

Rancang Bangun Kinerja Alat Adsorpsi Limbah Cair Pewarnaan Industri Batik Tulis Sidoarjo

Rosydiena*, Wahyunanto Agung Nugroho, Evi Kurniati

Jurusan Keteknikaan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi, Email: rosydiena911@gmail.com

ABSTRAK

Adsorpsi adalah fenomena fisik yang terjadi saat molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan suatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tadi mengembun pada permukaan padatan tersebut (Suryawan. 2004). Adsorben yang digunakan yaitu zeolit. Pemilihan zeolit dikarenakan kemampuan zeolit untuk mengadsorpsi limbah pewarnaan batik tulis jauh lebih efektif dibandingkan dengan karbon aktif yang bisa dibeli dipasaran. Adanya alat adsorpsi yang digunakan pada penelitian sebelumnya dirasa kurang efektif untuk penurunan baku mutu limbah. Selain itu penelitian tersebut sebagian hanya pada skala laboratorium. Desain rancang bangun alat adsorpsi ini terdiri atas 4 komponen utama meliputi kerangka alat, kolom adsorpsi, pompa, dan bak penampung yang dirancang seperti anak tangga. Prinsip kerja alat adsorpsi ini yaitu Recirculated Batch menggunakan bantuan pompa air. *Empty Bed Contact Time* (EBCT) dalam penelitian ini ditetapkan 23 jam. Dalam satu siklus resirkulasi dibutuhkan waktu 1-1,5 menit. Sehingga dalam 23 jam akan terjadi 1045-1314 siklus. Uji kinerja alat ini ditentukan melalui tiga kali ulangan untuk hasil limbah pewarnaan yaitu limbah pewarna coklat+kuning, biru, dan ungu dengan parameter penurunan terhadap BOD 58,27%; COD 53,31%; TSS 93,93%; dan Warna 62,98%. Untuk adsorpsi isoterm dengan menggunakan persamaan Freundlich dengan adsorben zeolit diperoleh 0,6506 mg/liter untuk BOD; 0,8687 mg/liter untuk COD; 0,536 mg/liter untuk TSS; 1,5581 mg/liter untuk warna. Sehingga dari hasil ini dapat menjadi parameter untuk solusi alternatif alat adsorpsi limbah cair batik dan dapat menurunkan parameter kandungan limbah dibawah standart air limbah yang sesuai untuk baku mutu air limbah.

Kata kunci: adsorpsi, limbah batik, rancang bangun, zeolit

Design Performance of Adsorption's Instrument For Waste Water in Coloring Process Of Sidoarjo's Handmade Batik Industry

ABSTRACT

Adsorption is a physical phenomenon that occurs when molecules of gas or liquid is contact with solid surface and portion parts of the molecules condense on the surface of solids (Suryawan. 2004). Adsorbent that is used zeolite. Zeolite is chosen because zeolite's ability to adsorb coloring batik waste is much more effective than activated carbon which can be purchased in the market. The existence of adsorption instrument which used in previous research was less effective for reducing in waste quality standard. Furthermore the previous study was only at a laboratory scale. This Engineering design of adsorption instrument consists of four main components which a framework instrument, the adsorption columns, pumps, and tank are designed as rungs. The principle of this instruments is recirculated Batch adsorption using a water pump. Empty Bed Contact Time (EBCT) in this research is determined 23 hours. One cycle recirculation takes 1-1.5 minutes, so that in 23 hours will occur 1045 to 1314 cycles. Performance test of this instrument is determined by three replication for the results of coloration waste. The waste are brown dye+yellow, blue, and purple with decline's parameter of the BOD 58.27%; COD 53.31%; TSS 93.93%; and Color 62.98%. For isotherms adsorption

using the Freundlich equation zeolite adsorbent is obtained 0.6506 mg/liter for BOD; 0.8687 mg/liter for COD; 0.536 mg/liter for TSS; 1.5581 mg/liter for color. These results can be used as the parameter for alternative solutions batik liquid waste adsorption instrument and it also can decrease waste content parameters to be under the appropriate standard of waste water for the waste quality standard of water.

