekstil artifisial adalah 50 menit.

6. Pengaruh waktu proses kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu terhadap konsentrasi Cr (VI) pada daun mendong

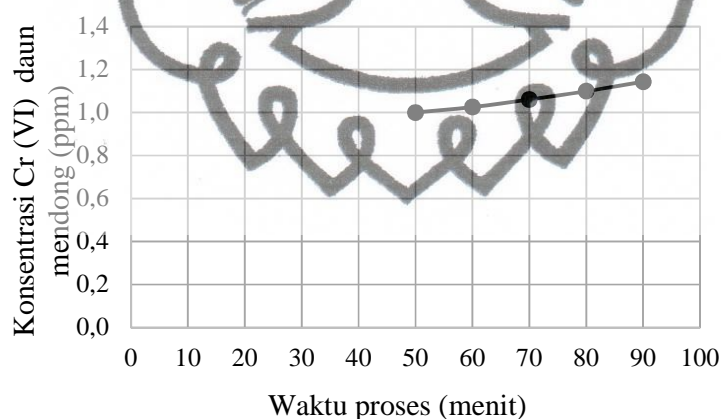
Hasil perhitungan konsentrasi Cr(VI) pada daun mendong disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 19. Konsentrasi Cr(VI) Daun Mendong pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Waktu proses (menit)	Konsentrasi Cr(VI) daun mendong sebelum pengolahan (ppm)	Konsentrasi Cr(VI) daun mendong setelah pengolahan (ppm)
50	0,003	1,000
60	0,003	1,025
70	0,003	1,060
80	0,003	1,099
90	0,003	1,143

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 19 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus konsentrasi Cr (VI) dalam daun mendong sebagai berikut :



Gambar 27. Hubungan Waktu Proses dan Konsentrasi Cr(VI) Daun Mendong pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Gambar 27 menunjukkan bahwa pada waktu proses 50 sampai dengan 90 menit konsentrasi Cr(VI) dalam daun mendong terus mengalami peningkatan, hal itu disebabkan karena proses pengolahan dengan kombinasi metode elektrokimia dan fitoremediasi ini dilakukan dalam waktu yang singkat yaitu 90 menit sehingga daun mendong belum mengalami kejenuhan dalam menyerap Cr(VI). Penentuan konsentrasi Cr(VI) pada daun mendong ini untuk membuktikan bahwa penurunan konsentrasi Cr(VI) pada air limbah artifisial hasil pengolahan disebabkan karena

sebagian Cr(VI) diserap oleh daun mendong. Agar dalam waktu 90 menit sudah banyak Cr yang terserap dan air limbah hasil pengolahan memenuhi baku mutu maka alat fitoremediasi perlu diperbesar dan jumlah rumpun tanaman mendong diperbanyak.

7. Pengaruh Waktu Proses Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu Terhadap Konsentrasi Cr(VI) pada Akar Mendong

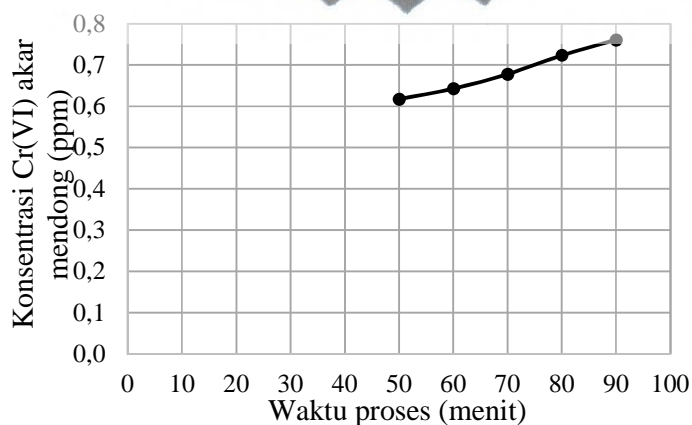
Hasil perhitungan konsentrasi Cr(VI) pada akar mendong disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 20. Konsentrasi Cr(VI) Akar Mendong pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Waktu proses (menit)	Konsentrasi Cr(VI) akar mendong sebelum pengolahan (ppm)	Konsentrasi Cr(VI) akar mendong setelah pengolahan (ppm)
50	0,003	0,617
60	0,003	0,643
70	0,003	0,678
80	0,003	0,724
90	0,003	0,761

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 20 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus konsentrasi Cr(VI) akar mendong sebagai berikut :



Gambar 28. Hubungan Waktu Proses dan Konsentrasi Cr(VI) Akar Mendong pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Gambar 28 menunjukkan bahwa pada waktu proses 50 sampai dengan 90 menit konsentrasi Cr(VI) dalam akar mendong terus mengalami peningkatan, hal itu disebabkan karena proses

pengolahan dengan kombinasi metode elektrokimia dan fitoremediasi ini dilakukan dalam waktu yang singkat yaitu 90 menit sehingga akar mendong belum mengalami kejenuhan dalam menyerap Cr(VI). Penentuan konsentrasi Cr(VI) pada akar mendong ini untuk membuktikan bahwa penurunan konsentrasi Cr(VI) pada air limbah industri tekstil artifisial hasil pengolahan disebabkan karena sebagian Cr(VI) diserap oleh akar mendong.

8. Pengaruh Waktu Proses Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu Terhadap Konsentrasi Cr(VI) pada Tanah Bejana Fitoremediasi

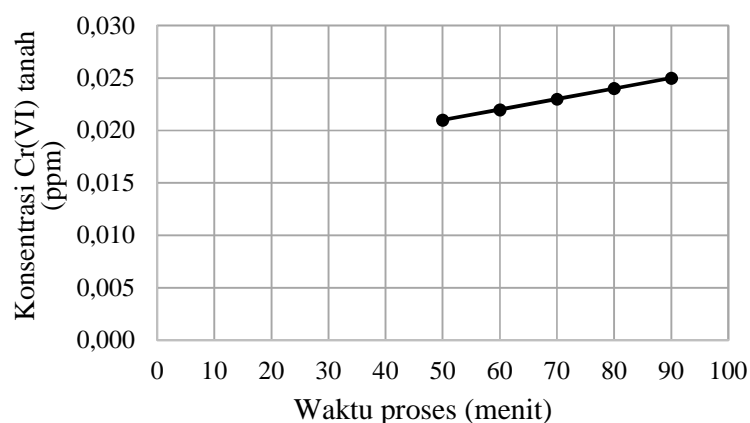
Hasil perhitungan konsentrasi Cr(VI) pada tanah bejana fitoremediasi disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 21. Konsentrasi Cr(VI) Tanah Bejana Fitoremediasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Waktu proses (menit)	Konsentrasi Cr(VI) tanah bejana fitoremediasi sebelum pengolahan (ppm)	Konsentrasi Cr(VI) tanah bejana fitoremediasi setelah pengolahan (ppm)
50	0,003	0,021
60	0,003	0,022
70	0,003	0,023
80	0,003	0,024
90	0,003	0,025

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 21 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus konsentrasi Cr(VI) tanah bejana fitoremediasi sebagai berikut :



Gambar 29. Hubungan Waktu Proses dan Konsentrasi Cr(VI) Tanah Bejana Fitoremediasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Artifisial menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

