

## STUDI KEMAMPUAN KOMBINASI KAYU APU (*PISTIA STRATIOTES*) DAN ZEOLIT TERHADAP PENURUNAN WARNA, COD, TSS LIMBAH PEWARNA REMAZOL RED RB

**Angge Dhevi Warisaura<sup>1</sup>, Paramita Dwi Sukmawati<sup>2</sup>, Irsyad Briantama Reza<sup>3</sup>**

Jurusan Teknik Lingkungan Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta  
Jl. Bimasakti No. 3 Pengok Yogyakarta 55222  
Email: angge@akprind.ac.id

### Abstrak

*Pengolahan air yang tercemar zat warna sintetik paling sederhana dan biaya murah adalah pengolahan secara kimia dengan adsorpsi zeolit. Mengandalkan adsorpsi menggunakan zeolit dalam menurunkan kandungan zat warna sintesis dalam air tidak cukup efektif dikarenakan setiap adsorben memiliki kapasitas penjerapan tertentu. Melihat hal tersebut, adsorpsi dengan zeolit perlu dikombinasikan dengan metode fitoremediasi agar proses penurunan logam berat kromium lebih signifikan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh kombinasi kayu apu (*Pistia Stratiotes*) dan zeolit terhadap pengurangan warna, COD, TSS pada limbah pewarna sintetik Remazol Red B. Penelitian ini menggunakan empat bak percobaan berbahan dasar PVC (polivinil klorida) vol. 7 liter yang telah disiapkan masing-masing diisi air simulasi cemaran sebanyak 6 liter. Masing-masing perlakuan dilakukan dengan sistem batch dengan perlakuan masing-masing bak yaitu : Perlakuan A menggunakan 0 g kayu apu dan 150 g zeolit, Perlakuan B menggunakan 50 g kayu apu dan 100 g zeolit, Perlakuan C menggunakan 100 g g kayu apu dan 50 g zeolit, serta Perlakuan D menggunakan 150 g kayu apu dan 0 g zeolit. Pengambilan sampel air limbah dari outlet dilakukan setiap setiap tiga hari sekali (hari ke-0,3,6,9,12) sebanyak 600 mL sampai hari ke 12, tanpa penambahan larutan zat warna sintesis Remazol Red Rb. Pengukuran kadar pH dilakukan dengan pH meter, kadar COD diukur dengan menggunakan metode analisis Dichromate Oxidation (SNI 6989.2:2009), kadar TSS diukur dengan metode analisis Gravimetri (SNI 06-6989.3-2004), analisis kadar warna menggunakan metode spectrophotometry (APHA Method 8025). Hasil dari penelitian ini menunjukkan penurunan zat warna, kadar COD, dan TSS. Penurunan maksimal didapatkan pada hari ke-6 dengan hasil Warna 1216,7 PtCo, TSS sebesar 4,4 mg/L dan COD sebesar 68,73 mg/L. Pada parameter Warna masih melebihi baku mutu limbah sehingga diperlukan pengolahan lebih khusus. Efisiensi penurunan ketiga parameter tertinggi ada pada KA dan KB daripada KC dan KD.*

**Kata kunci:** *fitoremediasi; kayu apu; adsorpsi; zeolit; Remazol Red RB; RAPI 2019*

### Pendahuluan

Perkembangan industri di Indonesia yang sangat pesat menyebabkan terjadinya tekanan terhadap lingkungan yang berpotensi mengganggu sustainabilitas lingkungan. Beberapa jenis industri di Indonesia, seperti industri tekstil dan batik tradisional, menghasilkan limbah cair warna dengan jumlah besar. Limbah yang secara langsung masuk ke badan air akan menyebabkan pencemaran lingkungan.

Beberapa jenis zat warna sintesis yang sering digunakan adalah naphthol, remazol, indanthrene, procion, direk dan indigosol. Zat warna tersebut dapat ditemukan dengan mudah di pasaran. Pewarna sintesis memiliki karakteristik dapat menghasilkan warna yang cerah dan tidak mudah memudar. Namun di sisi lain, penggunaan pewarna sintesis ini dapat berakibat fatal bagi kesehatan. Apabila terakumulasi dan termakan melalui rantai makanan, dapat menimbulkan banyak gangguan kesehatan. Zat warna yang digunakan merupakan kombinasi antara zat pewarna sintesis dengan zat pembentuk warna yang berfungsi untuk memunculkan serta menguatkan warna 1).

