

LAPORAN HASIL PENELITIAN
PENURUNAN TDS, TSS, WARNA PADA LIMBAH CAIR BATIK DENGAN PROSES
KOMBINASI (OZONASI, ADSORPSI ZEOLIT TERAKTIVASI HCL) DAN ISIAN
PACKING



Disusun oleh :

MOCH. AFRIZAL NAFII'U HAFID

NPM. 22031010174

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
SURABAYA

2026

LAPORAN HASIL PENELITIAN
"PENURUNAN TDS, TSS, WARNA PADA LIMBAH CAIR BATIK
DENGAN PROSES KOMBINASI (OZONASI, ADSORPSI ZEOLIT
TERAKTIVASI HCL) DAN ISIAN PACKING"



DISUSUN OLEH :

MOCH. AFRIZAL NAFII'U H.

22031010174

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
SURABAYA
2026



Laporan Hasil Penelitian
Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses
Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCL) dan Isian Packing

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN HASIL PENELITIAN

**"PENURUNAN TDS, TSS, WARNA PADA LIMBAH CAIR BATIK DENGAN
PROSES KOMBINASI (OZONASI, ADSORPSI ZEOLIT TERAKTIVASI
HCL) DAN ISIAN PACKING"**

DISUSUN OLEH :

HAQI ZAIN SYADANA

22031010165

MOCH. AFRIZAL NAFI'U H.

22031010174

Telah di pertahankan, dihadapkan dan diterima oleh Tim Penguji
Pada tanggal : 28 November 2025

Dosen Penguji

Dosen Pembimbing

1.

(Prof. Dr. Ir. Sri Redjeki, M.T.)

NIP. 19570314 198603 2 001

(Dr. T. Ir. Susilowati, M.T.)

NIP. 19621120 199103 2 001

2.

(Ir. Ketut Sumada, M.S.)

NIP. 19620118 198803 1 001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur



(Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.)

NIP. 19650403 199103 2 001

Program Studi S-1 Teknik Kimia

Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Laporan Hasil Penelitian

Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl) dan Isian Packing

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN**

**“PENURUNAN TDS, TSS, WARNA PADA LIMBAH CAIR BATIK DENGAN
PROSES KOMBINASI (OZONASI, ADSORPSI ZEOLIT TERAKTIVASI
HCl) DAN ISIAN PACKING”**

DISUSUN OLEH :

HAQI ZAIN SYADANA

22031010165

MOCH. AFRIZAL NAFII'U H

22031010174

Laporan Hasil Penelitian ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing

(Dr. T. Ir. Susilowati, M.T)

NIP. 19621120 199103 2 001

Program Studi S-1 Teknik Kimia

Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur



Laporan Hasil Penelitian

Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl) dan Isian Packing

KETERANGAN REVISI

Yang dibawah ini :

Nama : 1. Haqi Zain Syadana

NPM : 22031010165

2. Moch. Afrizal Nafii'u H.

NPM : 22031010174

Telah mengerjakan revisi / tidak ada revisi Laporan Hasil Penelitian, dengan judul :

"Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl) dan Isian Packing."

Surabaya, 25 Februari 2026

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi :

1. (Prof. Dr. Ir. Sri Redjeki, M.T.)

NIP. 19570314 198603 2 001

2. (Ir. Ketut Sumada, M.S.)

NIP. 19620118 198803 1 001

Mengetahui

Dosen Pembimbing,

(Dr. T. Ir. Susilowati, M.T.)

NIP. 19621120 199103 2 001



SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Moch. Afrizal Nafii'u Hafid

NPM : 22031010174

Program : Sarjana (S1)

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah ~~Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertai~~ ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiasi pada ~~Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertai~~ ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 24 Agustus 2026

Yang Membuat pernyataan,



Moch. Afrizal Nafii'u Hafid

NPM. 22031010174



Laporan Hasil Penelitian

Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl) dan Isian Packing

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan hasil penelitian dengan judul "Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl) dan Isian Packing". Adapun penyusunan laporan hasil penelitian ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh dalam kurikulum program studi S-1 Teknik Kimia dan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia di Fakultas Teknik dan Sains UPN "Veteran" Jawa Timur.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan hasil penelitian ini tidak akan berhasil tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
2. Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
3. Dr. T. Ir. Susilowati, M.T., selaku Dosen Pembimbing.
4. Prof. Dr. Ir. Sri Redjeki M.T., selaku Dosen Penguji I.
5. Ir. Ketut Sumada, M.S., selaku Dosen Penguji II.
6. Rekan – rekan Dboys'22 yang senantiasa memberi dukungan bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan hasil penelitian ini belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap dapat menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan laporan hasil penelitian ini. Akhir kata semoga laporan hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya bagi seluruh mahasiswa Teknik Kimia.