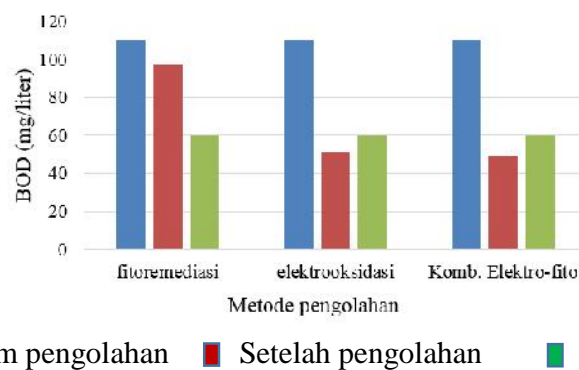
Gambar 29 menunjukkan bahwa pada waktu proses 50 sampai 90 menit konsentrasi Cr(VI) dalam tanah bejana fitoremediasi mengalami peningkatan, hal itu disebabkan karena proses pengolahan dengan kombinasi metode elektrokimia dan fitoremediasi ini dilakukan dalam waktu yang singkat yaitu 90 menit sehingga tanah bejana fitoremediasi belum jenuh dalam menyerap Cr(VI). Penentuan konsentrasi Cr(VI) pada tanah bejana fitoremediasi ini bertujuan untuk membuktikan bahwa penurunan konsentrasi Cr(VI) pada air limbah artifisial hasil pengolahan disebabkan karena sebagian Cr(VI) diserap oleh tanah bejana fitoremediasi.

Secara umum hasil penelitian yang penulis lakukan sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya dimana metode elektrooksidasi menggunakan elektroda grafit dapat menurunkan COD air limbah industri tekstil artifisial. Penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan oleh Kariyajjanavar (2011) bisa menurunkan COD sebesar 82 %, dan yang dilakukan oleh Subramaniam et al. (2016) bisa menurunkan COD sebesar 65,5 %. Penelitian yang penulis lakukan dapat menurunkan harga COD sebesar 82,81 %, hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya, hal itu disebabkan karena metode yang digunakan oleh peneliti sebelumnya adalah metode tunggal elektrooksidasi, sedangkan metode yang digunakan penulis adalah kombinasi metode elektrooksidasi dan metode fitoremediasi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi lebih baik dibandingkan dengan metode yang digunakan oleh peneliti sebelumnya yaitu metode tunggal elektrooksidasi.

G. Perbandingan Kefektifan Metode Elektrooksidasi, Fitoremediasi serta Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi pada Pengolahan Air Limbah

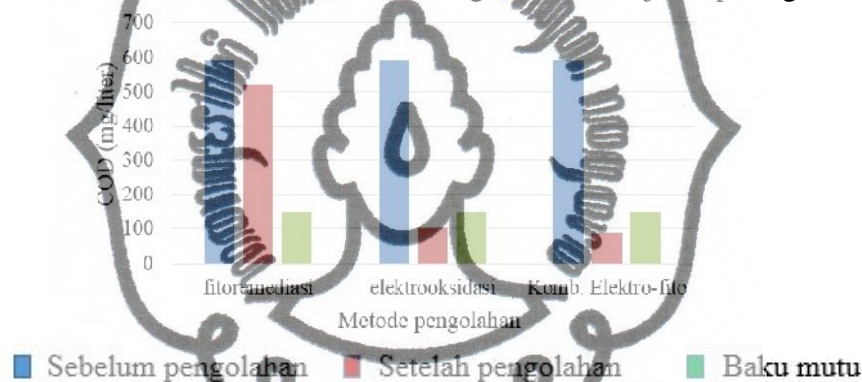
Perbandingan keefektifan metode elektrooksidasi, fitoremediasi serta kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi ini didasarkan pada parameter intensitas warna (absorbansi), BOD, COD dan konsentrasi logam Cr(VI) dari air limbah industri tekstil artifisial. Data yang disajikan pada pembahasan ini adalah data pada kondisi optimum dalam bentuk gambar dan tabel sebagai berikut :

1. Perbandingan metode fitoremediasi, elektrooksidasi serta kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dalam menurunkan angka BOD disajikan pada gambar 30.



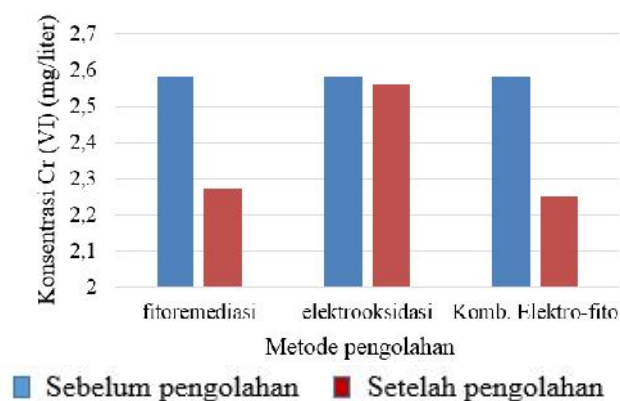
Gambar 30. Hubungan Metode Pengolahan dan Harga BOD Air Limbah Artifisial

2. Perbandingan metode fitoremediasi, elektrooksidasi serta kombinasi metode elektro-oksidi dan fitoremediasi dalam menurunkan angka COD disajikan pada gambar 31.



Gambar 31. Hubungan Metode Pengolahan dan Harga COD Air Limbah

3. Perbandingan metode fitoremediasi, elektrooksidasi serta kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dalam menurunkan konsentrasi logam Cr disajikan pada gambar 32.



Gambar 32. Hubungan Metode Pengolahan dan Konsentrasi Cr Air Limbah

Tabel 22. Perbandingan Keefektifan Metode Elektrooksidasi, Fitoremediasi serta Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu dalam Menurunkan Beberapa Parameter Mutu Air Limbah

Parameter	Keefektifan masing – masing metode (%)		
	Elektrooksidasi	Fitoremediasi	Kombinasi
Absorbansi	93,58	10,85	94,40
BOD	53,25	11,82	59,15
COD	82,81	11,88	85,09
Cr (VI)	Tidak efektif	11,96	11,94

Gambar 30, 31, 32 dan tabel 22 menunjukkan bahwa ketiga metode yaitu elektrooksidasi, fitoremediasi serta kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dapat menurunkan parameter absorbansi, BOD, COD serta Cr (VI), kecuali metode elektrooksidasi tidak efektif mengurangi konsentrasi Cr (VI). Diantara tiga metode tersebut kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi mempunyai keefektifan yang paling baik, hal ini disebabkan karena zat warna dan senyawa organik yang belum sempat teroksidasi dan logam Cr (VI) yang tidak bisa hilang oleh proses elektrooksidasi kemudian diserap oleh tanaman mendong dalam proses fitoremediasi.

Data yang disajikan dalam tabel 22 menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi Cr (VI) untuk kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi masih rendah, hal itu disebabkan karena jumlah rumpun tanaman mendong yang digunakan masih terbatas hanya 20 rumpun, jika jumlah rumpun tanaman mendong diperbanyak maka persentase penurunan konsentrasi Cr (VI) akan semakin tinggi.

