



OPTIMALISASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH REGENERASI ION EXCHANGE PADA KARBON DIOKSIDA REMOVAL PLANT SUBANG

ICA ALISSA DAMAYANTI



**TEKNIK DAN MANAJEMEN LINGKUNGAN
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan akhir dengan judul “Optimalisasi Pengolahan Air Limbah Regenerasi *Ion Exchange* Pada Karbon Dioksida *Removal Plant* Subang” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir proposal proyek akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2026

Ica Alissa Damayanti
J0413221014

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

ICA ALISSA DAMAYANTI. Optimalisasi Pengolahan Air Limbah Regenerasi *Ion Exchange* Pada Karbon Dioksida *Removal Plant* Subang. Dibimbing oleh BEATA RATNAWATI.

Regenerasi resin *ion exchange* menghasilkan air limbah dalam bentuk residu regenerasi kimia asam kuat dan basa kuat, dengan konsentrasi zat terlarut tinggi. Penelitian bertujuan untuk memodifikasi kolam netralisasi guna mengoptimalkan pengolahan air limbah hasil regenerasi resin *ion exchange*. Hasil analisis menunjukkan beberapa parameter melebihi baku mutu, seperti pH, TSS, TDS, COD, dan Sulfat. Metode analisis pemilihan teknologi tepat guna yang digunakan adalah *Weighted Sum Model* (WSM). Unit yang dirancang meliputi prasedimentasi, netralisasi dan presipitasi, *Biological Aerated Filter* (BAF), adsorpsi, serta penampung akhir. Kadar air lumpur hasil pengolahan diturunkan melalui *Sludge Drying Bed* (SDB). Hasil pengolahan air limbah telah memenuhi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 Kelas IV, yang ditunjukkan oleh pH yang telah netral serta konsentrasi COD sebesar 23,60 mg/L, TDS sebesar 695,29 mg/L, TSS sebesar 22,59 mg/L, dan sulfat sebesar 207,09 mg/L yang berada di bawah baku mutu yang ditetapkan. Estimasi biaya modifikasi kolam netralisasi sebesar Rp 138.971.800.

Kata kunci: ion, limbah, modifikasi, regenerasi, wsm.

ABSTRACT

ICA ALISSA DAMAYANTI. *Optimization of Ion Exchange Regeneration Wastewater Treatment at the Subang Carbon Dioxide Removal Plant*. Supervised by BEATA RATNAWATI.

Ion exchange resin regeneration produces wastewater in the form of chemical regenerant residues of strong acids and strong bases, with high solute concentrations. The study aimed to modify the neutralization pond to optimize the treatment of wastewater resulting from ion exchange resin regeneration. The analysis results showed that several parameters exceeded quality standards, such as pH, TSS, TDS, COD, and sulfate. The analysis method used for selecting appropriate technology was the *Weighted Sum Model* (WSM). The designed units included pre-sedimentation, neutralization and precipitation, *Biological Aerated Filter* (BAF), adsorption, and final storage. The moisture content of the processed *sludge* was reduced through *Sludge Drying Bed* (SDB). The wastewater treatment results met the quality standards of Government Regulation No. 22 of 2021 Class IV, as indicated by a neutral pH and COD concentrations of 23.60 mg/L, TDS of 695.29 mg/L, TSS of 22.59 mg/L, and sulfate of 207.09 mg/L, all below the established quality standards. The estimated cost of modifying the neutralization pond is IDR 138,971,800.

Keywords: ion, waste, modification, regeneration, wsm.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

OPTIMALISASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH REGENERASI ION EXCHANGE PADA KARBON DIOKSIDA REMOVAL PLANT SUBANG

ICA ALISSA DAMAYANTI

Laporan Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Teknik dan Manajemen Lingkungan

**TEKNIK DAN MANAJEMEN LINGKUNGAN
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji pada ujian Laporan Akhir: Dimas Ardi Prasetya, S.T., M.Si.



Judul Proyek Akhir : Optimalisasi Pengolahan Air Limbah Regenerasi Ion
Exchange Pada Karbon Dioksida Removal Plant Subang
Nama : Ica Alissa Damayanti
NIM : J0413221014

Disetujui oleh

Pembimbing:
Dr. Ir. Beata Ratnawati, S.T., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Beata Ratnawati, S.T., M.Si.
NPI 201811198806252001

Dekan Sekolah Vokasi:
Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T.
NIP 196607171992031003

Tanggal Ujian:
(12 Mei 2026)

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juli 2025 sampai bulan Desember 2025 ini adalah Air Limbah, dengan judul “Optimalisasi Pengolahan Air Limbah Regenerasi *Ion Exchange* Pada Karbon Dioksida (CO_2) *Removal Plant* Subang”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing proyek akhir Dr. Ir. Beata Ratnawati, S.T., M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada PT Tracon Industri *Project CO₂ Removal Plant* Subang yang telah memberi izin untuk pelaksanaan penelitian, serta kepada Bapak Ramdan Hidayat beserta seluruh staf HSSE dan Laboratorium yang telah membantu selama pengumpulan data.