Surabaya, 25 Februari 2026

Penulis



Laporan Hasil Penelitian

Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl) dan Isian Packing

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
I.1 Latar belakang	1
I.2 Tujuan	4
I.3 Manfaat	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Teori umum.....	5
II.1.1 Limbah Industri	5
II.1.2 Limbah Industri Cair	5
II.1.3 Karakteristik Limbah Cair.....	6
II.1.4 Baku Mutu SNI di Industri Batik.....	8
II.1.5 Parameter Limbah Cair	10
II.1.6 Zeolit Alam.....	10
II.1.7 Sifat - Sifat Zeolit	12



Laporan Hasil Penelitian

Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl) dan Isian Packing

II.1.8 Kolom Berpacking	13
II.1.9 Kelereng sebagai Isian Packed	13
II.1.10 Distribusi Gelembung dalam Proses Ozonasi	14
II.2 Landasan Teori	15
II.2.1 Proses Umum	15
II.2.2 Proses Aktivasi Zeolit	16
II.2.3 Proses Ozonasi	17
II.2.4 Reaksi Ozonasi dan Adsorpsi oleh Zeolit	18
II.2.5 Inhibitor dan Promotor Proses Ozonasi	21
II.2.6 Proses Adsorpsi	23
II.2.7 Isoterm Adsorpsi	23
II.2.8 Efektivitas Adsorben dalam Proses Ozonasi	25
II.2.9 Peran Adsorpsi dan Ozonasi dalam Kolom Berpacking	26
II.2.11 Metode Analisis	27
II.2.11.1 Brunauer-Emmett-Teller (BET)	27
II.2.11.2 SEM-EDX (Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive X-ray)	28
II.2.11.3 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	29
II.2.11.4 TSS (Total Suspended Solids)	31
II.2.11.5 TDS (Total Dissolved Solids)	31
II.2.11.6 Warna (Dye Test)	32
II.2.12 Faktor yang Mempengaruhi Proses Ozonasi	33
II.2.13 Faktor yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi	35
II.3 Hipotesis	36
BAB III	37



Laporan Hasil Penelitian

Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl) dan Isian Packing

METODE PENELITIAN	37
III.1 Bahan Penelitian.....	37
III.2 Rangkaian Alat.....	37
III.3 Variabel yang Dikerjakan	38
III.3.1 Kondisi yang Ditetapkan.....	38
III.3.2 Variabel yang Dijalankan	39
III.4 Prosedur Penelitian.....	40
III.4.1 Aktivasi Zeolit	40
III.4.2 Kolom Berpacking Ozonasi dan Adsorpsi Limbah Batik tanpa Isian Packing	41
III.4.3 Kolom Berpacking Ozonasi dan Adsorpsi Limbah Batik dengan Isian Packing	41
III.5 Diagram Alir Proses	43
BAB IV	44
HASIL DAN PEMBAHASAN	44
IV.1 Karakteristik Awal Limbah Cair Batik	44
IV.2 Analisis Morfologi Permukaan Zeolit dengan BET dan SEM-EDX	44
IV.4 Penurunan Kadar TDS, TSS, Warna (PtCo) pada Hasil Filtrat	49
IV.5 Isoterm Adsorpsi	58
BAB V.....	61
KESIMPULAN DAN SARAN	61
V.1 Kesimpulan	61
V.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	63
APPENDIX	70



Laporan Hasil Penelitian

Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl) dan Isian Packing

LAMPIRAN I.....	73
LAMPIRAN II.....	74



Laporan Hasil Penelitian

Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl) dan Isian Packing

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Karakteristik Limbah Cair Industri Batik beserta Sumbernya	16
Tabel II.2 Parameter utama baku mutu yang harus dipenuhi oleh industri batik ..	19
Tabel III. 1 Variabel Percobaan.....	49
Tabel III.2. Hasil Analisa Awal Limbah Cair Batik Sebelum Perlakuan.....	55
Tabel III.3. <i>Surface Area</i> Zeolit Alam Sebelum dan Sesudah diaktivasi.....	55
Tabel VI. 1 Hasil Analisa Penurunan Kadar TDS Limbah Batik.....	58
Tabel VI. 2 Hasil Analisa Penurunan Kadar TSS Limbah Batik	61
Tabel VI. 3 Hasil Analisa Penurunan Kadar Warna (Unit PtCo) Limbah Batik...	64
Tabel IV. 4 Hasil Analisa Zat Warna (PtCo) Limbah Batik yang diadsorpsi.....	68
Tabel IV. 5 Harga Konstanta Isoterm Langmuir dan Freundlich.....	70



Laporan Hasil Penelitian

Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl) dan Isian Packing

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Alir Pembuatan Batik, Sumber dan Kandungan Limbah	15
Gambar II.2 Zeolit Alam	21
Gambar II.3 Morfologi SEM Permukaan Zeolit a)Sebelum diaktivasi b)Sesudah diaktivasi	26
Gambar II.4 Proses Aktivasi Zeolit	27
Gambar III. 1 Rangkaian Alat Kolom Berpacking Ozonasi dan Adsorpsi Limbah dengan Penambahan Isian Packing dan Tanpa Isian Packing	47
Gambar III.2 Diagram Alir proses percobaan	53
Gambar IV.1 Reaksi Zeolit Teraktivasi HCl.....	56
Gambar IV.2 Grafik Analisis Gugus Fungsi FTIR pada Hasil Zeolit.....	57
Gambar IV.3 Grafik Hubungan Penurunan Kadar TDS (%) dengan Waktu Kontak Ozone (Menit)	60
Gambar IV.4 Grafik Hubungan Penurunan Kadar TSS (%) dengan Waktu Kontak Ozone (Menit).....	63
Gambar IV.5 Grafik Hubungan Penurunan Kadar Warna (%) dengan Waktu Kontak Ozone (Menit).....	66
Gambar IV.6 Persamaan Isoterm Adsorpsi Langmuir dari C vs C/(x/m).....	70
Gambar IV.7 Persamaan Isoterm Adsorpsi Freunlich dari Log C vs Log C/(x/m).70	



