

PERANCANGAN SISTEM DAUR ULANG AIR *WASTE WATER* *TREATMENT PLANT* MENJADI AIR BAKU MELALUI TEKNOLOGI PENURUNAN KONDUKTIVITAS

AYUNDA ZAIRA FAJRIANISA



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

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

- 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.

Perpustakaan 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.

PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa proposal proyek ahir dengan judul “Perancangan Sistem Daur Ulang Air *Waste Water Treatment Plant* menjadi Air Baku melalui Teknologi Penurunan Konduktivitas” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun 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, Juni 2026

Ayunda Zaira Fajrianisa
NIM. J0413221033



@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.

ABSTRAK

AYUNDA ZAIRA FAJRIANISA. Perancangan Sistem Daur Ulang Air *Waste Water Treatment Plant* menjadi Air Baku melalui Teknologi Penurunan Konduktivitas. Dibimbing oleh YUDITH VEGA PARAMITADEVI.

Ketersediaan air bersih yang semakin terbatas mendorong perlunya pemanfaatan kembali air hasil olahan *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) sebagai sumber air baku alternatif. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik dan kondisi eksisting air effluen WWTP, merancang sistem daur ulang air berdasarkan teknologi penurunan konduktivitas yang paling efektif, serta menyusun *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Penelitian dilakukan melalui analisis kualitas air, evaluasi alternatif teknologi menggunakan metode *Simple Additive Weighting* (SAW), perhitungan desain, dan analisis ekonomi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh parameter kualitas air telah memenuhi baku mutu, namun nilai *Total Dissolved Solids* (TDS) dan konduktivitas masih tinggi sehingga belum memenuhi standar perusahaan sebagai air baku. Hasil analisis SAW menunjukkan bahwa *dual media filter* merupakan teknologi *pre-treatment* terbaik dan *reverse osmosis* menjadi teknologi utama penurunan konduktivitas. Sistem yang dirancang memerlukan biaya investasi sebesar Rp210.100.000 dan biaya operasional sebesar Rp23.300.000 per bulan. Kapasitas produksi air sebesar 1,728 m³/jam atau 1.244,16 m³/bulan menghasilkan tarif air sebesar Rp23.301/m³.

Kata kunci: air baku, daur ulang air, konduktivitas, *reverse osmosis*, WWTP.

ABSTRACT

AYUNDA ZAIRA FAJRIANISA. Design of Waste Water Treatment Plant Water Recycling System into Raw Water through Conductivity Reduction Technology. Supervised by YUDITH VEGA PARAMITADEVI.

The increasing limitation of clean water resources encourages the reuse of treated effluent from Wastewater Treatment Plants (WWTPs) as an alternative raw water source. This study aimed to analyze the characteristics and existing condition of WWTP effluent, design a water recycling system based on the most effective conductivity reduction technology, and prepare the Bill of Quantity (BOQ) and cost estimate budget. The study was conducted through water quality analysis, technology evaluation using the Simple Additive Weighting (SAW) method, process design calculations, and economic analysis. The results indicated that all water quality parameters complied with the applicable standards; however, Total Dissolved Solids (TDS) and conductivity remained high and did not meet the company's raw water requirements. The SAW analysis identified dual media filtration as the most suitable pre-treatment technology and reverse osmosis as the main conductivity reduction technology. The proposed system requires an investment cost of IDR 210,100,000 and an operational cost of IDR 23,300,000 per month. With a production capacity of 1.728 m³/h or 1,244.16 m³/month, the estimated water tariff is IDR Rp23,301/m³.

Keywords: conductivity, raw water, reverse osmosis, water recycling, WWTP.



@Hak cipta milik IPB University

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.

© 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 tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

Pelimpahan hak cipta atas karya tulis dari penelitian kerja sama dengan pihak luar IPB harus didasarkan pada perjanjian kerja sama yang terkait

PERANCANGAN SISTEM DAUR ULANG AIR *WASTE WATER TREATMENT PLANT* MENJADI AIR BAKU MELALUI TEKNOLOGI PENURUNAN KONDUKTIVITAS

AYUNDA ZAIRA FAJRIANISA

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 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: Luvy Dellarosa, S.T., M.T.



@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.



Judul Proyek Akhir

: Perancangan Sistem Daur Ulang Air *Waste Water Treatment Plant* menjadi Air Baku Melalui Teknologi Penurunan Konduktivitas

Nama
NIM

: Ayunda Zaira Fajrianisa
: J0413221033

Disetujui oleh

Pembimbing:

Dr. Yudith Vega Paramitadevi, S.T., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Beata Ratnawati, S.T, M.Si.

NPI. 201811198806252001

Dekan Sekolah Vokasi:

Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T.