Ungkapan terima kasih yang sebesar-besarnya juga disampaikan kepada Bapak Ipin Aripin, Bapak Nana Permana, Ibu Ida Parida, serta Ibu Chandra Rochmaniah selaku orang tua, Deden Sukmana Putra, Depy Kurniawan, Deris Resmana, dan Aditya Subagja selaku kakak yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang dalam penulisan proyek akhir. Disadari sepenuhnya bahwa proyek penelitian yang dibuat tidak lepas dari kekurangan dan kesalahan yang masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, segala kritik, saran, dan masukan yang dapat membangun sangat diharapkan untuk meningkatkan pengembangan proyek akhir dengan tema serupa di masa mendatang.

Semoga laporan proyek akhir yang telah dibuat dapat berkontribusi positif untuk pengembangan ilmu pengetahuan, membantu untuk referensi bagi pembaca, ademisi, maupun praktisi bagi pihak terkait.

Bogor, Mei 2026

Ica Alissa Damayanti

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pengelolaan Limbah	3
2.2 <i>Water Treatment Plant</i> (WTP)	3
2.3 Air Limbah Hasil Regenerasi <i>Ion Exchange</i>	4
2.4 Baku Mutu Air Limbah	5
2.5 Jenis Pengolahan Air Limbah	5
2.6 Pengelolaan Lumpur	6
2.7 Penelitian Terdahulu	6
III METODE	8
3.1 Lokasi dan Waktu	8
3.2 Tahap Penelitian	8
3.3 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Karakteristik dan Kondisi Eksisting Kolam Netralisasi	23
4.2 Penetapan Pengolahan Air Limbah dan Lumpur Hasil Pengolahan	29
4.3 Perhitungan Unit Pengolahan	37
4.4 Perumusan BOQ dan RAB	81
V SIMPULAN DAN SARAN	87
5.1 Simpulan	87
5.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	96
RIWAYAT HIDUP	113

DAFTAR TABEL

1 Penelitian terdahulu	7
2 Bobot kriteria skala tingkat kepentingan	11
3 Kriteria nilai matrik pengolahan air limbah	12
4 Bobot kriteria skala tingkat kepentingan	12
5 Pertimbangan nilai matrik pengolahan <i>sludge</i>	12
6 Hasil pengukuran kolam netralisasi	24
7 Laporan analisis <i>raw water</i>	26
8 Kelebihan dan kekurangan pengolahan sulfat (SO_4^{2-})	29
9 Kelebihan dan kekurangan pengolahan TDS	30
10 Kelebihan dan kekurangan pengolahan <i>sludge</i>	32
11 Penilaian WSM untuk parameter anorganik sulfat	33
12 Penilaian WSM untuk parameter TDS	34
13 Penilaian WSM untuk alternatif pengolahan <i>sludge</i>	36
14 Efisiensi penyisihan unit-unit pengolahan	37
15 Analisis lokasi eksisting	42
16 Kriteria desain kompartemen prasedimentasi	43
17 Data perencanaan kompartemen prasedimentasi	44
18 Kriteria desain kompartemen netralisasi dan presipitasi	46
19 Data perencanaan kompartemen netralisasi dan presipitasi	46
20 Kriteria desain kompartemen aerasi	51
21 Data perencanaan kompartemen aerasi	52
22 Spesifikasi <i>diffuser fine bubble</i>	56
23 Spesifikasi media <i>bioball</i>	57
24 Kriteria desain kompartemen adsorpsi	57
25 Data perencanaan kompartemen adsorpsi	58
26 Data perencanaan kompartemen penampung	62
27 Rekapitulasi perhitungan dimensi unit pengolahan air limbah	63
28 Rekapitulasi diameter pipa	77
29 Kriteria desain <i>sludge holding</i>	78
30 Data perencanaan unit <i>sludge holding</i>	78
31 Kriteria desain <i>sludge drying bed</i>	79
32 Data perencanaan unit <i>sludge drying bed</i>	79

34 Intensitas penyiraman	81
35 Perhitungan volume pekerjaan konstruksi	82
36 Rencana anggaran biaya pengolahan air limbah	83

DAFTAR GAMBAR

1 Diagram tahap penelitian	8
2 Skema unit pengolahan air limbah	36
3 <i>Process Flow Diagram</i> (PFD) pengolahan air limbah	39
4 Layout penempatan unit pengolahan dan SBD	41
5 <i>Diffuser fine bubble</i>	56
6 Media bioball golf	57
7 Pompa lumpur celup shimida	67
8 Pompa lumpur <i>progressive cavity</i>	69
9 Pompa lumpur celup shimida	72
10 Pompa lumpur celup shimida	74
11 Pompa air sentrifugal	76
12 Kesenjangan massa	80
13 Kesenjangan air	81

DAFTAR LAMPIRAN

1 Perhitungan jumlah endapan hasil regenerasi <i>ion exchange</i>	97
2 <i>Detail Engineering Design</i> (DED) unit pengolahan air limbah	102
3 Tabel kesetimbangan massa	111
4 Perhitungan dosis kebutuhan penyiraman	112