

**POTENSI KEBERADAAN KLOROANILIN SEBAGAI ZAT PENCEMAR
AKIBAT AIR LIMBAH INDUSTRI TEKSTIL
DI SUNGAI CITARUM HULU**

Tesis



**EDWARD SUHENDRA
3000212410019**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2013**

TESIS

**POTENSI KEBERADAAN KLOOROANILIN SEBAGAI ZAT PENCEMAR
AKIBAT AIR LIMBAH INDUSTRI TEKSTIL DI SUNGAI CITARUM
HULU**

Disusun oleh

**EDWARD SUHENDRA
30000212410019**

**Mengetahui,
Komisi Pembimbing**

Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA

Dr. Ir. Edwan Kardena

**Ketua Program Studi
Magister Ilmu Lingkungan**

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA

LEMBAR PENGESAHAN

TESIS

**POTENSI KEBERADAAN KLOOROANILIN SEBAGAI ZAT PENCEMAR
AKIBAT AIR LIMBAH INDUSTRI TEKSTIL
DI SUNGAI CITARUM HULU**

Disusun oleh

**EDWARD SUHENDRA
30000212410019**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 23 Desember 2013
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Ketua

Tanda Tangan

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA

.....

Anggota

1. Dr. Ir. Edwan Kardena

.....

2. Dr. Siswo Sumardiono, ST, MT

.....

3. Dr. Bambang Cahyono, MS

.....

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang berjudul :

POTENSI KEBERADAAN KLUOROANILIN SEBAGAI ZAT PENCEMAR AKIBAT AIR LIMBAH INDUSTRI TEKSTIL DI SUNGAI CITARUM HULU

Adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah dipublikasikan. Semua sumber data dan informasi yang digunakan dinyatakan secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah serta dapat diperiksa kebenarannya.

Semarang, Desember 2013

Edward Suhendra
30000212410019

BIODATA PENULIS



Edward Suhendra lahir di Bandung pada tanggal 25 November 1974, merupakan anak kedua dari dua bersaudara, putra dari Alm. Robert Sulaiman dan Sri Usmiyati (Susan). Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Santo Yusuf II, Bandung pada tahun 1987 dilanjutkan dengan pendidikan menengah pertama di SMP St. Aloysius I Bandung diselesaikan pada tahun 1990 dan pendidikan menengah atas di SMA St. Aloysius I, Bandung diselesaikan pada tahun 1993. Pendidikan sarjana ditempuh pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung dan lulus tahun 1999. Selanjutnya, pada tahun 2012, memperoleh kesempatan untuk melanjutkan pendidikan pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang melalui dukungan beasiswa dari Pusat Pembinaan Pendidikan dan Pelatihan Perencanaan-Badan Pembangunan Nasional (Pusbindiklatren-Bappenas). Setelah lulus pendidikan sarjana, penulis sempat menjadi pengajar les privat SMU untuk pelajaran Matematika, Fisika, Kimia, dan Bahasa Inggris, lalu kemudian bekerja sebagai konsultan teknik lingkungan, dan selanjutnya menjadi Pegawai Negeri Sipil (PNS) yang bekerja sebagai staf pada Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Kabupaten Bandung terhitung mulai tahun 2009 hingga sekarang.

Semarang, Desember 2013

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis yang berjudul “**Potensi Keberadaan Kloroanilin sebagai Zat Pencemar Akibat Air Limbah Industri Tekstil di Sungai Citarum Hulu**”, yang disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Semarang.

Pencemaran sungai Citarum Hulu akibat air limbah tekstil memerlukan perhatian yang serius tidak hanya dari pemerintah saja, namun juga masyarakat terutama yang tinggal di wilayah sungai. Salah satu zat pencemar yang berpotensi terbentuk dari air limbah tekstil adalah kloroanilin, termasuk kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Strategi yang tepat diperlukan untuk dapat mengatasi potensi keberadaan kloroanilin akibat air limbah tekstil di sungai Citarum Hulu.