Zat organik tidak jenuh yang digunakan dalam pembentukan zat warna adalah senyawa aromatik, seperti senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya, serta senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen 2). Senyawa organik dari zat warna dengan kadar tinggi menyebabkan air buangan mengandung substansi-substansi beracun. Air buangan ini seharusnya mengalami pengolahan terlebih dahulu agar sesuai baku mutu dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Melihat kondisi air limbah mengandung zat warna sintesis yang toksik seperti di atas, perlu dilakukan penelitian tentang teknologi pengolahan air limbah industri mengandung zat warna sintesis, agar dapat meningkatkan kualitas

air buangan industri. Beberapa teknologi dapat digunakan untuk mengolah limbah warna adalah adsorpsi, koagulasi, elektrolisis, dan lain sebagainya.

Adsorben yang dikenal memiliki nilai jual murah dan mudah didapat adalah zeolit. Mineral alam zeolit merupakan senyawa alumino silikat yang memiliki bentuk kristal sangat teratur dengan rongga saling berhubungan ke segala arah sehingga menyebabkan luas permukaan zeolit sangat besar dan sangat baik digunakan sebagai adsorben.

Mengandalkan adsorpsi menggunakan zeolit dalam menurunkan kandungan zat warna sintesis dalam air tidak cukup efektif dikarenakan setiap adsorben memiliki kapasitas penyerapan tertentu. Melihat hal tersebut, adsorpsi dengan zeolit perlu dikombinasikan dengan metode lain yang bisa melengkapi kelemahan adsorben zeolit dalam upaya menyerap kontaminan dalam air.

Dalam metode pengolahan secara biologis, fitoremediasi merupakan pengolahan menggunakan tanaman untuk removal, transfer, menstabilkan, atau menghancurkan kontaminan dalam tanah, sedimen, dan air (3). Proses fitoremediasi ini biasa dilakukan dalam sebuah sistem pengolahan air limbah bernama Constructed Wetland (CW). Constructed Wetland adalah proses pengolahan air limbah yang diadaptasi dari proses alamiah lahan basah dimana tanaman akuatik mempunyai peranan penting dalam proses purifikasi (4).

Penelitian tentang pengolahan limbah menggunakan kombinasi metode adsorpsi dan fitoremediasi sudah banyak dilakukan, diantaranya :

1. Pengaruh Kombinasi Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Zeolit Terhadap Penurunan Logam Berat Kadmium (Cd) (Siti Nurafifah, Boedi Setya Rahardja, dan Abdul Manan, 2018)
2. Penurunan Kadar Merkuri Pada Air Limbah Tambang Emas Rakyat Dengan Kombinasi Metode Adsorpsi Zeolit Dan Fitoremediasi Tanaman Melati Air Pada Sub Surface Flow - Constructed Wetland (SSF-CW) (Angge Dhevi Warisaura., 2018)
3. Kombinasi Bioremediasi Apu-Apu Dan Material Nano-Zeolit Terhadap Air Limbah Sungai Gelis Kota Kudus (Izzatin Aulia Rahmah dkk, 2018)

Atas dasar pertimbangan di atas, maka penelitian ini mengkaji lebih mendalam kemampuan media zeolit dan salah satu jenis tanaman yang dapat mengolah limbah warna yaitu kayu apu dalam penurunan Warna, COD, TSS Limbah Pewarna Remazol Red Rb. Remazol Red Rb dipilih atas dasar zat pembentuk warna yang biasa digunakan oleh industri dan mudah ditemukan di pasaran.

## Metode

Uraikan secara singkat hal-hal yang berkaitan dengan jenis dan desain penelitian; cara, alat dan bahan, serta instrumen pengumpul data; metoda pengumpulan data atau sampling; serta jenis dan atau metoda analisis yang digunakan dalam penelitian.

1. Tahap Preparasi Larutan Limbah warna Remazol Red Rb

Larutan limbah merupakan limbah buatan yang dibuat dari serbuk Remazol Red Rb ditambahkan aquadest. Larutan limbah air simulasi tercemar logam berat khromium dibuat dengan konsentrasi 100 ppm.

2. Aklimatisasi tanaman

Tanaman air yang digunakan adalah kayu apu (*Pistia stratiotes*). Tanaman yang dipakai berumur kurang lebih 1-2 bulan. Sebelum penelitian dimulai, dilakukan adaptasi terhadap tanaman dengan memberi air PDAM selama seminggu.. Aklimatisasi bertujuan agar tanaman mampu menyesuaikan diri dengan lingkungan tumbuh dalam perlakuan fitoremediasi. Aklimatisasi dilakukan pada bak dengan volume 7 L.

