**Penentuan Nilai pH Optimum Dengan Variasi pH (4, 5 dan 6) Dalam Proses Penyisihan Zat Warna *Colour Index Reactive Blue 5* (CIRB 5) oleh Jamur Hidup Hasil Isolasi Dari Limbah Industri Tekstil**

**Fadjari Lucia Nugroho\*), Setiati\*), Krisnamurti Brahmanto \*\*)**

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik – Universitas Pasundan

**Abstrak**: Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tekstil umumnya berwarna. Zat warna biru seperti CIRB 5 *(Colour Index Reactive Blue 5)* merupakan salah satu zat warna reaktif yang sering digunakan oleh industri tekstil. Limbah yang berwarna tersebut apabila tidak diolah dengan baik dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan ekosistem dan merusak segi estetika. Oleh karena itu perlu dikembangkan sistem pengolahan yang efektif dan efisien dalam menyisihkan zat warna yang terkandung dalam limbah industri tekstil, yaitu sistem pengolahan secara biologis. Biosorpsi dengan menggunakan jamur hidup sebagai adsorban merupakan salah satu teknik yang dapat diterapkan untuk menyisihkan zat warna yang terkandung dalam limbah industri tekstil. Keuntungan dari teknik ini adalah sorpsi dapat berlansung secara kontinu karena jamur mampu melakukan regenerasi sendiri melalui pertumbuhan sel-sel yang baru. Penelitian ini bertujuan mempelajari kemampuan jamur tercampur hidup yang diisolasi dari limbah industri tekstil untuk menyisihkan CIRB5. pH merupakan faktor yang sangat penting untuk pertumbuhan jamur, dengan suatu nilai pH yang optimum maka proses biosorpsi akan berlangsung lebih efektif. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pH 4 merupakan pH optimum bagi biakan jamur tercampur yang digunakan pada penelitian ini, efisiensi penyisihan yang diperoleh untuk konsentrasi 60 mg/l sebesar 75,96 %, untuk konsentrasi 80 mg/l sebesar 68,06 % serta untuk konsentrasi 100 mg/l sebesar 65,88 %. Nilai konstanta laju penyisihan (k) yang diperoleh menunjukkan bahwa pada pH 4 nilai k yang diperoleh lebih besar, sehingga proses penyisihan warna berlangsung paling cepat pada pH 4.

**Kata kunci:** biosorpsi, efisiensi penyisihan, jamur hidup, konstanta laju penyisihan, pH, zat warna reaktif

1. **PENDAHULUAN**[[1]](#footnote-1)

Industri tekstil merupakah salah satu industri yang menimbulkan limbah cair dari hasil kegiatannya yang biasanya memiliki kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan warna yang cukup tinggi. Limbah cair tersebut harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air penerima karena apabila langsung dibuang tanpa proses pengolahan terlebih dahulu, dapat menyebabkan pencemaran dan degradasi kualitas lingkungan. Salah satu kasus yang terjadi adalah pencemaran terhadap sungai Citarum oleh limbah industri tekstil yang berada di sepanjang daerah aliran sungai kawasan Kabupaten Bandung. Industri-industri tersebut membuang limbahnya langsung ke sungai tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu yang menyebabkan air sungai yang seharusnya terlihat bening menjadi berwarna dengan bau busuk yang menyengat (Harian Umum Pikiran Rakyat, Selasa 10 Agustus 2004).

Sebagian besar industri tekstil menggunakan zat warna sintetik untuk pewarnaannya. Zat warna biru seperti CIRB 5 (*Colour Index Reactive Blue 5*) merupakan salah satu zat warna reaktif yang sering digunakan. Zat warna reaktif memberikan kilap warna yang baik dan tahan terhadap pencucian sehingga tidak mudah luntur (Isminingsih, 1976) [1]. Sekitar 60% zat warna reaktif yang digunakan akan tersisa dalam buangan tekstil yang secara otomatis akan mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia seperti gangguan pencernaan, keracunan serta dapat terakumulasi pada tubuh yang dapat menyebabkan penyakit kanker apabila buangan tersebut tidak diolah dengan baik. Kehadiran zat warna juga menghambat proses fotosintesa dalam badan air karena sinar matahari tidak dapat menembus dengan baik, sehingga kadar Oksigen Terlarut dalam air berkurang dan menyebabkan lingkungan badan air menjadi anaerobik dan berbau busuk.