Laporan Hasil Penelitian

Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl) dan Isian Packing

INTISARI

Industri batik merupakan sektor dengan kontribusi besar terhadap perekonomian nasional, namun proses produksinya menghasilkan limbah cair yang berpotensi mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas kombinasi proses ozonasi dengan isian kelereng kaca serta adsorben zeolit teraktivasi HCl dalam menurunkan kadar pencemar limbah batik. Metode penelitian menggunakan sistem batch dengan variasi tinggi isian packing 0, 5, 10, 15, 20, dan 25 cm; massa adsorben 400 gr; serta waktu kontak 20–40 menit. Zeolit alam berukuran 60 mesh diaktivasi menggunakan larutan HCl 2M dan dikeringkan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya. Proses ozonasi menghasilkan radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) yang mampu menguraikan senyawa organik kompleks, sedangkan zeolit teraktivasi menyerap residu polutan. Aktivasi zeolit meningkatkan luas permukaan spesifik dari 213,470 m^2/g menjadi 237,722 m^2/g . Hasil SEM-EDX menunjukkan HCl efektif dalam mengurangi pengotor, meningkatkan kemurnian relatif aluminosilikat, dan memperbaiki karakter permukaan zeolit, sejalan dengan perubahan morfologi pada SEM. Analisis FTIR menunjukkan pergeseran pita serapan pada 3400–3600 cm^{-1} , 1650 cm^{-1} , dan 1000–1100 cm^{-1} yang mengindikasikan interaksi gugus $-\text{OH}$, $\text{C}=\text{O}$, dan $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ dengan senyawa organik limbah. Zeolit dengan sistem packing memperlihatkan penurunan transmitansi lebih signifikan dibandingkan tanpa packing. Hasil optimum diperoleh pada isian packing 25 cm dan waktu kontak 40 menit dengan efisiensi penurunan TDS 93,39%, TSS 99,98%, dan zat warna 98%. Perhitungan menunjukkan bahwa penyerapan adsorpsi isoterma model Langmuir memiliki nilai R^2 optimum sebesar 0,9998. Kombinasi ozonasi dan zeolit teraktivasi meningkatkan efisiensi degradasi melalui perpanjangan waktu kontak dan transfer massa yang lebih efektif.

Kata kunci: Degradasi limbah batik, Kelereng kaca, Kolom berpacking, Kombinasi Adsorpsi & Ozonasi Zeolit teraktivasi HCl.



Laporan Hasil Penelitian

Penurunan TDS, TSS, Warna pada Limbah Cair Batik dengan Proses Kombinasi (Ozonasi, Adsorpsi Zeolit Teraktivasi HCl) dan Isian Packing

ABSTRACT

The batik industry is a major contributor to the national economy, but its production process generates liquid waste that can pollute the environment. This study aims to analyze the effectiveness of combining the ozonation process with glass marble filling and HCl-activated zeolite adsorbent in reducing pollutant levels in batik waste. The research used a batch system with packing heights of 0, 5, 10, 15, 20, and 25 cm, an adsorbent mass of 400 g, and a contact time of 20–40 minutes. Natural zeolite with a 60-mesh size was activated with a 2 M HCl solution and then dried to increase its adsorption capacity. The ozonation process produces hydroxyl radicals ($\cdot\text{OH}$) that can decompose complex organic compounds, while the activated zeolite absorbs pollutant residues. Zeolite activation increased the specific surface area from 213.470 m^2/g to 237.722 m^2/g . SEM-EDX results showed that HCl effectively reduced impurities, increased the relative purity of aluminosilicate, and improved the surface characteristics of zeolite, consistent with the morphological changes observed in SEM. FTIR analysis revealed shifts in absorption bands at 3400–3600 cm^{-1} , 1650 cm^{-1} , and 1000–1100 cm^{-1} , indicating interactions between $-\text{OH}$, $\text{C}=\text{O}$, and $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ groups with organic waste compounds. Zeolite with a packing system showed a greater decrease in transmittance than zeolite without packing. Optimal results were obtained with a packing volume of 25 cm and a contact time of 40 minutes, achieving reductions of 93.39% in TDS, 99.98% in TSS, and 98% in dye. Calculations showed that the Langmuir adsorption isothermal model had an optimum R^2 value of 0.9998. The combination of ozonation and activated zeolite increased degradation efficiency by extending contact time and enhancing mass transfer.

Keywords: Degradation of batik waste, Glass marbles, Packing column,
Combination of Adsorption & Ozonation of HCl-activated Zeolite