Dalam penelitian dan penulisan tesis ini, penulis mendapatkan berbagai masukan, arahan, petunjuk dan bimbingan serta saran dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA selaku Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro dan dosen pembimbing utama serta Dr. Ir. Edwan Kardena selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, masukan, saran dan bimbingan sejak penyusunan proposal penelitian, pelaksanaan penelitian hingga penyusunan tesis ini;
2. Dr. Hartuti Purnaweni, MPA selaku Sekretaris Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, atas ilmu dan kesabarannya membimbing kami;
3. Bapak Dr. Siswo Sumardiono, ST, MT dan Dr. Bambang Cahyono, MS selaku dosen penguji atas kritik, koreksi, saran dan masukan dalam penyempurnaan tesis ini;

4. Segenap Staf Pengajar dan Pengelola Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro;
5. Kepala Pusat Pembinaan Pendidikan dan Pelatihan Perencanaan-Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Pusbindikltren-Bappenas) atas beasiswa dan kesempatan belajar yang diberikan;
6. Rekan-rekan di Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Kabupaten Bandung atas segala dukungan dan informasinya;
7. Masyarakat, industri tekstil, dan pemerintah di Kecamatan Majalaya Kabupaten Bandung atas kerelaan berbagi waktu dan informasi;
8. Seluruh Rekan MIL terutama kelas Bappenas angkatan ke-35 atas kebersamaan dan inspirasinya selama masa studi hingga penyusunan tesis ini;
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas bantuan dan dukungannya.

Akhirnya, ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada orang tua yaitu ibu Sri Usmiyati (Susan) dan ibu mertua Ukawati yang senantiasa memberikan doa serta dukungan moril dalam penyelesaian studi ini. Dan orang yang lebih berhak menerima penghargaan atas karya ini adalah istri tercinta, Melia serta putri tersayang Gelsey Azalea Suhendra yang dengan penuh kesabaran dan pengertian selalu memberikan dorongan dan semangat hingga studi ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kelemahan dalam tesis ini. Untuk itu, kritik, saran, dan masukan sangat dibutuhkan untuk penyempurnaan di masa mendatang. Selanjutnya penulis berharap karya tulis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