Pada umumnya, limbah industri tekstil diolah dengan menggunakan proses fisik-kimia sebelum dibuang ke badan air penerima. Pengolahan secara fisik-kimia yang sering digunakan adalah sistem koagulasi flokulasi dengan menggunakan berbagai macam jenis koagulan. Tetapi sistem pengolahan ini memiliki berbagai kelemahan diantaranya penggunaan bahan-bahan kimia yang harganya relatif mahal juga menimbulkan masalah baru yaitu lumpur yang dihasilkan dari sisa proses yang dilakukan. Dengan adanya lumpur ini otomatis menambah biaya untuk membuat instalasi khusus pengolahan lumpur.

Oleh karena itu perlu dikembangkan sistem pengolahan yang lebih efektif dan efisien dalam menyisihkan warna dan polutan organik yang terkandung dalam limbah industri tekstil, yaitu sistem pengolahan secara biologis. Dengan sistem pengolahan ini tidak perlu mempergunakan zat-zat kimia yang harganya relatif mahal tetapi hanya memanfaatkan aktivitas dari mikroorganisme yang digunakan serta efisiensi penyisihannya sangat baik, sehingga lebih efektif dan efisien. Salah satu pengolahan biologis yang dapat dikembangkan adalah dengan cara proses biosorpsi. Biosorpsi adalah proses serapan (sorpsi) yang dilakukan oleh mikroorganisme secara pasif terhadap suatu senyawa polutan (zat warna). Biosorpsi dengan menggunakan jamur hidup merupakan salah satu teknik yang dapat diterapkan untuk menyisihkan zat warna yang terkandung dalam limbah industri tekstil. Keuntungan dari teknik biosorpsi ini adalah dapat menggunakan dua atau lebih mikroorganisme secara bersamaan. Pada proses biosorpsi ini setiap sel mikroorganisme yang digunakan dapat jenuh, namun sel-sel tersebut memiliki kemampuan mengenerasikannya sendiri berdasarkan kemampuan pertumbuhannya (Suhendrayatna, 2001) [2].

Mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini adalah jamur hidup. Jamur adalah suatu organisme yang sangat sederhana, berinti, berspora, tidak berklorofil, berupa sel atau benang bercabang dengan dinding dari selulosa atau khitin atau dari keduanya, hidup secara heterotrof dan umumnya berkembang biak secara seksual dan aseksual. Morfologi jamur terdiri dari thallus yang merupakan filamen atau benang hifa dan miselium berupa jalinan hifa serta spora yang membentuk suatu koloni (Pelczal, 1993) [3].

Berdasarkan kutipan diatas maka dilakukan suatu penelitian Studi Kinetika Penyisihan Zat Warna CIRB 5 (Color Index Reactive Blue 5) oleh Jamur Hidup Hasil Isolasi dari Limbah industri tekstil.