Key words: adsorption, waste of batik, design engineering, zeolite

PENDAHULUAN

Adsorpsi adalah fenomena fisik yang terjadi saat molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan suatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tadi mengembun pada permukaan padatan tersebut (Suryawan, 2004). Adsorben yang digunakan yaitu zeolit. Pemilihan zeolit dikarenakan kemampuan zeolit untuk mengadsorpsi limbah pewarnaan batik tulis jauh lebih efektif dibandingkan dengan karbon aktif yang bisa dibeli dipasaran. Adanya alat adsorpsi yang digunakan pada penelitian sebelumnya dirasa kurang efektif untuk penurunan baku mutu limbah. Selain itu penelitian tersebut sebagian hanya pada skala laboratorium.

Marmagne (1996) dalam Ningrum dkk (2008) menyatakan bahwa pengurangan warna pada limbah tekstil dengan karbon aktif memberikan hasil jenis pewarna mordant dan asam dapat berkurang 90%, jenis pewarna direk dan dispersi dapat berkurang 40%, menggunakan berbagai adsorben untuk mengurangi zat warna dan mendapatkan hasil bahwa karbon aktif adalah yang paling efektif dengan pengurangan warna hingga 90%. Sedangkan pada penelitian Somboon (2001), menggunakan karbon aktif berbahan dasar kayu untuk mengadsorpsi jenis pewarna direk dengan intensitas penyerapan mencapai 57-80%.

Berdasarkan permasalahan di atas maka penelitian terhadap rancang bangun alat pengolahan limbah untuk proses adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif dan zeolit dilakukan dalam rangka menyediakan pengolahan limbah yang efektif untuk limbah cair hasil produksi batik tulis. Sehingga limbah yang telah diolah dapat dibuang dan standar limbah yang dibuang sesuai baku mutu limbah yang ditetapkan pemerintah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji rancang bangun alat yang digunakan untuk proses adsorpsi dalam proses pengolahan limbah cair industri batik tulis dan untuk mengkaji uji kinerja alat adsorpsi limbah cair industri batik tulis Sidoarjo dalam menurunkan parameter kandungan limbah yang telah ditentukan.

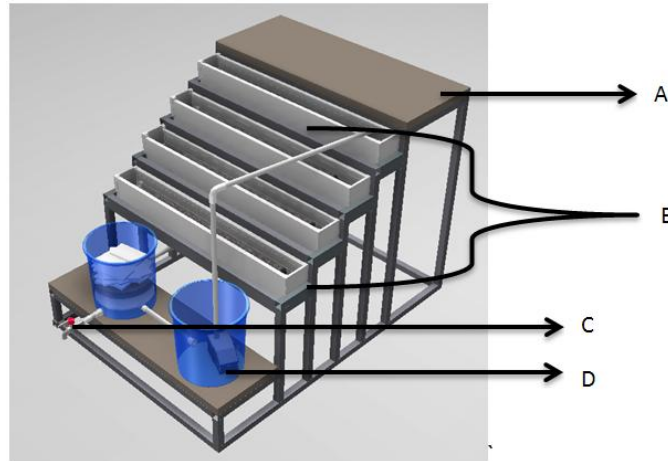
METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi gergaji, penggaris, obeng, lem, meteran, bor tangan, kunci pas. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu limbah cair, zeolit, talang air, busa aquarium, kasa, saringan, kran, pipa, mur, dan penyangga besi.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan dua tahapan yaitu pembuatan desain alat adsorpsi menggunakan Autocad Inventor kemudian hasil rancangan di aplikasikan dalam rancangan sebenarnya. Tahap selanjutnya adalah uji kinerja alat adsorpsi dengan melakukan proses adsorpsi sesuai dengan standar operasional alat yang telah ditetapkan. Selanjutnya hasil rancangan alat dan uji kinerja alat adsorpsi disajikan dalam bentuk analisis kuantitatif yang hasilnya dijelaskan secara deskriptif. Rancangan alat yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Alat Adsorpsi Limbah

Keterangan :

- A. Penyangga/Kerangka Alat
- B. Tabung Adsorpsi
- C. Kran Output
- D. Bak Penampung dan Pompa Air