H. Penentuan Keefektifan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi Sistem Kontinyu pada Pengolahan Air Limbah Industri Batik

Penelitian ini menggunakan sampel air limbah industri batik yang diambil dari inlet IPAL kampung batik laweyan surakarta. Dalam pembahasan ini hanya akan disajikan pengaruh waktu proses terhadap absorbansi, BOD, COD serta konsentrasi Cr(VI) dan Cr (total) pada air limbah industri batik setelah mengalami pengolahan. Hasil penelitian dan perhitungan disajikan pada lampiran 7.

1. Keefektifan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu dalam Menurunkan Absorbansi Air Limbah Industri Batik

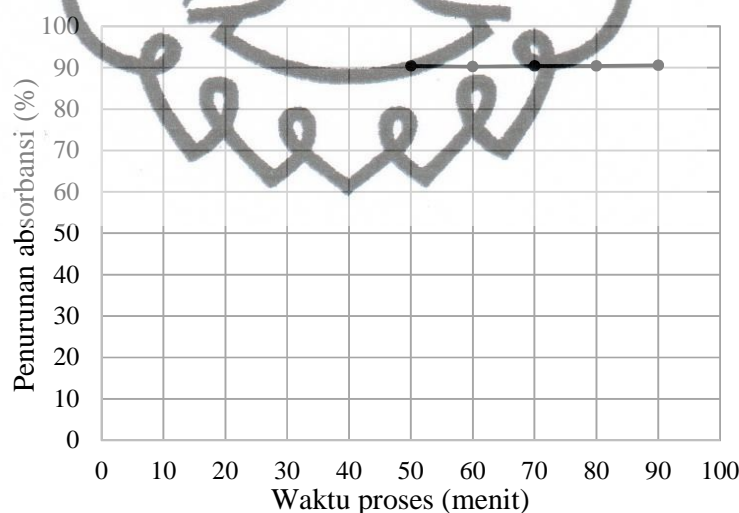
Hasil perhitungan persentase penurunan absorbansi disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 23. Hasil Perhitungan Persentase Penurunan Absorbansi Air Limbah Industri Batik Setelah Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Waktu proses (menit)	Abs sebelum pengolahan	Abs setelah pengolahan	Penurunan Absorbansi (%)	Rata-rata penurunan absorbansi (%)
50	0,687	0,066	90,39	90,39
60	0,687	0,067	90,25	
70	0,687	0,066	90,39	
80	0,687	0,066	90,39	
90	0,687	0,065	90,54	

Keterangan : Abs = Absorbansi, laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 23 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus penurunan absorbansi sebagai berikut :



Gambar 33. Hubungan Waktu Proses dan Penurunan Absorbansi Air Limbah Industri Batik pada Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Absorbansi adalah parameter yang menunjukkan banyaknya zat warna dalam air limbah. Data pada tabel 23 menunjukkan bahwa air limbah industri batik setelah diolah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu mengalami penurunan absorbansi sebesar 90,39 %, hal ini disebabkan karena sebagian zat warna terdegradasi

oleh proses elektooksidasi dan sebagian lainnya diserap oleh tanaman mendong pada proses fitoremediasi. Prinsip pengolahan air limbah industri batik menggunakan kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu ini adalah bahwa air limbah batik pertama kali mengalami proses elektooksidasi kemudian dilanjutkan proses fitoremediasi. Pembahasan mengenai proses elektooksidasi dalam menurunkan absorbansi air limbah batik sesuai dengan pembahasan yang sudah disajikan pada BAB IV bagian C.2.a yaitu pada bagian penentuan waktu proses optimum metode elektooksidasi, pembahasan pada bagian ini hanya mengenai metode fitoremediasi saja.

Gambar 33 menunjukkan bahwa besarnya persentase penurunan absorbansi air limbah industri batik cenderung konstan dari waktu proses 50 sampai dengan 90 menit, hal itu menunjukkan bahwa pada periode waktu proses 50 sampai dengan 90 menit tidak ada peningkatan terserapnya zat warna oleh tanaman mendong. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinyu maka setiap bagian air limbah industri batik yang mengalir dalam bejana fitoremediasi mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah. Zat warna yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri batik, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri batik, itulah sebabnya pada periode waktu proses 50 sampai dengan 90 menit persentase penurunan absorbansi air limbah industri batik cenderung konstan / tidak meningkat. Dari hasil penelitian ini dapat dinyatakan bahwa keefektifan kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan absorbansi air limbah industri batik sebesar 90,39 %. Keefektifan tersebut tercapai setelah proses pengolahan berlangsung selama 50 menit dan tidak mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu proses, sehingga dapat dinyatakan bahwa waktu proses optimum kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu dalam menurunkan absorbansi air limbah industri batik adalah 50 menit. Hasil ini tidak bisa dibandingkan dengan baku mutu air limbah industri tekstil sebab absorbansi/intensitas warna air limbah tidak diatur dalam peraturan daerah propinsi jawa tengah No. 5 tahun 2012.

2. Keefektifan Kombinasi Metode Elektooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu dalam Menurunkan BOD Air Limbah Industri Batik

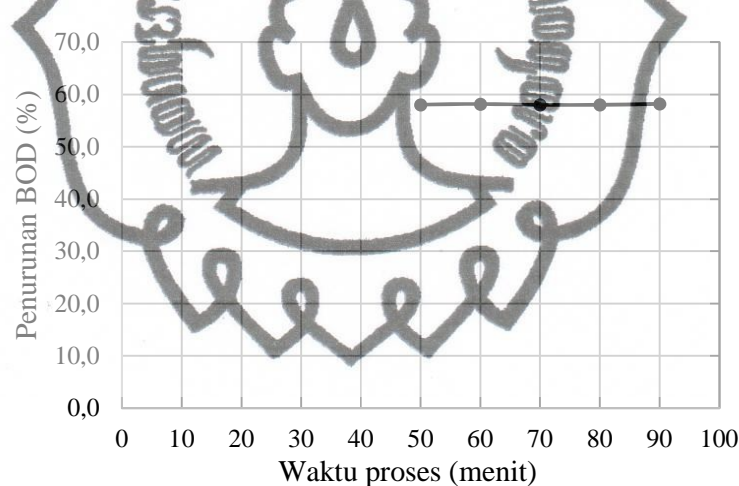
Hasil perhitungan BOD, disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 24. Hasil Perhitungan Persentase Penurunan BOD Air Limbah Industri Batik Setelah Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Waktu proses (menit)	BOD sebelum pengolahan (mg/liter)	BOD setelah pengolahan (mg/liter)	Penurunan BOD (%)	Rata-rata penurunan BOD (%)	Baku mutu (mg /liter)
50	118,62	49,74	58,07	58,10	60
60	118,62	49,60	58,19		
70	118,62	49,79	58,03		
80	118,62	49,79	58,03		
90	118,62	49,58	58,20		

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt.