1. **METODOLOGI**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

* Jarum Ose yaitu alat untuk mengambil biakan jamur pada media cair untuk dipindahkan pada media agar miring sebagai stock.
* Mikroskop MEIJI yaitu alat untuk melihat dan mengamati jenis jamur yang telah tumbuh.
* Kaca Preparat (Preparat glass) yaitu alat untuk menyimpan biakan jamur yang akan dilihat dan diamati dengan menggunakan mikroskop.
* Inkubator WTB BINDER yaitu alat untuk menginkubasi jamur.
* Pembakar Bunsen yaitu alat untuk memanaskan (mensterilkan) jarum Ose sebelum mengambil biakan jamur.
* Erlenmeyer yaitu tempat percobaan utama dilakukan yang berlangsung secara batch.
* Shaker KOTTERMANN 4020 yaitu alat yang digunakan agar media dan mikroorganisme yang ada dalam erlenmeyer tercampur dengan baik.
* Spektrofotometer MILTON ROY SPECTRONIC 20D yaitu untuk pengukuran absorban dari warna yang sedang diteliti.
* Oven 105 oC INTERNATIONAL dan 600 oC NEY M-525 SERIES II untuk pengukuran VSS.
* Timbangan analitis DENVER INSTRUMENT COMPANY A-250 yaitu untuk menimbang zat-zat yang diperlukan dalam pembuatan pereaksi.
* Timbangan teknis HANSON yaitu untuk menimbang berat kentang yang akan digunakan dalam percobaan ini.
* Sentrifuge SHANGHAI SURGICAL INSTRUMENT FACTORY yaitu alat untuk memisahkan antara cairan dengan padatan biomassa.
* PH meter LUTRON YK-2001 pH yaitu alat untuk mengukur pH.
* Termometer yaitu alat yang digunakan untuk mengukur temperatur.

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

* Kentang.
* Zat warna CIRB 5.
* Dextrose.
* NaCl.
* Aquadest.
* H2SO4 1M.
* NaOH 1M.

Mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini adalah kelompok jamur (*fungi*) dalam kultur tercampur (*Mixed Culture*) yang berasal dari Sludge Collector Instalasi Pengolahan Air Limbah Tekstil P.T Grantex yang terletak di Jalan Raya Ujung Berung Bandung. Kultur tercampur tersebut terdiri dari jamur jenis *Aspergillus sp*, *Penicillium sp* dan *Saccharomyces sp* yang telah teridentifikasi pada penelitian sebelumnya.

Alasan menggunakan mikroorganisme tersebut karena mikroorganisme ini sudah terbiasa dengan limbah yang mengandung zat warna tekstil.

1. *Aspergillus sp*.

Ciri ciri *Aspergillus sp* adalah (Basri, 2002) [4]:

* Mempunyai septae, myceliumnya bercabang dan biasanya tidak berwarna.
* Koloninya biasanya membentuk zona-zona.
* Konidiophorenya terdiri dari sel kaki (sel mycelia khusus yang akan menjadi besar dan berdinding tebal).
* Sterigmata dan untaian konidia ini tidak bercabang.
* Termasuk kelas Deuteromycetes.
* Umumnya berkembang biak secara aseksual dengan spora atau konidia.
* Selnya bersepta (hyfa bersepta).

Jamur *Aspergillus* dapat menghasilkan enzim cellulase yang dapat menguraikan selulosa, sehingga jamur juga berperan dalam mendegradasi air buangan.

2. *Penicillium sp*.

Ciri-ciri *Penicillium sp* adalah [4]:

* Mempunyai septae, mycelium bercabang dan tidak berwarna.
* Hifa dimana tempat spora melekat bentuknya khas menyerupai sapu dan disebut “Penicillus”.
* Berkembang biak secara aseksual dengan konidia.
* Konidianya melekat pada sterigmata yang berbentuk seperti botol, sedangkan sterigmata melekat pada ujung metulae dan membentuk rangkaian seperti sapu.
* Termasuk kelas Deuteromycetes.

3. *Saccharomyces sp*.

Ciri-ciri *Saccharomyces sp* adalah [4]:

* Pada umumnya bersel tunggal.
* Termasuk kelas Ascomycetes.
* Selnya berbentuk bulat, bulat telur atau memanjang dengan ukuran 6 µm [3].
* Berkembang biak secara aseksual dengan cara budding.

Zat warna yang dipergunakan pada penelitian ini adalah zat warna *Colour Index* *Reactive Blue 5* (CIRB 5) yang memiliki kromofor dari golongan antrakinon. Zat warna tersebut diperoleh dalam bentuk bubuk, kemudian dibuat limbah tekstil buatan (limbah artifisial).