Semarang, Desember 2013

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSETUJUAN | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN..... | iv |
| BIODATA PENULIS | v |
| KATA PENGANTAR..... | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xii |
| ABSTRAK..... | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| | |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| 1.5 Penelitian Terdahulu..... | 5 |
| 1.6 Kerangka Pikir Penelitian..... | 6 |
| | |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 9 |
| 2.1 Industri Tekstil..... | 9 |
| 2.2 Air Limbah Tekstil | 11 |
| 2.3 <i>Azo dyes</i> (pewarna azo) | 12 |
| 2.4 Biodegradasi <i>Azo Dyes</i> oleh Bakteri secara Anaerobik..... | 13 |
| 2.5 Total Anilin..... | 15 |
| 2.6 Kolorimetri | 16 |
| 2.7 Kloroanilin..... | 17 |
| 2.8 Kualitas Air..... | 18 |
| 2.8.1 pH..... | 19 |
| 2.8.2 DO | 19 |
| 2.8.3 BOD..... | 19 |
| 2.8.4 COD..... | 19 |
| 2.9 Pencemaran Air | 20 |
| 2.10 Kemodinamika Pencemaran | 24 |
| 2.11 Pengendalian Pencemaran Air..... | 26 |
| 2.12 Analisis SWOT..... | 28 |
| 2.13 Kuesioner..... | 28 |
| | |
| III. METODE PENELITIAN..... | 31 |
| 3.1 Tipe Penelitian..... | 31 |
| 3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian | 31 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.3 | Jenis Data..... | 34 |
| 3.4 | Populasi dan Sampel..... | 34 |
| 3.5 | Teknik Pengambilan Sampel..... | 35 |
| 3.5.1 | Air Limbah Tekstil..... | 35 |
| 3.5.2 | Air Sungai..... | 35 |
| 3.5.3 | Sedimen / Endapan Sungai..... | 35 |
| 3.6 | Tahap Preparasi Sampel..... | 36 |
| 3.6.1 | Biodegradasi <i>Azo Dyes</i> oleh Bakteri pada Air Limbah Tekstil secara Anaerobik..... | 36 |
| 3.6.2 | Pemisahan Supernatan dari Endapan Sungai..... | 36 |
| 3.7 | Metode Analisis Data..... | 36 |
| 3.7.1 | Analisis pH..... | 37 |
| 3.7.2 | Analisis DO..... | 37 |
| 3.7.3 | Analisis Total Anilin..... | 37 |
| 3.7.4 | Analisis Kloroanilin..... | 38 |
| 3.7.5 | Potensi Beban Pencemaran Kloroanilin..... | 39 |
| 3.7.6 | Analisis SWOT..... | 39 |
| 3.7.7 | Kuesioner..... | 40 |
| IV. | HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 41 |
| 4.1 | Gambaran Umum Lokasi Penelitian..... | 41 |
| 4.1.1 | Kondisi Geografi dan Topografi..... | 41 |
| 4.1.2 | Kondisi Iklim..... | 42 |
| 4.1.3 | Kondisi Sosial Budaya..... | 47 |
| 4.2 | Gambaran Pencemaran Air Limbah Tekstil terhadap sungai Citarum Hulu..... | 48 |
| 4.3 | Potensi Keberadaan Total Anilin dan Kloroanilin..... | 53 |
| 4.3.1 | Industri Tekstil di Kecamatan Majalaya..... | 53 |
| 4.3.1.1 | Keberadaan Total Anilin..... | 53 |
| 4.3.1.2 | Keberadaan Kloroanilin..... | 59 |
| 4.3.2 | Sungai Citarum Hulu di Kecamatan Majalaya..... | 64 |
| 4.3.2.1 | Keberadaan Total Anilin..... | 65 |
| 4.3.2.2 | Keberadaan Kloroanilin..... | 70 |
| 4.3.3 | Ujung Citarum Hulu..... | 73 |
| 4.3.3.1 | Keberadaan Total Anilin..... | 75 |
| 4.3.3.2 | Keberadaan Kloroanilin..... | 77 |
| 4.4 | Strategi Pengendalian Keberadaan Kloroanilin sebagai Zat Pecemar akibat Air Limbah Tekstil di Citarum Hulu..... | 78 |
| V. | KESIMPULAN DAN SARAN..... | 86 |
| | DAFTAR PUSTAKA..... | 90 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Deskripsi Penelitian Terdahulu..... | 5 |
| Tabel 2. Sumber Pencemar <i>Non-Point Source</i> dan <i>Point Source</i> | 22 |
| Tabel 3. Temperatur Udara (BMKG wilayah II Bandung)..... | 43 |