Data pada tabel 24 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus penurunan BOD sebagai berikut :



Gambar 34. Hubungan Waktu Proses dan Penurunan BOD Air Limbah Industri Batik pada Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

BOD adalah parameter yang menunjukkan banyaknya senyawa organik dalam air limbah yang dapat teroksidasi secara biologi. Data pada tabel 24 menunjukkan bahwa air limbah industri batik setelah diolah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu mengalami penurunan BOD sebesar 58,10 %, hal ini disebabkan karena sebagian senyawa organik terdegradasi oleh proses elektrooksidasi dan sebagian lainnya diserap oleh tanaman mendong pada proses fitoremediasi. Prinsip pengolahan air limbah industri batik menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu ini adalah bahwa air limbah industri batik pertama kali mengalami proses elektrooksidasi kemudian

dilanjutkan proses fitoremediasi. Pembahasan mengenai proses elektrooksidasi dalam menurunkan BOD air limbah industri batik sesuai dengan pembahasan yang sudah disajikan pada BAB IV bagian E.2. yaitu pada bagian penentuan keefektifan metode elektrooksidasi sistem kontinyu dalam menurunkan BOD air limbah tekstil artifisial, pembahasan pada bagian ini hanya mengenai metode fitoremediasi saja.

Gambar 34 menunjukkan bahwa besarnya persentase penurunan BOD air limbah industri batik cenderung konstan dari waktu proses 50 sampai dengan 90 menit, hal itu menunjukkan bahwa pada periode waktu proses 50 sampai dengan 90 menit tidak ada peningkatan terserapnya senyawa organik dalam limbah industri batik oleh tanaman mendong. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinyu maka setiap bagian air limbah industri batik yang mengalir dalam bejana fitoremediasi mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah.

Senyawa organik yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri batik, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri batik, itulah sebabnya pada periode waktu proses 50 sampai dengan 90 menit persentase penurunan BOD air limbah industri batik cenderung konstan / tidak meningkat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keefektifan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan BOD air limbah industri batik sebesar 58,10 %. Keefektifan tersebut tercapai setelah proses pengolahan berlangsung selama 50 menit dan tidak mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu proses, sehingga dapat dinyatakan bahwa waktu proses optimum kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu dalam menurunkan BOD air limbah industri batik adalah 50 menit.

3. Keefektifan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi untuk menurunkan COD air limbah industri batik

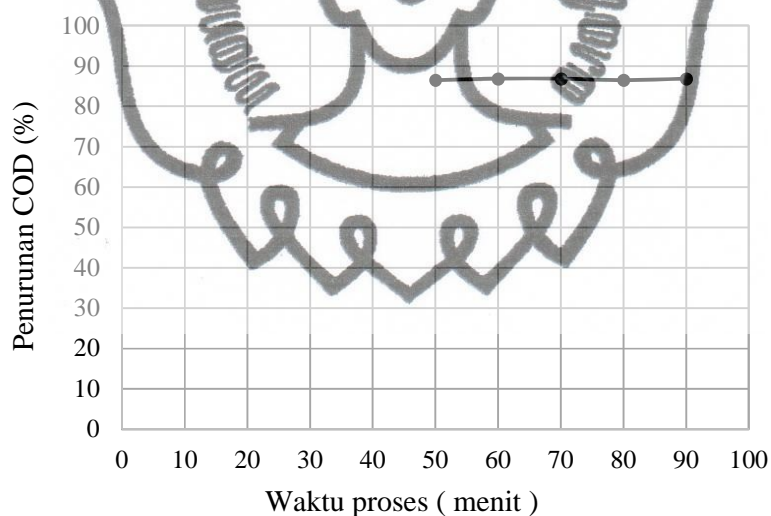
Hasil perhitungan persentase penurunan COD disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 25. Hasil Perhitungan Persentase Penurunan COD Air Limbah Industri Batik Setelah Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Waktu proses (menit)	COD sebelum pengolahan (mg/liter)	COD setelah pengolahan (mg/liter)	Penurunan COD (%)	Rata-rata penurunan COD (%)	Baku mutu (mg /liter)
50	361,68	48,84	86,50	86,86	150
60	361,68	47,52	86,86		
70	361,68	47,52	86,86		
80	361,68	48,84	86,50		
90	361,68	47,52	86,86		

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 25 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus penurunan COD sebagai berikut.



Gambar 35. Hubungan Waktu Proses dan Penurunan COD Air Limbah Industri Batik pada Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

COD adalah parameter yang menunjukkan banyaknya senyawa organik dan anorganik dalam air limbah yang dapat teroksidasi secara kimia. Data pada tabel 25 menunjukkan bahwa air limbah industri batik setelah diolah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu mengalami penurunan COD sebesar 86,86 %, hal ini disebabkan karena sebagian senyawa organik dan anorganik terdegradasi oleh proses elektrooksidasi dan sebagian lainnya diserap oleh tanaman mendong pada proses fitoremediasi. Prinsip pengolahan air limbah

industri batik menggunakan kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu ini adalah bahwa air limbah industri batik pertama kali mengalami proses elektooksidasi kemudian dilanjutkan proses fitoremediasi. Pembahasan mengenai proses elektooksidasi dalam menurunkan COD air limbah industri batik sesuai dengan pembahasan yang sudah disajikan pada BAB IV bagian E.3 yaitu pada bagian penentuan keefektifan metode elektooksidasi sistem kontinyu dalam menurunkan COD air limbah industri tekstil artifisial, pembahasan pada bagian ini hanya mengenai metode fitoremediasi saja.

Gambar 35 menunjukkan bahwa besarnya persentase penurunan COD air limbah industri batik cenderung konstan dari waktu proses 50 sampai dengan 90 menit, hal itu menunjukkan bahwa pada periode waktu proses 50 sampai dengan 90 menit tidak ada peningkatan terserapnya senyawa organik dan anorganik dalam setiap bagian air limbah industri batik oleh tanaman mendong. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinyu maka setiap bagian air limbah industri batik yang mengalir dalam bejana fitoremediasi mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah.

Senyawa organik dan anorganik yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri batik, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri batik, itulah sebabnya pada periode waktu proses 50 sampai dengan 90 menit persentase penurunan COD air limbah industri batik cenderung konstan / tidak meningkat. Dari hasil penelitian ini dapat dinyatakan bahwa keefektifan kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan COD air limbah industri batik sebesar 86,86 %. Keefektifan tersebut tercapai setelah proses pengolahan berlangsung selama 50 menit dan tidak mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu proses, sehingga dapat dinyatakan bahwa waktu proses optimum kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu dalam menurunkan COD air limbah industri batik adalah 50 menit.