3. Proses Fitoremediasi-Adsorpsi

Penelitian utama yaitu tahap uji fitoremediasi ini adalah dengan sistem batch. Tumbuhan yang digunakan adalah tumbuhan yang sudah melalui tahap aklimatisasi sebelumnya, supaya tumbuhan sudah beradaptasi dengan kondisi yang akan digunakan dalam uji fitoremediasi.

Menggunakan empat bak percobaan berbahan dasar PVC (polivinil klorida) vol. 7 liter yang telah disiapkan masing-masing diisi air simulasi cemaran sebanyak 6 liter. Masing-masing perlakuan dilakukan dengan sistem batch dengan perlakuan masing-masing bak yaitu : Perlakuan A menggunakan 0 g kayu apu dan 150 g zeolit, Perlakuan B menggunakan 50 g kayu apu dan 100 g zeolit, Perlakuan C menggunakan 100 g g kayu apu dan 50 g zeolit, serta Perlakuan D menggunakan 150 g kayu apu dan 0 g zeolit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Fitoremediasi-Adsorpsi

#### 4. Tahap Pengambilan dan Pengujian Sampel Warna, COD, TSS

Pengambilan sampel air dari outlet dilakukan setiap tiga hari sekali (hari ke-0,3,6,9,12) sebanyak 600 mL sampai hari ke 12, tanpa penambahan larutan zat warna sintesis Remazol Red Rb.

Pengukuran kadar pH dilakukan dengan pH meter, kadar COD diukur dengan menggunakan metode analisis Dichromate Oxidation (SNI 6989.2:2009), kadar TSS diukur dengan metode analisis Gravimetri (SNI 06-6989.3-2004), analisis kadar warna menggunakan metode spectrophotometry (APHA Method 8025).

#### 5. Tahap Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dilakukan 3 kali ulangan yaitu, Perlakuan A menggunakan 0 g kayu apu dan 150 g zeolit, Perlakuan B menggunakan 50 g g kayu apu dan 100 g zeolit, Perlakuan C menggunakan 100 g g kayu apu dan 50 g zeolit, serta Perlakuan D menggunakan 150 g kayu apu dan 0 g zeolit. Data yang diperoleh dianalisis dengan excel untuk mengetahui plot puncak datanya.

### Hasil

#### Konsentrasi warna, COD, TSS dalam air

Berdasarkan data yang disajikan Tabel 1 hingga Tabel 3, dapat diinterpretasikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada setiap kombinasi perlakuan terhadap penurunan Warna, COD, TSS.

**Tabel 1.**  
Konsentrasi Warna dalam Air selama 12 hari

Pengukuran hari ke-	Konsentrasi Warna, PtCo			
	KA	KB	KC	KD
0	5333,33	5333,33	5333,33	5333,33
3	1450,00	1393,33	1396,67	1543,33
6	1080,00	1103,33	1080,00	1216,67
9	1736,67	1620,00	1643,33	1410,00
12	1686,67	1566,67	1676,67	1760,00

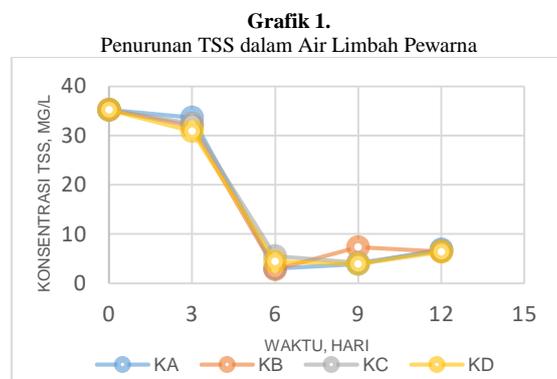
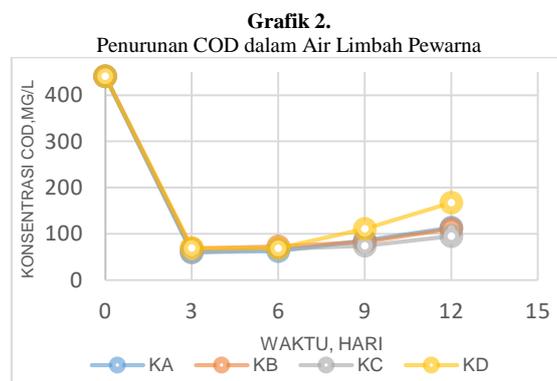
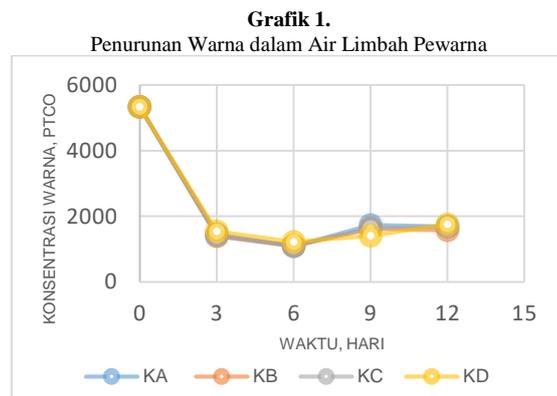
**Tabel 2.**  
Konsentrasi COD dalam Air selama 12 hari