Pembenihan (*seeding*) dilakukan untuk memperoleh biomassa jamur yang cukup untuk melakukan proses biosorpsi zat warna CIRB 5 dengan variasi konsentrasi tertentu. Setelah pembenihan selesai dilanjutkan dengan proses aklimatisasi dengan tujuan memberikan kesempatan pada jamur untuk menyesuaikan diri dengan limbah tekstil yang akan diolah. Konsentrasi warna biru yang diberikan adalah 10-100 mg/l dengan pertimbangan bahwa pemberian konsentrasi zat warna secara bertahap dapat mempercepat proses adaptasi jamur. Aklimatisasi dimulai dengan konsentrasi 10 mg/l yang kemudian dilanjutkan dengan konsentrasi 20 mg/l hingga 100 mg/l.

Sebelum melakukan pemeriksaan konsentrasi warna yang akan digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi maka terlebih dahulu harus ditentukan panjang gelombang dari zat warna CIRB 5 itu sendiri. Pencarian panjang gelombang maksimum untuk zat warna CIRB 5 dilakukan dengan cara diukur dengan menggunakan UV Vis Scan Spektrofotometri (Nugroho, 2002) [5]. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa panjang gelombang maksimum warna CIRB 5 yang didapat yaitu 608 nm, tetapi karena kemampuan alat spektrofotometer yang digunakan pada penelitian ini tidak bisa melebihi panjang gelombang 600 nm maka untuk mengukur konsentrasi warna CIRB 5 digunakan panjang gelombang 600 nm.

Penelitian utama dilakukan setelah persiapan yang berupa pembenihan jamur dan aklimatisasi pada zat warna hingga mencapai konsentrasi 100 mg/l. Adapun penelitian utama yang akan dilakukan adalah penentuan nilai pH optimum dengan variasi pH (4, 5 dan 6) dalam proses penyisihan zat warna CIRB 5 oleh jamur hidup.

Analisis terhadap data hasil penelitian adalah:

* Menghitung efisiensi penyisihan warna (dalam %).
* Melihat hubungan antara penyisihan zat warna CIRB 5 dengan VSS dan pH (dengan grafik).

Memplotkan pada grafik ln (C/Co) terhadap fungsi waktu t dimana C adalah konsentrasi zat warna CIRB 5 yang tertinggal pada waktu t dan Co adalah konsentrasi awal zat warna CIRB 5. Hasil plot akan memperoleh k (yang merupakan konstanta laju penyisihan), dimana k tergantung pada faktor abiotis dan faktor biotis. Kemudian menghitung k untuk masing-masing percobaan.

1. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kurva pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa untuk konsentrasi 60 mg/l, % penyisihan yang diperoleh pada pH 4 lebih baik daripada pH 5 dan pH 6.

**Gambar 1**

**Kurva % Penyisihan Zat Warna CIRB 5 Konsentrasi 60 mg/l terhadap waktu**

Pada lingkungan pH 4 efisiensi penyisihan yang diperoleh pada jam ke 72 adalah sebesar 75,96%.

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa untuk konsentrasi 80 mg/l, % penyisihan yang diperoleh pada pH 4 lebih baik daripada pH 5 dan pH 6. Untuk pH 5 walaupun jamur masih dapat melakukan penyisihan terhadap zat warna CIRB 5 tetapi % penyisihan yang dihasilkan kurang optimal. Sedangkan untuk pH 6 jamur sama sekali tidak dapat melakukan penyisihan terhadap zat warna CIRB 5, yang dibuktikan dengan % penyisihan yang dihasilkan sebesar 0.00 %. Penyisihan pada pH 4 untuk konsentrasi 80 mg/l ini mencapai sebesar 68,06 % pada jam ke-72.