4. Keefektifan Kombinasi Metode Elektooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu dalam Menurunkan Konsentrasi Cr (VI) Air Limbah Industri Batik

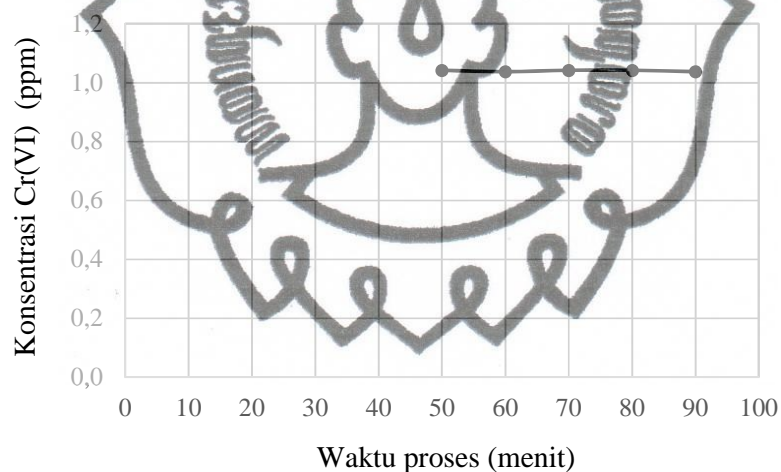
Hasil perhitungan konsentrasi Cr(VI) disajikan pada tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 26. Hasil Perhitungan Konsentrasi Cr (VI) Air Limbah Industri Batik Setelah Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Waktu proses (menit)	Cr (VI) sebelum diolah (ppm)	Cr (VI) setelah diolah (ppm)	Rata-rata Cr (VI) (ppm)	Penurunan Cr (VI) (%)	Baku mutu (mg/liter)
50	1,181	1,042			
60	1,181	1,037			
70	1,181	1,042	1,040	11,90	-
80	1,181	1,042			
90	1,181	1,037			

Keterangan : Laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 26 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus konsentrasi Cr (VI) sebagai berikut :



Gambar 36. Hubungan Waktu Proses dan Konsentrasi Cr (VI) Air Limbah Industri Batik pada Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Data pada tabel 26 menunjukkan bahwa air limbah industri batik setelah diolah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu mengalami penurunan konsentrasi Cr (VI) sebesar 11,90 %, hal ini disebabkan karena sebagian Cr (VI) diserap oleh tanaman mendong pada proses fitoremediasi, sedangkan proses elektrooksidasi tidak efektif menurunkan konsentrasi Cr (VI). Prinsip pengolahan air limbah industri batik menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu ini adalah bahwa air limbah industri batik pertama kali mengalami proses elektrooksidasi kemudian dilanjutkan proses fitoremediasi. Pembahasan mengenai proses elektrooksidasi dalam menurunkan konsentrasi Cr

(VI) air limbah industri batik sesuai dengan pembahasan yang sudah disajikan pada BAB IV bagian E.4 yaitu pada bagian penentuan keefektifan metode elektooksidasi sistem kontinyu dalam menurunkan konsentrasi Cr (VI) air limbah industri tekstil artifisial, pembahasan pada bagian ini hanya mengenai metode fitoremediasi saja.

Gambar 36 menunjukkan bahwa besarnya konsentrasi Cr (VI) air limbah industri batik cenderung konstan dari waktu proses 50 sampai dengan 90 menit, hal itu menunjukkan bahwa pada periode waktu proses 50 sampai dengan 90 menit tidak ada peningkatan terserapnya Cr (VI) oleh tanaman mendong. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinyu maka setiap bagian air limbah industri batik yang mengalir dalam bejana fitoremediasi mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah.

Logam Cr (VI) yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri batik, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri batik, itulah sebabnya pada periode waktu proses 50 sampai dengan 90 menit konsentrasi Cr (VI) air limbah industri batik cenderung konstan / tidak mengalami penurunan. Dari hasil penelitian ini dapat dinyatakan bahwa keefektifan kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan konsentrasi Cr (VI) air limbah industri batik sebesar 11,90 %. Keefektifan tersebut tercapai setelah proses pengolahan berlangsung selama 50 menit dan tidak mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu proses, sehingga dapat dinyatakan bahwa waktu proses optimum kombinasi metode elektooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu dalam menurunkan konsentrasi Cr (VI) air limbah industri batik adalah 50 menit. Konsentrasi Cr (VI) air limbah industri batik setelah mengalami pengolahan adalah 1,040 ppm, hasil ini tidak bisa dibandingkan dengan baku mutu air limbah industri tekstil dan batik, sebab konsentrasi Cr(VI) tidak diatur dalam peraturan daerah propinsi Jawa Tengah No. 5 tahun 2012.

5. Keefektifan Kombinasi Metode Elektooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu dalam Menurunkan Konsentrasi Cr (total) Air Limbah Industri Batik

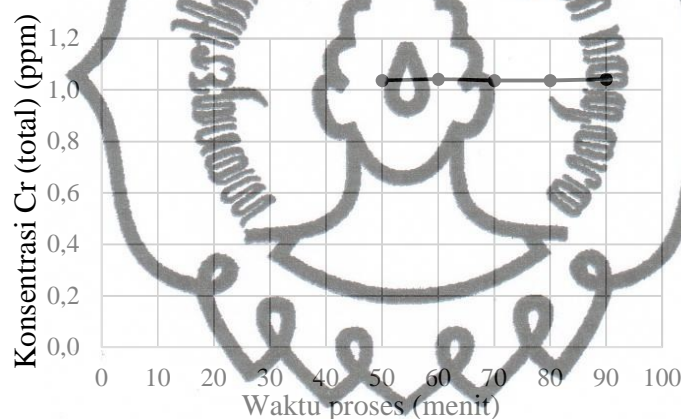
Hasil perhitungan konsentrasi Cr (total) disajikan dalam bentuk tabel dan kurva sebagai berikut :

Tabel 27. Hasil Perhitungan Konsentrasi Cr (total) Air Limbah Industri Batik Setelah Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Waktu proses (menit)	Cr Tot. sebelum diolah (ppm)	Cr Tot. setelah diolah (ppm)	Rata-rata Cr Tot. (ppm)	Penurunan Cr Tot. (%)	Baku mutu (ppm)
50	1,185	1,037	1,039	12,33	1,000
60	1,185	1,042			
70	1,185	1,037			
80	1,185	1,037			
90	1,185	1,042			

Ket. Cr Tot = Cr (total), laju alir 0,5 LPM, tegangan listrik 12 volt

Data pada tabel 27 kemudian disajikan dalam bentuk kurva hubungan waktu proses versus konsentrasi Cr (total) sebagai berikut :



Gambar 37. Hubungan Waktu Proses dan Konsentrasi Cr (total) Air Limbah Industri Batik pada Pengolahan menggunakan Kombinasi Metode Elektrooksidasi dan Fitoremediasi dengan Sistem Kontinyu

Data pada tabel 27 menunjukkan bahwa air limbah industri batik setelah diolah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu mengalami penurunan konsentrasi Cr (total) sebesar 12,33 %, hal ini disebabkan karena sebagian logam Cr diserap oleh tanaman mendong pada proses fitoremediasi, sedangkan proses elektrooksidasi tidak efektif menurunkan konsentrasi logam Cr. Prinsip pengolahan air limbah industri batik menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu ini adalah bahwa air limbah industri batik pertama kali mengalami proses elektrooksidasi kemudian dilanjutkan proses fitoremediasi. Pembahasan mengenai proses elektrooksidasi dalam menurunkan konsentrasi Cr (total) air limbah industri batik sesuai dengan pembahasan yang sudah disajikan pada BAB IV bagian E.4 yaitu pada bagian penentuan keefektifan metode elektrooksidasi sistem

kontinyu dalam menurunkan konsentrasi Cr (VI) air limbah industri tekstil artifisial, pembahasan pada bagian ini hanya mengenai metode fitoremediasi saja.