| Tabel 4. Kelembaban Udara (%) (BMKG wilayah II Bandung) | 43 |
| Tabel 5. Curah Hujan (mm) dan Hari Hujan (BMKG wilayah II Bdg)..... | 44 |
| Tabel 6. Lama Penyinaran Matahari (BMKG wilayah II Bdg) | 45 |
| Tabel 7. Arah dan Kecepatan Angin (BMKG wilayah II Bdg) | 46 |
| Tabel 8. Penduduk Kec. Majalaya Menurut Mata Pencarian..... | 47 |
| Tabel 9. Penduduk Kec. Majalaya Menurut Tingkat Pendidikan | 48 |
| Tabel 10. Pemantauan di Awal Citarum Hulu (Stasiun Wangisagara)..... | 49 |
| Tabel 11. Pemantauan di Ujung Citarum Hulu (Stasiun Nanjung)..... | 50 |
| Tabel 12. Status Mutu Air Sungai di Kec. Majalaya | 52 |
| Tabel 13. Hasil Analisis Total Anilin dari Sampel Air Limbah Tekstil | 57 |
| Tabel 14. Konsentrasi 2-CA, 3-CA, dan 4-CA pada Air Limbah Tekstil | 61 |
| Tabel 15. Potensi Beban Pencemaran Kloroanilin akibat Air Limbah Tekstil..... | 63 |
| Tabel 16. Hasil Analisis Kloroanilin pada Sampel Air Sungai Kec. Majalaya | 70 |
| Tabel 17. Baku Mutu Air Pemukaan untuk Parameter Senyawa Kloroanilin | 71 |
| Tabel 18. Hasil Analisis Kloroanilin di Hulu dan Hilir S. Elbe..... | 72 |
| Tabel 19. Hasil Analisis Supernatan Endapan Sungai | 77 |
| Tabel 20. Analisis IFAS | 81 |
| Tabel 21. Analisis EFAS..... | 82 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1. Kerangka Pemikiran Penelitian..... | 7 |
| Gambar 2. Beberapa Senyawa <i>Azo Dyes</i> | 13 |
| Gambar 3. Dekolorisasi <i>Azo Dyes</i> secara Anaerobik oleh Bakteri | 14 |
| Gambar 4. Reaksi Reduksi <i>Azo Dyes</i> menjadi Berbagai Senyawa Anilin... 15 | |
| Gambar 5. Struktur Berbagai Senyawa Anilin..... | 16 |
| Gambar 6. Struktur 2-CA, 3-CA, dan 4-CA | 18 |
| Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian | 33 |
| Gambar 8. Perlakuan Terhadap Sampel Influen Air Limbah Tekstil | 36 |
| Gambar 9. Peta Sampling Industri Tekstil dan Sungai di Majalaya | 55 |
| Gambar 10. Warna sampel air limbah tekstil | 56 |
| Gambar 11. Hasil Kromatogram Larutan Standar 2-CA,3-CA, dan 4-CA.. 59 | |
| Gambar 12. Hasil Kromatogram Kloroanilin pada Sampel..... | 60 |
| Gambar 13. Hasil Analisis Total Anilin di S. Citarum Hulu (Majalaya)..... | 65 |
| Gambar 14. Hasil Analisis DO di S. Citarum Hulu (Majalaya) | 67 |
| Gambar 15. Hasil Analisis pH di S. Citarum Hulu (Majalaya) | 69 |
| Gambar 16. Peta Sampling di Ujung S. Citarum Hulu | 74 |
| Gambar 17. Hasil Analisis Total Anilin di Ujung S. Citarum Hulu | 75 |
| Gambar 18. Hasil Analisis pH dan DO di Ujung S. Citarum Hulu | 76 |
| Gambar 19. Kuadran Analisis SWOT | 83 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|-----|
| a. Sampling influen air limbah tekstil | 99 |
| b. Lokasi sampling air sungai Cikacembang di Kec. Majalaya | 99 |
| c. Lokasi sampling di ujung Citarum Hulu | 100 |
| d. Sampling sedimen sungai dengan EBGs | 100 |
| e. Alat <i>Point Sampler Vertical</i> | 101 |
| f. pH Meter..... | 101 |
| g. Spektrofotometer..... | 102 |
| h. Larutan standar anilin untuk kalibrasi | 102 |
| i. Kurva kalibrasi total anilin..... | 103 |
| j. Alat KCKT..... | 104 |
| k. Standar 2-CA,3-CA, dan 4-CA untuk KCKT | 104 |
| l. Kurva kalibrasi 2-CA | 105 |
| m. Kurva kalibrasi 4-CA | 105 |
| Koordinat Titik Sampling Industri Tekstil..... | 106 |
| Koordinat Titik Sampling Sungai Citarum Hulu di Kec. Majalaya..... | 107 |
| Koordinat Titik Sampling Ujung S. Citarum Hulu di Kab. Bdg Barat..... | 107 |
| Rekapitulasi Daftar Pertanyaan Untuk Kuesioner | 108 |