**Gambar 2**

**Kurva % Penyisihan Zat Warna CIRB 5 Konsentrasi 80 mg/l terhadap waktu**

**Gambar 3**

**Kurva % Penyisihan Zat Warna CIRB 5 Konsentrasi 100 mg/l terhadap waktu**

Sama halnya dengan konsentrasi 60 mg/l dan 80 mg/l, Gambar 3 memperlihatkan bahwa untuk konsentrasi 100 mg/l, % penyisihan yang diperoleh pada pH 4 lebih baik daripada pH 5 dan pH 6. Untuk pH 5 walaupun jamur masih dapat melakukan penyisihan terhadap zat warna CIRB 5 tetapi % penyisihan yang dihasilkan kurang optimal. Penyisihan pada jam ke-72 untuk konsentrasi 100 mg/l ini adalah sebesar 65,88 %.

Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses biosorpsi zat warna CIRB 5 oleh jamur hidup akan berlangsung optimal pada lingkungan pH 4. Nilai % penyisihan yang diperoleh pada pH 4 lebih besar dari pH 5 sedangkan pada pH 6 sama sekali tidak terjadi penyisihan yang dibuktikan dengan nilai % penyisihan yang diperoleh yaitu 0,00 %. Mengingat bahwa kebanyakan jamur tumbuh dengan baik pada rentang pH 3,8 – 5,6, tampaknya bahwa pH 4 adalah pH optimal untuk pertumbuhan biakan jamur tercampur ini. Maka mengacu pada hasil tersebut, untuk penelitian selanjutnya, yaitu penentuan nilai konstanta laju penyisihan (k) digunakan pH 4 dengan harapan memperoleh nilai % penyisihan yang optimum.

Perhitungan konstanta laju penyisihan (k) dilakukan dengan cara memplotkan pada grafik ln (C/Co) terhadap fungsi waktu t dimana C adalah konsentrasi zat warna CIRB 5 yang tertinggal pada waktu t dan Co adalah konsentrasi awal zat warna CIRB 5. Hasil plot akan memperoleh konstanta laju penyisihan (k). Berdasarkan cara perhitungan konstanta laju penyisihan yang dilakukan oleh Sumathi & Manju (Sumathi, 2000) [6], dimana perhitungan konstanta laju penyisihan hanya dilakukan terhadap data konsentrasi zat warna yang linear. Pada penelitian ini perhitungan dilakukan pada jam ke 0 hingga jam ke 30.

Tabel 1, 2 dan 3 memperlihatkan hasil perhitungan untuk menentukan nilai laju penyisihan pada konsentrasi 60, 80, da100 mg/l.

**Tabel 1**

**Perhitungan Konstanta Laju Penyisihan (k) untuk Konsentrasi 60 mg/l pH 4**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Jam ke** | **C (mg/l)** | **Co (mg/l)** | **C/Co** | **Ln C/Co** |
| 0 | 60 | 60 | 1,00 | 0,00 |
| 6 | 51,16 | 60 | 0,85 | -0,16 |
| 12 | 45,19 | 60 | 0,75 | -0,28 |
| 18 | 35,99 | 60 | 0,60 | -0,51 |
| 24 | 22,90 | 60 | 0,38 | -0,96 |
| 30 | 35,82 | 60 | 0,60 | -0,51 |

**Tabel 2**

**Perhitungan Konstanta Laju Penyisihan (k) untuk Konsentrasi 80 mg/l pH 4**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Jam ke** | **C (mg/l)** | **Co (mg/l)** | **C/Co** | **Ln C/Co** |
| 0 | 80 | 80 | 1,00 | 0,00 |
| 6 | 63,94 | 80 | 0,80 | -0,22 |
| 12 | 66,45 | 80 | 0,83 | -0,18 |
| 18 | 66,89 | 80 | 0,84 | -0,17 |
| 24 | 54,36 | 80 | 0,68 | -0,38 |
| 30 | 28,17 | 80 | 0,35 | -1,04 |

**Tabel 3**

**Perhitungan Konstanta Laju Penyisihan (k) untuk Konsentrasi 100 mg/l pH 4**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Jam ke** | **C (mg/l)** | **Co (mg/l)** | **C/Co** | **Ln C/Co** |
| 0 | 100 | 100 | 1,00 | 0,00 |
| 6 | 80,17 | 100 | 0,80 | -0,22 |
| 12 | 71,02 | 100 | 0,71 | -0,34 |
| 18 | 62,53 | 100 | 0,63 | -0,46 |
| 24 | 25,95 | 100 | 0,26 | -1,34 |
| 30 | 50,89 | 100 | 0,51 | -0,67 |

Hasil perhitungan Tabel 1, 2, dan 3 diplot ke dalam grafik dan diregresikan secara linier untuk memperloleh nilai laju penyisihan dari gradien kemiringan garis regresi. Gambar 4 menunjukkan hasil plot data tersebut.