Desain alat adsorpsi ini terdiri atas 4 komponen utama yaitu penyangga/kerangka alat, tabung adsorpsi, kran output, bak penampung dan pompa air. Untuk uji kinerja alat adsorpsi ini menggunakan teknik analisis data secara kuantitatif dengan indikator 4 parameter kandungan pencemar limbah yang meliputi BOD, COD, TSS, dan warna. Sebelum pembuatan alat adsorpsi ini sebenarnya perlu diketahui terlebih dahulu mengenai kebutuhannya, seperti ditampilkan pada Tabel 1. Kebutuhan adsorben diperoleh dengan cara penelitian pendahuluan dengan menggunakan limbah pewarna batik tulis sebanyak 500 ml untuk 1 sampel. Kemudian limbah ditambahkan adsorben yang terdiri dari karbon aktif dan zeolit. Hal ini untuk mengetahui adsorben manakah yang lebih efektif untuk menurunkan kandungan cemaran limbah.

Tabel 1. Penentuan Kebutuhan Adsorben

No. Sampel	Volume Limbah (mL)	Kebutuhan Adsorben	
		Karbon Aktif (gram)	Zeolit (gram)
Awal	500	-	-
A1	500	125	-
A2	500	250	-
A3	500	375	-
A4	500	500	-
B1	500	-	125
B2	500	-	250
B3	500	-	375
B4	500	-	500

Untuk mengetahui kapasitas maksimum adsorben dilakukan perhitungan isotherm menggunakan persamaan isotherm Langmuir dan Freundlich. Isotherm Langmuir dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{q_{max} K_L} + \frac{C_e}{q_{max}}$$

dimana, x/m adalah jumlah logam yang teradsorpsi pada keadaan ekuilibrium (mg/g), C_e adalah konsentrasi ion logam bebas dalam larutan pada keadaan ekuilibrium (mg/L), q_{max} adalah

kapasitas adsorben maksimum dan K_L adalah konstanta Langmuir yang berhubungan dengan energi adsorpsi. Dengan memplot $C_e/(x/m)$ terhadap C_e akan diperoleh garis lurus dengan slop $1/q_{max}$ dan intersep $1/q_{max}K_L$, sehingga konstanta Langmuir K_L dan kapasitas adsorben maksimum q_{max} dapat ditentukan. Sementara isoterm Freundlich dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$\log\left(\frac{x}{m}\right) = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e$$

dimana, x/m adalah jumlah logam yang teradsorpsi pada keadaan ekuilibrium (mg/g), C_e adalah konsentrasi ion logam bebas dalam larutan pada keadaan ekuilibrium (mg/L), dan K_L adalah konstanta Freundlich yang berhubungan dengan kapasitas adsorpsi dan $1/n$ adalah faktor heterogenitas. Dengan memplot $\log q_e$ terhadap $\log C_e$ akan diperoleh garis lurus dengan slop $1/n$ dan intersep $\log K_F$, sehingga konstanta Freundlich K_F dan nilai eksponen n dapat ditentukan.

Data hasil uji kinerja alat ini diperoleh dari penurunan 4 parameter cemaran limbah yaitu COD, BOD, TSS, dan warna. Selanjutnya data ini akan di ulang selama 3 kali ulangan. Masing-masing ulangan akan di ambil limbah sebelum dan sesudah proses Recirculated Batch selama 23 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan alat yang dihasilkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2, yang terdiri dari 4 komponen, yaitu :

- Bak penampung berfungsi sebagai tempat menampung limbah cair yang akan diproses dan setelah proses adsorpsi. Spesifikasi bak penampung ini tinggi 29 cm, diameter atas 30cm bawah 24 cm, panjang sambungan 12 cm
- Pompa berfungsi sebagai alat untuk menarik limbah cair menuju ke kolom adsorpsi. Spesifikasi pompa ini yaitu merk Yamano WP-3700, voltage 220-240 V-50Hz, power 30w, H-max 2.0 m, output 1500 l/jam
- Kolom adsorpsi berfungsi sebagai tempat menampung adsorben dan tempat terjadinya proses adsorpsi dimana limbah cair akan mengalir. Kolom adsorpsi ini mempunyai panjang 96cm, lebar 13cm, tinggi 11cm, tebal 2mm, ketebalan zeolit 5cm (saat pengujian alat), dan volume zeolit $5,2 \text{ dm}^3$
- Penyangga atau kerangka alat berfungsi sebagai penyangga kolom adsorpsi dan bak penampung agar tetap pada posisi yang ditentukan. Berikut merupakan spesifikasi penyangga yang dibuat : panjang 100 cm, lebar 131 cm, tinggi 99 cm. Kemudian untuk dimensi dari besi yang digunakan dapat dijabarkan sebagai berikut : panjang 3cm, lebar 3cm dan tebal 2mm.