ABSTRAK

Industri tekstil merupakan salah satu industri andalan provinsi Jawa Barat. Majalaya adalah salah satu sentra industri tekstil di provinsi Jawa Barat. Sentra industri tekstil Majalaya mulai terbentuk sejak tahun 1910-an, dan di Kecamatan Majalaya mayoritas industri tekstil yang menghasilkan air limbah berlokasi. Air limbah yang dihasilkan dibuang ke sungai Citarum Hulu. Sungai Citarum Hulu adalah sungai Citarum yang melewati DAS Citarum bagian hulu. Proses pencelupan dan pencapan dalam industri tekstil menghasilkan air limbah yang mengandung sisa pewarna tekstil. Pewarna tekstil yang paling banyak digunakan adalah pewarna azo / *azo dyes*. Biodegradasi *azo dyes* oleh bakteri pada kondisi anaerobik menghasilkan berbagai senyawa anilin sebagai produk metabolit, diantaranya adalah kloroanilin yang bersifat persisten, karsinogenik, dan mutagenik. Berbagai senyawa anilin disebut sebagai total anilin, dianalisis dengan metode kolorimetri menggunakan spektrofotometer visual. Sedangkan kloroanilin dianalisis dengan menggunakan metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT).

Hasil analisis total anilin pada sampel air limbah tekstil di Kecamatan Majalaya setelah mengalami biodegradasi anaerobik oleh bakteri menunjukkan keberadaan total anilin tertinggi sebesar 14,46 mg/l, dan total anilin tertinggi sampel air pada sungai Citarum Hulu di Kecamatan Majalaya sebesar 3,58 mg/l. Di ujung Sungai Citarum Hulu, terdapat total anilin tertinggi sebesar 1,825 mg/l pada endapan/sedimen sungai. Sedangkan hasil analisis kloroanilin menunjukkan pada sampel air limbah tekstil di Kecamatan Majalaya setelah mengalami biodegradasi anaerobik oleh bakteri menunjukkan keberadaan 2-kloroanilin (2-CA) tertinggi sebesar 25,97 µg/l dan 4-CA tertinggi sebesar 153,00 µg/l, dan pada sampel air sungai Citarum Hulu di Kecamatan Majalaya didapatkan 2-CA tertinggi sebesar 6,87 µg/l dan 4-CA tertinggi sebesar 9,06 µg/l. Di ujung sungai Citarum Hulu, didapatkan 4-CA pada sedimen sungai sebesar 5,05 µg/l. Keberadaan total anilin dan kloroanilin baik pada air limbah tekstil dan air sungai Citarum Hulu di Kecamatan Majalaya maupun pada sedimen sungai di ujung sungai Citarum Hulu merupakan indikasi terjadinya biodegradasi *azo dyes* dari air limbah tekstil secara anaerobik.

Kata Kunci : *Sungai Citarum Hulu, air limbah industri tekstil, total anilin, kloroanilin*

ABSTRACT

The textile industry is one of the main industries in West Java province. Majalaya is one of the textile industrial centre in West Java province. Majalaya textile industrial centre had been operated since 1910. Most textile companies from Majalaya textile industrial centre, which generated wastewater, located in Majalaya subdistrict. The textile wastewater discharged into Citarum Hulu river. Citarum Hulu river is the Citarum river that passes DAS Citarum Hulu. Dyeing and printing processes in the textile industry produce wastewater containing residual dyes. The most widely used textile dyes are azo dyes. Metabolit products which produced from azo dyes biodegradation by bacteria in anaerobic condition are various aniline compounds, include chloroanilines. Chloroanilines are persistent, carcinogenic, and mutagenic. Various anilines, mentioned as total aniline, analyzed with a colorimetric method using visual spektrofotometer. While chloroanilines analyzed with High Performance Liquid Chromatography.

The results of the total anilines analysis in textile wastewater samples at Majalaya subdistrict after anaerobic biodegradation by bacteria showed the presence of total anilines 14.46 mg/l highest, while total anilines in Citarum Hulu river water samples at Majalaya subdistrict is 3.58 mg/l highest. At the end of the Citarum Hulu River, there is highest total anilines 1,825 mg/l in river sediment. The results of the chloroanilines analysis in the textile wastewater samples at Majalaya subdistrict after anaerobic biodegradation by bacteria showed the presence of 2 – chloroaniline (2-CA) 25.97 µg/l highest and 4-CA 153,00 ug/l highest, while in the Citarum Hulu river water samples at Majalaya subdistrict, there are 2-CA 6.87 µg/l highest and 4-CA 9.06 ug/l highest. And at the end of the Citarum Hulu River, there was 4-CA 5.05 µg/l in river sediment. The occurrence of total anilines and chloroanilines in the textile wastewater and river water in Citarum Hulu river at Majalaya, and in the river sediment at the end of Citarum Hulu river, indicated the anaerobic biodegradation of azo dyes from textile wastewater by bacteria.

Keywords : *Citarum Hulu river, textile wastewater, total anilines, chloroanilines*