Gambar 37 menunjukkan bahwa besarnya konsentrasi Cr (total) air limbah industri batik cenderung konstan dari waktu proses 50 sampai dengan 90 menit, hal itu menunjukkan bahwa pada periode waktu proses 50 sampai dengan 90 menit tidak ada peningkatan terserapnya Cr (total) oleh tanaman mendong. Fenomena tersebut dapat dijelaskan bahwa karena sistem pengolahan dalam penelitian ini adalah kontinyu maka setiap bagian air limbah industri batik yang mengalir dalam bejana fitoremediasi mempunyai waktu kontak dengan tanaman mendong yang sama walaupun dalam waktu proses yang semakin bertambah.

Logam Cr (total) yang terserap tanaman mendong dipengaruhi oleh waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri batik, sementara itu waktu proses tidak berpengaruh pada waktu kontak tanaman mendong dengan air limbah industri batik, itulah sebabnya pada periode waktu proses 50 sampai dengan 90 menit konsentrasi Cr (total) air limbah batik cenderung konstan / tidak mengalami penurunan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa keefektifan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman mendong dengan sistem kontinyu dalam menurunkan konsentrasi Cr (total) air limbah industri batik sebesar 12,33 %. Keefektifan tersebut tercapai setelah proses pengolahan berlangsung selama 50 menit dan tidak mengalami peningkatan dengan bertambahnya waktu proses, sehingga dapat dinyatakan bahwa waktu proses optimum kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu dalam menurunkan konsentrasi Cr (total) air limbah industri batik adalah 50 menit. Konsentrasi Cr (total) air limbah industri batik setelah mengalami pengolahan adalah 1,039 ppm, hasil ini tidak memenuhi baku mutu air limbah industri tekstil dan batik dalam peraturan gubernur jawa tengah No. 5 tahun 2012, hal itu disebabkan karena jumlah rumpun tanaman mendong hanya 20 rumpun. Keefektifan tersebut dapat ditingkatkan dengan menambah rumpun tanaman mendong.

Penelitian yang terkait dengan pengolahan air limbah industri batik yang melibatkan metode elektrooksidasi sudah dilakukan oleh beberapa peneliti, antara lain dilakukan oleh Kariyajanafar (2011) dengan hasil penurunan angka COD sebesar 82 %, Massoudinejad *et al.* (2015) dengan penurunan angka COD sebesar 80 %, Nordin *et al.* (2015) dengan hasil penurunan COD 74,1 % dan Subramaniam *et al.* (2016) dengan hasil penurunan angka COD sebesar 65,5 %. Hasil penurunan angka COD penelitian-penelitian tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang penulis lakukan yaitu bisa menurunkan angka COD air limbah batik sebesar 86,86

%. Disamping itu metode yang penulis gunakan juga dapat menurunkan konsentrasi logam Cr sebesar 12,33 % yang mana hasil ini tidak terdapat pada penelitian sebelumnya, hal itu disebabkan karena metode pengolahan limbah dalam penelitian yang penulis lakukan merupakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi. Perbedaan lainnya adalah bahwa penelitian-penelitian sebelumnya dalam pengolahan air limbah menggunakan sistem batch (tidak kontinyu) sedangkan penelitian yang penulis lakukan menggunakan sistem kontinyu yang akan lebih praktis jika diterapkan pada industri batik.

Secara umum dapat dikatakan bahwa metode kombinasi elektrooksidasi dan fitoremediasi dalam penelitian yang penulis lakukan lebih unggul dibandingkan dengan metode dalam penelitian sebelumnya karena lebih efektif dalam menurunkan angka COD, dapat menurunkan konsentrasi logam Cr dan lebih praktis jika diterapkan pada industri tekstil atau industri batik.

Secara keseluruhan penelitian ini melibatkan metode elektrooksidasi menggunakan elektroda grafit dan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mendong. Proses pengolahan air limbah dilakukan dengan didahului metode elektrooksidasi kemudian dilanjutkan metode fitoremediasi.

Metode elektrooksidasi terdiri dari dua macam reaksi oksidasi, yaitu oksidasi langsung dan tidak langsung. Pada oksidasi langsung polutan teradsorpsi di permukaan anoda dan kemudian dioksidasi oleh radikal yang terbentuk di anoda. Oksidasi tidak langsung terjadi pada cairan oleh oksidator yang terbentuk dari proses elektrooksidasi seperti klorin, hipoklorit, radikal hidroksil, ozon dan hidrogen peroksida. Proses oksidasi langsung dan tidak langsung tersebut dapat mendegradasi zat warna dan senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa / molekul yang lebih sederhana, namun proses ini tidak bisa mengurangi konsentrasi logam berat khususnya logam Cr (Rajkumar dan Muthukumar, 2012).

Salah satu jenis elektroda yang bisa digunakan dalam metode elektrooksidasi adalah grafit. Grafit merupakan salah satu elektroda inert dimana dalam proses elektrolisis grafit tidak bereaksi membentuk senyawa lain, oleh sebab itu grafit sering digunakan sebagai anoda dan katoda oleh banyak peneliti untuk aplikasi dalam oksidasi senyawa organik maupun zat warna dalam air limbah industri tekstil. Alasan lain digunakannya grafit sebagai elektroda adalah harganya yang relatif murah dan hasilnya memuaskan (Kariyajjanavar *et al.*, 2011).

Metode Fitoremediasi adalah metode pemulihan lingkungan tercemar dengan memanfaatkan tanaman. Jika lingkungan yang tercemar adalah suatu perairan maka metode fitoremediasi ini bisa menggunakan tanaman air. Menurut Tahir *et al.* (2015), terdapat enam proses / mekanisme yang

terjadi pada fitoremediasi yaitu fitoekstraksi, fitofiltrasi, fitostabilisasi, fitotransformasi, rizodegradasi dan fitovolatilisasi. Salah satu jenis tanaman yang bisa digunakan dalam metode fitoremediasi adalah tanaman mendong (*Fimbristylis globulosa*).

Tanaman mendong adalah tanaman yang biasa tumbuh di tempat tergenang air (akuatik) dengan ciri - ciri antara lain batang berbentuk segi tiga, berwarna hijau, licin dan bisa tumbuh dengan panjang batang 100 cm serta dengan usia panen 6 – 9 bulan. Tanaman mendong dapat digunakan sebagai tanaman dalam proses fitoremediasi karena mempunyai nilai bioakumulator lebih besar dari 1, mampu menyerap kotoran yang terdapat di dalam air sehingga air menjadi lebih jernih. Tanaman mendong juga bisa menyerap logam berat, amonium, menurunkan konsentrasi TDS dan angka COD (Prasetyo, 2013). Berdasarkan uraian tersebut maka tanaman mendong sangat potensial untuk mengolah air limbah, namun demikian kelemahan metode fitoremediasi ini adalah memerlukan waktu lama dan lahan yang luas.