Gambar 2. Alat Adsorpsi Rancangan dan Aplikasinya

Alat adsorpsi ini mempunyai standar operasional yang dijelaskan sebagai berikut. Alat adsorpsi ini dimulai dengan persiapan bahan baku (limbah cair) yang dimasukkan kedalam bak

penampung, kemudian pompa air dinyalakan sehingga air limbah akan beresirkulasi selama Empty Bed Contact Time yang telah ditentukan (23 jam). Setelah 23 jam air limbah akan dikeluarkan melalui kran output pada bak penampung 2.

Penelitian ini air limbah yang digunakan diambil secara acak ketika usai proses pewarnaan pada UKM Batik Tulis Amali CH Sidoarjo. Kandungan limbah pewarnaan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Limbah Pewarnaan Sebelum Treatment

Kandungan Pencemar	Rata-Rata Nilai Kandungan Pencemar
BOD (mg/liter)	248,33
COD (mg/liter)	290,00
TSS (mg/liter)	3287,33
WARNA (mg/liter)	12,47

Penelitian pendahuluan mengenai kebutuhan adsorben yang digunakan untuk menurunkan parameter COD, BOD, TSS, dan warna dalam limbah cair industri batik tulis disusun berdasarkan perbandingan yang dilakukan secara acak. Masing-masing sampel digunakan untuk pengujian empat parameter yang ditentukan. Perlakuan yang dilakukan adalah dengan mencampur adsorben dengan limbah dan di diamkan selama 23 jam. Sehingga setelah di ujikan berikut adalah hasil yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji untuk Sampel Awal (mg/liter)

BOD	COD	TSS	Warna
350	424	8172	18,56

Pada pengujian warna ini yang di uji bukan warna campuran, namun warna beningnya saja ketika sampel limbah dalam keadaan mengendap. Hasil uji untuk penurunan sampel perlakuan ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji untuk Penurunan Sampel Perlakuan

No. Sampel	Karbon Aktif				No. Sampel	Zeolit			
	BOD (mg/liter)	COD (mg/liter)	TSS (mg/liter)	Warna (mg/liter)		BOD (mg/liter)	COD (mg/liter)	TSS (mg/liter)	Warna (mg/liter)
A1	305	380	3750	12,67	B1	234	275	950	3,77
A2	277	335	1845	8,52	B2	180	227	325	2,69
A3	208	253	600	4,95	B3	145	170	170	2,40
A4	153	185	315	1,74	B4	95	130	85	1,66

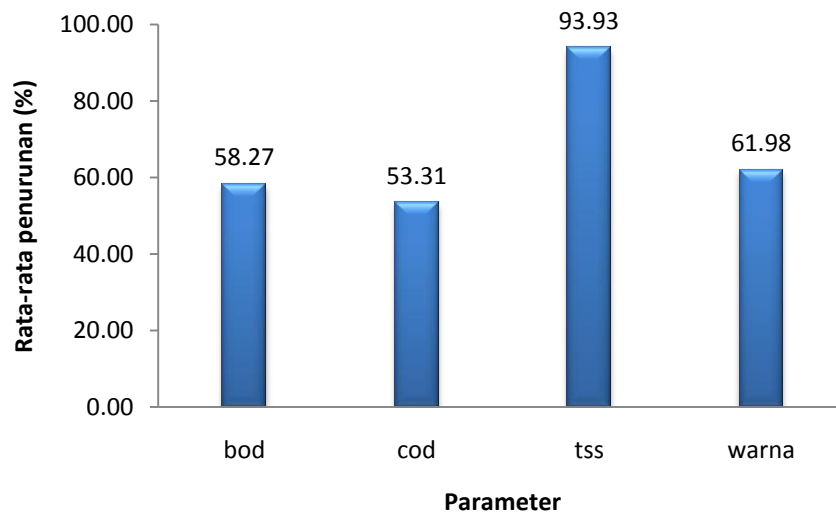
Hasil uji di atas digunakan untuk meningkatkan efisiensi dalam penurunan parameter yang telah ditentukan, maka pada penelitian ini menggunakan zeolit sebagai adsorben yang dinilai dapat menurunkan parameter penelitian yang lebih banyak jika dibandingkan dengan karbon aktif. Kemudian untuk kebutuhan adsorben yang digunakan yakni menggunakan perbandingan adsorben dan limbah cair sebesar 1:1, dimana dalam 1liter limbah cair dibutuhkan 1kg zeolit untuk menurunkan parameter uji yang ditentukan.