NIP. 1966071719920031003

Tanggal Ujian: 19 Juni 2026

Tanggal Lulus:



@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.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga karya ilmiah yang berjudul “Perancangan Sistem Daur Ulang Air Waste Water Treatment Plant menjadi Air Baku melalui Teknologi Penurunan Konduktivitas” dapat diselesaikan dengan baik. Karya ilmiah ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik dan Manajemen Lingkungan, Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Yudith Vega Paramitadevi, S.T., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta saran selama proses penyusunan karya ilmiah ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Beata Ratnawati, S.T., M.Si. selaku Ketua Program Studi Teknik dan Manajemen Lingkungan, Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor. Penghargaan dan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Arif Sarifudin selaku Assistant Manager dan pembimbing lapang selama kegiatan magang di perusahaan serta kepada Bapak Fuji Juhairil selaku Officer Lingkungan yang telah memberikan banyak ilmu, arahan, dan pengalaman selama kegiatan magang berlangsung. Terima kasih juga disampaikan kepada seluruh jajaran bagian Lingkungan dan Divisi K3 yang telah membantu dan berbagi pengetahuan selama pelaksanaan magang.

Ungkapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada kedua orang tua, Bapak Solihin dan Ibu Inin Inawati Kesumah, serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat, dan kasih sayang selama proses pendidikan hingga penyusunan karya ilmiah ini. Terima kasih juga kepada teman-teman Program Studi Teknik dan Manajemen Lingkungan Angkatan 59 yang telah memberikan dukungan dan kebersamaan selama masa perkuliahan. Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta berkontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang pengelolaan dan daur ulang air di sektor industri.

Bogor, Juni 2026

Ayunda Zaira Fajrianisa



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR ISTILAH	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Daur Ulang Air (<i>Water Recycle</i>)	5
2.2 Air Baku	5
2.3 Standar Air Baku	5
2.5 <i>Waste Water Treatment Plant</i> (WWTP)	7
2.6 Konduktivitas dan Faktor yang Mempengaruhinya	8
2.7 Teknologi Penurunan Nilai Konduktivitas	10
2.8 Penelitian Terdahulu	14
III METODOLOGI	18
3.1 Lokasi dan Waktu	18
3.2 Teknik Pengumpulan Data	18
3.3 Prosedur Kerja	19
3.4 Kondisi Eksisting Perusahaan	20
3.6 Skema Pengolahan <i>Pre-Treatment</i> Dan Teknologi Utama	25
3.7 Analisis Pemilihan Teknologi	29
3.8 Perhitungan Desain Unit Sistem Daur Ulang	31
3.9 Perancangan Gambar <i>Detail Engineering Design</i> (DED)	35
3.10 Analisis Ekonomi	35
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Karakteristik dan kondisi eksisting air hasil olahan WWTP	37
4.2 Penetapan unit daur ulang WWTP	40

4.3 Perhitungan unit daur ulang WWTP	50
4.4 Perhitungan <i>Bill of Quantity</i> (BoQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	89
V SIMPULAN DAN SARAN	101
5.1 Simpulan	101
5.2 Saran	101
VI DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN	113



DAFTAR TABEL

1 Baku mutu air limbah sesuai pemanfaatannya	5
2 Baku mutu air kategori higiene dan sanitasi	7
3 Penelitian terdahulu	14
4 Hubungan tujuan, metode, data, dan output yang dihasilkan	18
5 Air hasil olahan WWTP	23
6 Perbandingan efluen WWTP dan spesifikasi air baku	24
7 Kriteria analisis teknologi <i>pre-treatment</i>	30
8 Kriteria analisis teknologi penurunan konduktivitas	30
9 Kriteria desain unit filtrasi	31
10 Kriteria desain <i>Granular Activated Carbon</i> (GAC)	32
11 Kriteria desain unit <i>reverse osmosis</i>	33
12 Kriteria desain unit elektrodialisis	33
13 Kriteria desain bak penampung	35
14 Karakteristik efluen WWTP	37
15 Karakteristik air hasil olahan WWTP untuk keperluan daur ulang	39
16 Analisis teknologi <i>pre-treatment</i>	41
17 Perhitungan penetapan teknologi <i>pre-treatment</i>	43
18 Analisis pemilihan teknologi penurunan konduktivitas	45
19 Penilaian pemilihan teknologi penurunan konduktivitas	46
20 Efektivitas penyisihan kontaminan	49
21 Kriteria desain unit filtrasi	52
22 Data perencanaan unit filtrasi	53
23 Kriteria desain media antrasit	59
24 Perhitungan nilai Nre dan Cd media antrasit	59
25 Kriteria desain media pasir silika	60
26 Perhitungan nilai Nre dan Cd media pasir silika	60
27 Kriteria desain media penyangga	61
28 Perhitungan nilai Nre dan Cd media media penyangga	61
29 Tabel Nilai vs dan ϵ media penyangga	63
30 Tabel Nilai vs dan ϵ media antrasit	63
31 Tabel Nilai vs dan ϵ media pasir silika	64
32 Kebutuhan <i>backwashing</i>	65
33 Rekapitulasi hasil perhitungan dual media filter	66
34 Kriteria <i>cartridge filter</i>	66
35 Kriteria <i>housing cartridge</i>	67
36 Kriteria desain <i>reverse osmosis</i>	68
37 Data <i>reverse osmosis</i>	69
38 Rekapitulasi perhitungan <i>reverse osmosis</i>	75