Penelitian yang penulis lakukan menunjukkan hasil bahwa kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi bersifat sinergis, yaitu kelemahan/kekurangan metode elektrooksidasi dilengkapi oleh metode fitoremediasi demikian sebaliknya kekurangan metode fitoremediasi dilengkapi oleh metode elektrooksidasi. Sifat sinergis kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi ditunjukkan oleh hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 28. Peningkatan keefektifan metode elektrooksidasi dan fitoremediasi karena penggabungan metode

Parameter	Keefektifan masing – masing metode (%)			Peningkatan keefektifan	
	EO	Fitoremediasi	Kombinasi	EO	Fitoremediasi
Absorbansi	93,58	10,85	94,40	0,82	83,55
BOD	53,25	11,82	59,15	5,9	47,33
COD	82,81	11,88	85,09	2,28	73,21
Cr (VI)	Tidak efektif	11,96	11,94	11,94	Relatif tetap

Keterangan. EO = elektrooksidasi

Data peningkatan keefektifan metode elektrooksidasi dan fitoremediasi karena penggabungan 2 metode tersebut seperti yang disajikan pada tabel 28 menunjukkan bahwa kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi menghasilkan keefektifan yang baru dan lebih baik, kecuali untuk konsentrasi Cr (VI) metode elektrooksidasi tidak bisa meningkatkan keefektifan metode fitoremediasi. Keefektifan penurunan konsentrasi logam Cr (VI) dapat ditingkatkan dengan menambah luas bejana fitoremediasi dan jumlah rumpun tanaman mendong. Itulah kebaruan dari penelitian yang penulis lakukan dan ditambah sistem pengolahan yang

kontinyu menyebabkan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu ini lebih praktis ketika diterapkan pada industri tekstil.

I. Penghitungan kerugian lingkungan

Penghitungan kerugian lingkungan ini berdasarkan pada parameter BOD, COD dan konsentrasi Cr. Berdasarkan data level pencemaran aktual untuk angka BOD, COD dan konsentrasi Cr serta dilakukan penghitungan kerugian lingkungan dengan asumsi debit 25 m³ per jam dan proses produksi selama 10 tahun maka lingkungan akan mengalami kerugian sebesar Rp. 247.090.000,- jika air limbah dibuang begitu saja tanpa diolah terlebih dahulu. Pengolahan menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi ternyata dapat menurunkan angka BOD, COD serta konsentrasi logam Cr di bawah nilai maksimum yang dipersyaratkan dan akibatnya kerugian lingkungan sebesar Rp. 247.090.000,- sudah tidak ada lagi, oleh sebab itu dapat dikatakan bahwa kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dapat menurunkan kerugian lingkungan sebesar Rp. 247.090.000,-. Perhitungan kerugian lingkungan dijelaskan pada uraian sebagai berikut :

1. Parameter acuan dan asumsi debit air limbah

Parameter limbah yang menjadi acuan adalah COD, BOD dan konsentrasi Cr (total), sedangkan asumsi debit effluent air limbah ke lingkungan adalah 25 m³/jam atau 219000 m³/tahun.

2. Perhitungan Unit Pencemaran

Jumlah unit pencemaran diuraikan dengan perhitungan sebagai berikut :

PARAMETER	BAKU MUTU		Level pencemaran aktual	Beban pencemaran Netto tahunan (kg)	Jumlah unit pencemaran (UP)
	Batas maks (mg/liter)	Beban pencemaran (Kg/Ton)			
BOD	60	6	118,62	12837,78	256,7556
COD	150	15	361,68	46357,92	927,1584
Krom (Cr)	1	0,1	1,185	31,97	63,95
JUMLAH					1247,864

Keterangan :

Beban pencemaran netto tahunan = ((level pencemaran aktual - batas maksimal baku mutu) x debit per tahun) /1000

commit to user

Dalam kasus penelitian ini karena konsentrasi Cr (total) setelah perlakuan adalah 1,039 ppm maka beban pencemaran netto tahunan untuk logam Cr = $((1,185-1,039) \times 219000)/1000 = \mathbf{31,97}$

Jumlah unit pencemaran = beban pencemaran netto tahunan (kg) : satuan unit pencemaran utk tiap parameter

Satuan unit pencemaran untuk parameter :

BOD = 50 kg

COD = 50 kg

Cr = 500 g = 0,5 kg

Sumber : peraturan menteri lingkungan hidup No 7 th 2014

3. Menghitung total biaya kerugian 10 tahun produksi :

Total biaya kerugian selama 10 tahun produksi diuraikan pada perhitungan sebagai berikut :

Jumlah unit pencemaran	1247,864				
Basis tarif per UP	24750				
Fase pencemaran	Tahun 1	Tahun 2	Tahun 3	Tahun 4	Tahun 5
Biaya total pencemaran (Rp. juta/tahun)	20%	40%	60%	80%	100%
	6,17692	12,35385	18,53186	24,70914	30,88463
Fase pencemaran	Tahun 6	Tahun 7	Tahun 8	Tahun 9	Tahun 10
Biaya total pencemaran (Rp juta/tahun)	100%	100%	100%	100%	100%
	30,88463	30,88463	30,88463	30,88463	30,88463

Jumlah biaya total pencemaran 247,090 juta rupiah

Setelah dilakukan pengolahan menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi maka level pencemaran aktual menjadi dibawah batas maksimal yang disyaratkan kecuali untuk logam Cr yaitu :

Parameter	sebelum pengolahan (mg/L)	Sesudah pengolahan (mg/L)	Baku mutu (mg/liter)
BOD	118,62	38,88	60
COD	361,68	34,32	150
Cr	1,19	1,039	1

Degan demikian kombinasi metode ini bisa menghilangkan biaya total pencemaran sebesar Rp. 247.090.000,- dengan asumsi debit air limbah 25 m³ / Jam dan produksi selama 10 tahun.

J. Aplikasi dan Keberlanjutan

Model instalasi pengolahan air limbah industri tekstil hasil dari penelitian ini dapat diaplikasikan pada industri kecil tekstil misalnya industri kecil batik di kawasan Kampung Batik Laweyan Surakarta. Kampung Batik Laweyan Surakarta sebenarnya sudah mempunyai instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan prinsip pengolahan pengendapan, penyaringan dan adsorpsi, namun IPAL tersebut sudah tidak berfungsi dengan baik yang ditunjukkan oleh hasil pengolahannya yang masih berwarna (Marganingrum dkk., 2013). Pengolahan air limbah dengan metode pengendapan, filtrasi dan adsorpsi mempunyai kelemahan yaitu tidak bisa mendegradasi zat pencemar dalam air limbah misalnya zat warna dan zat organik dan hanya melokalisasi komponen zat pencemar tersebut ke dalam endapan, filter atau adsorben, sehingga memerlukan perlakuan lanjutan terhadap endapan, filter dan adsorben tersebut (Sugiyana dan Harja, 2014).

Model IPAL hasil penelitian yang penulis lakukan dimungkinkan dapat menyelesaikan permasalahan IPAL Kampung Batik Laweyan. Hal tersebut disebabkan karena prinsip pengolahan pada model IPAL hasil penelitian yang penulis lakukan melibatkan proses oksidasi sehingga bisa mendegradasi zat pencemar dalam air limbah batik menjadi senyawa yang lebih sederhana dan lebih tidak berbahaya. Disamping itu aplikasi model IPAL hasil penelitian yang penulis lakukan tidak memerlukan biaya tinggi karena elektroda grafit yang digunakan pada proses elektrok oksidasi dapat menggunakan batang grafit dari baterai bekas, disamping itu tanaman mendong yang digunakan dalam proses fitoremediasi dapat dengan mudah dibudidayakan.