Hasil efisiensi penurunan kandungan pencemar dalam limbah pewarnaan batik tulis ditampilkan pada Tabel 5. Hasil pada Tabel 5 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa penggunaan zeolit sebagai adsorben untuk menurunkan kandungan pencemar dapat dinilai efektif meski tidak dilakukan pengaktifan terlebih dahulu. Efisiensi penurunan kandungan pencemar pada limbah pewarna batik tulis untuk masing masing parameter sebesar : 58,27% BOD; 53,31% COD; 93,93% TSS, dan 61,98% Warna. Jika dibandingkan dengan penelitian Darsini (2007)

yang memperoleh hasil penurunan COD (83,36%), BOD (79,14%) dan Cr (0%), dengan volume limbah 1,5 liter, diameter 9cm dan ketinggian 40 cm, efisiensi alat adsorpsi yang dibuat peneliti dirasa kurang efektif. Selain itu dilihat dari penggunaan adsorbennya, zeolit yang digunakan merupakan zeolit yang tidak di aktivasi terlebih dahulu. Sehingga kemampuan zeolit hanya sebatas 50% lebih dalam penyerapan kandungan pencemar BOD, COD, dan warna. Namun untuk penyerapan TSS dalam limbah pewarna ini sudah baik, namun hasilnya masih di atas standar PerGub Jatim. Selain itu perlu di ingat bahwa tidak ada proses pretreatment sebelum proses adsorpsi (koagulasi-flokulasi). Hal ini dapat dijadikan indikator bahwa alat adsorpsi yang dirancang sedemikian dapat menurunkan kandungan COD, BOD, TSS, dan Warna pada limbah pewarna industri batik tulis Sidoarjo. Meskipun masih berada di atas baku mutu air limbah untuk industri tekstil. Namun hal ini dapat dijadikan saran untuk penelitian lanjutan.

Tabel 5. Efisiensi Penurunan Kandungan Pencemar Setelah Proses Adsorpsi

Parameter	Rata-rata (mg/liter)	Efisiensi (%)	Rata-rata (%)
BOD	104,33	50,94	58,27
		56,79	
COD	137,00	67,09	53,31
		42,86	
TSS	198,33	52,63	93,93
		64,44	
Warna	5,17	95,31	61,98
		92,51	
		93,98	
		80,05	
		49,76	
		56,13	



Gambar 3. Grafik Efisiensi Penurunan Kandungan Pencemar (%)

Penyerapan kandungan pencemar seperti BOD, COD, dan warna pada limbah cair pewarnaan industri batik tulis ini tak lepas dari sifat zeolit sendiri sebagai penukar ion karena adanya kation logam, yang mana kation tersebut bergerak secara bebas dalam struktur zeolit yang berongga dan dapat bertukar dengan kation ion logam lain dalam jumlah yang sama (Nugroho, dkk, 2013). Selain itu juga struktur pori zeolit berupa kristal inilah yang

menyebabkan ukuran pori spesifik dan lebih berongga, jika dibandingkan dengan struktur pori karbon aktif dan silika gel yang berupa amorforus yang memiliki banyak mikropori sehingga dapat menghambat molekulmolekul dalam proses adsorpsi. Selain itu karbon aktif memiliki sifat adsorben yang dapat mengadsorpsi secara selektif (Nugroho, dkk., 2013).