Pengukuran hari ke-	Konsentrasi Warna, PtCo			
	KA	KB	KC	KD
0	440,53	440,53	440,53	440,53
3	60,10	67,73	59,30	69,43
6	62,47	72,93	66,87	68,73
9	85,63	82,70	74,20	110,87
12	113,37	110,87	95,03	167,53

**Tabel 3.**  
Konsentrasi TSS dalam Air selama 12 hari

Pengukuran hari ke-	Konsentrasi Warna, PtCo			
	KA	KB	KC	KD
0	35,21	35,21	35,21	35,21
3	33,67	31,93	32,42	30,87
6	3,01	2,81	5,53	4,44
9	3,92	7,34	4,17	3,87
12	6,89	6,43	6,59	6,36

Adapun Grafik 1 hingga Grafik 3 menunjukkan grafik penurunan konsentrasi Warna, COD, TSS pada tiap kombinasi perlakuan.



## Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyisihan zat warna Remazol Red RB sangat dipengaruhi oleh waktu kontak dengan tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan zeolit.

Adapun untuk hasil penurunan terbaik terlihat pada hari ke-6, untuk hari berikutnya pada semua parameter mengalami fluktuasi. Naik dan turunnya beberapa parameter ini disebabkan terjadinya rilis kembali ke perairan konsentrasi zat warna yang telah diserap oleh zeolit dan tanaman kayu apu.

Pada sistem floating wetland, rhizosfer pada tumbuhan memiliki peran yang sangat penting pada mekanisme penyisihan zat pencemar. Mekanisme utama pada fitoremediasi adalah phyto-uptake, phyto-stimulation, rhizodegradation, phyto-extraction, phyto-degradation, dan phyto-volatilization. Tiga dari mekanisme yang disebutkan (phyto-uptake, phyto-stimulation, rhizodegradation) terjadi di rhizosfer. Selama proses pengolahan, polutan diserap oleh tumbuhan melalui mekanisme penyerapan melalui akar; ini adalah alasan utama mengapa panjang akar harus mencapai bagian bawah reaktor. Tumbuhan juga mengeluarkan beberapa senyawa kimia yang dikenal sebagai eksudat untuk menstimulasi komunitas bakteri akar untuk melakukan degradasi (phyto-stimulation).

Eksudat juga dapat melakukan degradasi langsung jika tumbuhan memiliki kemampuan untuk mengeluarkan enzim pendegradasi (rhizodegradation). Senyawa yang teradsorpsi kemudian terakumulasi di dalam sel tumbuhan terlepas dari jenis polutan dan kemampuan tumbuhan untuk melakukan phyto-extraction. Meskipun hanya terakumulasi, beberapa senyawa juga masuk ke reaksi enzimatik internal tumbuhan dan diubah menjadi senyawa yang berguna untuk metabolisme tumbuhan atau menjadi senyawa yang kurang beracun (phyto-degradation). Produk dari proses degradasi akan diupkan oleh tumbuhan ke atmosfer (phyto-volatilization) (Imron dkk, 2019)

Untuk mengetahui efisiensi dan efektivitas penurunan zat warna Remazol Red Rb dilakukan perbandingan terhadap Baku Mutu Limbah terutama Limbah Cair Tekstil atau Batik yang seringkali dijumpai menggunakan zat pewarna sintesis tersebut. Baku mutu dan hasil konsentrasi penurunan maksimal semua parameter terlihat pada Tabel.4. Untuk mengetahui efisiensi penurunan tiap parameter dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 4.**

Parameter	Satuan	Hasil konsentrasi Warna, COD dan TSS berbanding Baku Mutu					Baku Mutu
		Limbah Awal	KA	KB	KC	KD	
Warna	PTCo	5333,33	1080,00	1103,33	1080,00	1216,67	50*
COD	mg/L	440,53	62,47	72,93	66,87	68,73	150**
TSS	mg/L	35,21	3,01	2,81	5,53	4,44	50**

\*PerMenLH no 5 tahun 2014

\*\*Kep-51/MENLH/10/1995

**Tabel 5.**

Efisiensi Penurunan tiap perlakuan

KA	KB	KC	KD
79,75	79,31	79,75	77,19
85,82	83,44	84,82	84,40
91,44	92,01	84,31	87,39

Terlihat dari tabel bahwa perlakuan KA dan KB lebih memberikan efisiensi penurunan lebih tinggi daripada KC dan KD.