Model instalasi pengolahan air limbah hasil penelitian ini mempunyai kelebihan yaitu bahwa kombinasi metode elektrok oksidasi dan fitoremediasi ini bersifat sinergis. Sifat sinergis yang dimaksudkan adalah bahwa kekurangan metode elektrok oksidasi yang tidak bisa menurunkan konsentrasi logam Cr dilengkapi oleh metode fitoremediasi dimana logam Cr pada air limbah dapat menurun konsentrasinya karena diserap oleh tanaman mendong. Disisi lain metode fitoremediasi memang bisa menurunkan harga parameter cemaran air limbah termasuk warna, BOD, COD dan konsentrasi logam berat misalnya logam Cr, namun memerlukan waktu proses yang lama. Kekurangan tersebut dilengkapi oleh metode elektrok oksidasi sehingga proses pengolahan air limbah bisa berlangsung lebih cepat. Model instalasi pengolahan air limbah hasil penelitian ini disamping bersifat sinergis juga bersifat ramah lingkungan. Hal itu disebabkan karena metode elektrok oksidasi yang merupakan bagian dari model instalasi pengolahan air limbah hasil penelitian ini tidak menghasilkan produk samping yang membahayakan lingkungan, disamping itu metode

fitoremediasi menggunakan tanaman mendong merupakan metode yang bebas emisi karena tidak menghasilkan CO₂ dan senyawa karbon lainnya.

Model instalasi pengolahan air limbah industri tekstil hasil penelitian ini jika diterapkan pada industri kecil tekstil misalnya industri kecil batik dapat dipertahankan keberlanjutannya. Hal itu disebabkan karena elektroda grafit dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama sehingga tidak harus sering diganti, jika perlu penggantian elektroda grafit tidak dibutuhkan biaya yang tinggi karena grafit yang digunakan sebagai elektroda berasal dari grafit baterai bekas yang tentu saja murah harganya. Disisi lain karena usia tanaman mendong adalah 6 – 9 bulan maka tanaman mendong dapat digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama yaitu minimal 6 bulan, jika saja diperlukan regenerasi / peremajaan juga tidak memerlukan biaya tinggi karena tanaman mendong dapat dibudidayakan dengan mudah.

K. Keterbatasan Penelitian

Penelitian untuk penyusunan disertasi ini memiliki keterbatasan yaitu :

1. Tidak dilakukan penentuan kondisi optimum proses translokasi

Logam Cr dapat terserap ke dalam daun tanaman mendong melalui suatu proses yang disebut translokasi. Proses translokasi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu temperatur lahan basah, cahaya, konsentrasi logam Cr dan hormon. Penentuan kondisi optimum faktor – faktor tersebut sebenarnya penting untuk dilakukan agar didapatkan kondisi terbaik proses translokasi logam Cr ke dalam tanaman mendong, namun demikian karena faktor temperatur lahan basah dan hormon sulit dikontrol atau dilakukan variasi maka penentuan kondisi optimum proses translokasi tersebut tidak dilakukan.

2. Tidak dilakukan pemantauan perjalanan translokasi logam Cr.

Pemantauan perjalanan logam Cr dalam tanaman mendong pada proses translokasi sebetulnya penting dilakukan dalam penelitian ini sehingga dapat diketahui sampai dimanakah perjalanan logam Cr dalam tanaman mendong, namun demikian pemantauan ini tidak dilakukan karena terbatasnya waktu penelitian dan peralatan yang tersedia.

L. Kebaruan dan Luaran Penelitian

1. Kebaruan penelitian

Penelitian yang terkait dengan pengolahan air limbah industri tekstil menggunakan metode elektrooksidasi dengan elektroda grafit sudah dilakukan oleh beberapa peneliti, antara lain yang dilakukan oleh Widodo (2008), Kariyajjanavar, *et al.* (2011), Rajkumar dan Muthukumar (2012), El-Sayed *et al.* (2014), Subramaniam *et al.* (2016) dan Ketut *et al.* (2018). Penelitian – penelitian tersebut mengenai degradasi zat warna tekstil dan zat organik lainnya dalam air limbah industri tekstil menggunakan metode elektrooksidasi yang dilakukan dengan sistem batch (tidak kontinyu) dan hanya menggunakan satu macam metode. Hasil penelitian-penelitian tersebut menyatakan bahwa metode elektrooksidasi dapat mendegradasi zat warna tekstil dan zat organik lainnya yang terdapat dalam air limbah tekstil, namun tidak bisa mengurangi konsentrasi logam berat khususnya logam Cr.

Penelitian yang terkait dengan pengolahan air limbah industri tekstil menggunakan metode fitoremediasi dengan tanaman mendong juga sudah dilakukan oleh beberapa peneliti, antara lain yang dilakukan oleh Yusuf (2008), Dewi dan Hindersah (2009), Sa'ad *et al.* (2011), Zaman (2013), serta Mufarida dan Arisoesilaningih (2015). Penelitian – penelitian tersebut tentang pengolahan air limbah industri tekstil menggunakan metode fitoremediasi dengan tanaman mendong yang dilakukan dengan sistem batch (tidak kontinyu) dan hanya menggunakan satu macam metode. Hasil penelitian-penelitian tersebut menyatakan bahwa metode fitoremediasi dapat menurunkan konsentrasi logam Cr yang terdapat dalam air limbah industri tekstil namun mempunyai kelemahan yaitu diperlukan waktu yang lama.

Mengingat metode elektrooksidasi dan fitoremediasi mempunyai kelebihan dan kekurangan maka penulis kemudian menggabungkan kedua metode tersebut sehingga kekurangan metode elektrooksidasi dapat dilengkapi dengan metode fitoremediasi dan sebaliknya, yaitu metode elektrooksidasi yang tidak bisa menurunkan konsentrasi logam Cr dilengkapi dengan metode fitoremediasi, sedangkan metode fitoremediasi yang memerlukan waktu lama dapat dipersingkat karena didahului oleh pengolahan dengan metode elektrooksidasi. Penelitian – penelitian tersebut menggunakan pengolahan sistem batch dimana sistem batch tersebut kurang praktis jika diterapkan pada industri tekstil, oleh sebab itu penulis menggunakan sistem kontinyu yang akan lebih praktis jika diterapkan pada industri tekstil.

Uraian tersebut diatas menjelaskan bahwa perbedaan penelitian yang penulis lakukan dengan penelitian-penelitian sebelumnya terletak pada metode dan sistemnya. Dengan demikian dapat dijelaskan bahwa kebaruan dari penelitian yang penulis lakukan adalah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi serta dengan sistem pengolahan yang kontinyu. Metode baru tersebut menghasilkan temuan baru yaitu model instalasi pengolahan air limbah industri tekstil menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu.

2. Luaran penelitian

Luaran penelitian disertasi ini adalah;

- a. Model instalasi pengolahan air limbah menggunakan kombinasi metode elektrooksidasi dan fitoremediasi dengan sistem kontinyu berserta informasi kondisi optimum operasionalnya dan keefektifannya.
- b. Artikel yang dimuat dalam prosiding dan jurnal internasional terindeks scopus