**Gambar 4**

**Kurva Kinetika Penyisihan Zat Warna CIRB 5 pH 4 Terhadap Waktu**

Gambar 4 memperlihatkan bahwa pada pH 4 diperoleh nilai k untuk konsentrasi 60 mg/l sebesar -0,0262 (R=0,8179), untuk konsentrasi 80 mg/l sebesar -0,0237 (R=0,8151) dan untuk konsentrasi 100 mg/l sebesar –0,0333 (R=0,7816). Dari nilai R yang diperoleh maka terlihat bahwa penyisihan zat warna CIRB 5 oleh jamur hidup pada pH 4 berlangsung relatif linear dari jam ke 0 sampai jam ke 30.

1. **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah disampaikan pada bab sebelumnya maka dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut :

* Proses biosorpsi zat warna CIRB 5 oleh jamur hidup akan berlangsung optimal pada lingkungan pH 4. Nilai % penyisihan yang diperoleh pada pH 4 lebih besar dari pH 5 sedangkan pada pH 6 sama sekali tidak terjadi penyisihan yang dibuktikan dengan nilai % penyisihan yang diperoleh yaitu 0,00 %.
* Pada lingkungan pH 4 efisiensi penyisihan yang diperoleh pada jam ke 72 untuk konsentrasi 60 mg/l sebesar 75,96 %, untuk konsentrasi 80 mg/l sebesar 68,06 % dan untuk konsentrasi 100 mg/l sebesar 65,88 %. Efisiensi penyisihan warna menurun dengan naiknya konsentrasi warna, tampaknya karena konsentrasi warna yang lebih tinggi menghambat aktivitas metabolis jamur hidup.
* Pada pH optimum, yaitu 4, konstanta laju penyisihan (k) yang diperoleh untuk konsentrasi 60 mg/l sebesar -0,0262 dengan nilai R=0,8179, untuk konsentrasi 80 mg/l sebesar -0,0237 dengan nilai R=0,8151 dan untuk konsentrasi 100 mg/l sebesar -0,0333 dengan nilai R=0,7816.
1. **DAFTAR RUJUKAN**

[1] Isminingsih dan Djufri, R, “Pengantar Kimia Zat Warna”, Institut Teknologi Tekstil, Bandung, 1976

[2] Suhendrayatna, “Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan”,Institute for Science and Technology Studies (ISTECS) – Chapter Japan Department of Applied Chemistry and Chemical Engineering Faculty of Engineering, Kagoshima University 1-21-40 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan, 2001.

[3] Pelczar, Michael Jr.,J.R, “Microbiology”, Mc Grawhill Book Company, New York, 1993.

[4] Basri M.S Dan Rossiana M.S, “Mikologi”, Universitas Pajajaran, Bandung, 2002

[5] Nugroho, F. Lucia., Anni. Rochaeni, Handayani., Tenny., Yulistiana, Y., Hidayat, Y., “Degradation Of Textile Colouring Agent C.I Reactive Blue 5 (CIRB 5) By Immobilization Cells In A Seqoencing Batch Biofilm Reactor (SBBR)”., Environtmental Technology & Management Seminar., OETI-8, 2002.

[6] Sumathi, S & Manju, B.S., “Uptake of Reactive Textile Dyes by *Aspergillus* *foetidus*”, Enzyme and Microbiol Technology 27, 347-355, 2000.

1. \*) lnugroho@melsa.net.id

\*\*) Alumni Prodi Teknik Lingkungan FT-Unpas [↑](#footnote-ref-1)