Alat adsorpsi limbah cair industri batik tulis ini menggunakan prinsip aliran limbah yang di resirkulasi, dimana limbah hasil adsorpsi akan diputar atau sirkulasi kembali dalam kolom adsorpsi. Proses resirkulasi ini dilakukan selama 23 jam. Selama 23 jam ini limbah terus beresirkulasi tanpa henti. Dalam proses resirkulasi limbah ini dapat dihitung penurunan kandungan pencemar limbah dalam satu siklus.

Tabel 6. Hasil Penurunan Kandungan Pencemar (ppm/siklus)

Penurunan Kandungan Pencemar (mg/liter/siklus)			
BOD	COD	TSS	Warna
0,091	0,119	0,172	0,004

Berdasarkan Tabel 6 diperoleh rata-rata penurunan kandungan pencemar per siklusnya sebagai berikut. Untuk penurunan BOD dalam satu siklus terjadi penurunan 0,091ppm/siklus. Selanjutnya kandungan COD diperoleh penurunan kandungan sebesar 0,119ppm/siklus. Lalu kandungan pencemar TSS dalam sekali siklus terjadi penurunan 0,172ppm/siklus. Untuk kandungan pencemar warna limbah penurunan kandungan 0,004ppm/siklus. Dari hasil ini dapat dikatakan bahwa tiap tiap kandungan pencemar limbah mempunyai kadar penurunan yang berbeda-beda tiap siklusnya. Hal ini disebabkan karena kandungan air limbah yang berbeda beda yang disebabkan penggunaan jenis pewarna limbah yang berbeda pula dan kemampuan zeolit dalam mengabsorpsi limbah yang berbeda-beda.

KESIMPULAN

Rancang bangun alat adsorpsi ini terdiri atas 4 komponen utama meliputi kerangka alat, kolom adsorpsi, pompa, dan bak penampung yang dirancang seperti anak tangga. Prinsip kerja alat adsorpsi ini yaitu recirculated batch menggunakan bantuan pompa air dimana limbah tidak hanya diam namun bersirkulasi memutar kolom-kolom adsorben. Empty Batch Contact Time dalam penelitian ini ditetapkan 23 jam. Dalam satu siklus resirkulasi dibutuhkan waktu 1-1,5 menit. Sehingga dalam 23 jam akan terjadi 1045-1314 kali siklus. Uji kinerja alat ini menggunakan limbah pewarnaan yaitu limbah pewarna coklat+kuning, biru, dan ungu dengan parameter penurunan terhadap BOD 58,27% ; COD 53,31% ; TSS 93,93% ; dan warna 62,98%. Untuk adsorpsi isoterm dengan menggunakan persamaan Freudlich dengan adsorben zeolit diperoleh 0,6506 mg/liter untuk BOD; 0,8687 mg/liter untuk COD; 0,536 mg/liter untuk TSS; dan 1,5581 mg/liter untuk warna. Sehingga dari hasil ini dapat menjadi parameter untuk solusi alternatif alat adsorpsi limbah cair batik dan dapat menurunkan parameter kandungan limbah dibawah standart air limbah yang sesuai untuk baku mutu air limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Darsini. 2007. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Karbon Aktif*. Staff Pengajar Teknik Industri. Univet Bantara Sukoharjo
- Marmagne, O.& Cate, C., 1996. *Color Removal From Textile Plant Effluents*. American Dyestuff Reporter, Degremon S.A.,France.
- Ningrum, L.P., Retno Ariadi Lusiana, Rahmad Nuryanto. 2008. *Dekolorisasi Remazol Brilliant Blue dengan Menggunakan Karbon Aktif*. Semarang : Skripsi Fakultas MIPA, Universitas Diponegoro.

- Nugroho, W., & Purwoto, S. 2013. Removal Klorida, TDS, dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukaran Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif dengan Karbon Aktif. *Jurnal Teknik Waktu* 11(01):47-59.
- Somboon, W., Mutitamongkol, P., & Tanpaiboonkul, P., 2001. *Removal Of Colored Wastewater Generated From Hand-Made Textile Weaving Industry*. Departement of Chemistry, Faculty Science, King Mongkut University of Tecnology.
- Suryawan, B.. 2004. *Karakteristik Zeolit Indonesia sebagai Adsorben Uap Air*. Disertasi. Jakarta : Universitas Indonesia