## Kesimpulan

Pemanfaatan tumbuhan air sebagai agen fitoremediasi zat warna dikombinasikan dengan media zeolit sebagai adsorben zat warna dianggap sebagai teknologi yang ramah lingkungan. Teknologi alternatif ini memiliki biaya operasional yang rendah, ramah lingkungan, produk sampingan yang tidak beracun, dan jumlah produksi lumpur yang rendah.

## Saran

Temuan ini terbatas pada satu jenis pewarna sintesis, satu jenis adsorben dan satu jenis tanaman air. Dengan demikian, studi lebih lanjut tentang penggunaan air limbah yang berbeda, adsorben yang berbeda, kombinasi berbagai jenis tumbuhan air, dan periode pengolahan yang lebih lama sangat diperlukan. Temuan ini akan sangat membantu

bagi industri dan memperkenalkan teknologi alternatif untuk mengolah air limbah yang terkontaminasi warna dengan menggunakan tumbuhan (fitoremediasi) dengan media dengan kemampuan adsorpsi tinggi.

### Daftar Pustaka

- Chaney, R.L. 1995. Potential use of metal hyperaccumulators. *Mining Environ Manag* 3: 9 – 11
- Hammer, D.E dan R. H. Kadlec. 1986. A model for wetland surface water dynamics. *Water Resource Research* Volume 22, Issue 13
- Khiatudin, M. 2003. Melestarikan Sumber Daya Air dan Teknologi Rawa Buatan. Universitas Gadjah Mada Press Cetakan ke-2.. Yogyakarta.
- Kurniadie, Denny. 2011. Teknologi Pengolahan Air Limbah Cair secara Biologis. Widya Padajaran
- Manurung, R., Rusdanelli H, Irvan. (2004). Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob-Aerob. E-USU Repository. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Montalvo, S., Guerrero, L., Borja, R., Sanchez, E., Milan, Z., Cortes, I., dan Rubia, M. 2012. Application of Natural Zeolites In Anaerobic Digestion Processes: A Review. *Applied Clay Science*, 58, 125-133.
- Nurafifah, Siti dkk. 2018. Pengaruh Kombinasi Kiambang ( *Salvinia molesta*) dan Zeolit Terhadap Penurunan Logam Berat Kadmium (Cd). *Journal of Marine and Coastal Science*, Vol. 7 No.2, Juni 2018
- Nurbidayah., Suarsini, E., dan Hastuti, U.S. 2014. Biodegradasi dengan Isolat Bakteri Indigen pada Limbah Tekstil Sasirangan di Banjarmasin. *Prosiding Seminar Nasional Sinergi Pangan Pakan dan Energi Terbarukan*. 21-23 Oktober 2014. Yogyakarta: 233
- Rahmah, Izatin A. 2018. Kombinasi Bioremediasi Apu-Apu Dan Material Nano-Zeolit Terhadap Air Limbah Sungai Gelis Kota Kudus. *Journal of Biology Education IAIN KUDUS* ISSN 2615-3947
- Suprihatin, H. 2014. Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo dan Alternatif Pengolahannya. *Jurnal Kajian Lingkungan*. 2(2): 130-138.
- Surakusumah, Wahyu. 2012. Fitoremediasi dan pembangunan berkelanjutan. [http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR.\\_PEND.\\_BIOLOGI/197212031999031-WAHYU\\_SURAKUSUMAH/Fitoremediasi\\_dan\\_pembangunan\\_berkelanjutan.pdf](http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR._PEND._BIOLOGI/197212031999031-WAHYU_SURAKUSUMAH/Fitoremediasi_dan_pembangunan_berkelanjutan.pdf) diakses pada tanggal 28 Juli 2017
- Warisaura, Ange D. 2018. Penurunan Kadar Merkuri pada Air Limbah Tambang Emas Rakyat dengan Kombinasi Metode Adsorpsi Zeolit Dan Fitoremediasi Tanaman Melati Air pada Sub Surface Flow - Constructed Wetland (SSF-CW). Master Thesis Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada
- Yagub, M.T., Sen, T.K., Afroze, S., & Ang, H.M. 2014. Dye and its Removal from aqueous solution by Adsorption: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*. 209: 172-184.