39 Rekapitulasi perhitungan <i>permeate tank</i>	76
40 Kriteria desain saluran pembawa	77
41 Data perhitungan pompa	78
42 Perhitungan volume pekerjaan	90
43 Perhitungan rencana anggaran biaya	93
44 Biaya investasi	97
45 Biaya operasional listrik	98
46 Biaya operasional bahan kimia	98
47 Biaya operasional tenaga kerja	98
48 Biaya operasional keseluruhan	99

DAFTAR GAMBAR

1 Lokasi penelitian	18
2 Digram alir kerja penelitian	20
3 Diagram alur kerja wwtp	22
4 Debit efluen WWTP	25
5 Diagram alir sistem menggunakan teknologi <i>reverse osmosis</i>	26
6 Diagram alir sistem menggunakan teknologi <i>elektrodialisis</i> dengan	27
7 Diagram alir sistem menggunakan teknologi <i>ion exchange</i> dengan	28
8 Skema sistem daur ulang	49
9 <i>Process Flow Diagram</i> (PFD) sistem daur ulang air limbah	51
10 <i>Torispherical Flanged and Dished Head</i>	56
11 Neraca debit dan konsentrasi tds pada unit <i>reverse osmosis</i>	70
12 Debit <i>feed</i> , <i>permeate</i> , dan <i>concentrate</i> RO per <i>pressure vessel</i>	72
13 Pompa saluran pembawa	80
14 Pompa dual media filter	82
15 Pompa <i>permeate tank</i>	84
16 Pompa <i>reject water</i>	86
17 Pompa <i>Raw water tank</i>	87
18 Neraca air sistem daur ulang	88
19 <i>Mass balance</i>	89

DAFTAR LAMPIRAN

1 Standar Operasional Prosedur (SOP)	114
2 Denah instalasi daur ulang	130
3 Profil hidrolis	131
4 Desain dual media filter	132
5 Desain <i>cartridge filter</i>	133
6 Desain <i>reverse osmosis</i>	134



7 Desain <i>permeate tank</i>	136
8 Perhitungan pipa saluran pembawa	137

DAFTAR ISTILAH

Efluen	Air limbah hasil buangan dari proses industri atau pengolahan
Konduktivitas	Kemampuan air menghantarkan listrik yang menunjukkan kadar ion/zat terlarut
Efisiensi	Tingkat keberhasilan suatu proses dalam mencapai tujuan pengolahan
Konvensional	Metode atau teknologi standar yang umum digunakan
Eksplorasi	Kegiatan pencarian dan penyelidikan sumber daya alam
Proper	Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup di Indonesia
<i>Refuse</i>	Menolak penggunaan barang yang tidak diperlukan
<i>Rethink</i>	Memikirkan ulang pola konsumsi dan penggunaan sumber daya
<i>Reduce</i>	Mengurangi penggunaan bahan dan produksi limbah
<i>Reuse</i>	Menggunakan kembali barang tanpa proses pengolahan besar
<i>Repair</i>	Memperbaiki barang agar dapat digunakan kembali
<i>Refurbish</i>	Memperbarui atau memperbaiki barang agar layak pakai kembali
<i>Remanufacture</i>	Membuat ulang produk dari komponen lama
<i>Repurpose</i>	Mengubah fungsi barang untuk kegunaan lain
<i>Recycle</i>	Mendaur ulang limbah menjadi produk baru
<i>Recover</i>	Mengambil kembali energi atau material dari limbah
<i>Service water</i>	Air utilitas untuk kebutuhan operasional industri
Sintesis	Proses pembentukan senyawa baru melalui reaksi kimia
Flokulasi	Proses penggumpalan partikel kecil menjadi flok besar
Sedimentasi	Proses pengendapan partikel padat oleh gaya gravitasi
Flotasi	Pemisahan partikel menggunakan gelembung udara
Filtrasi	Proses penyaringan partikel dari air
<i>Cartridge filter</i>	Filter berbentuk tabung yang digunakan untuk menyaring partikel halus, sedimen, dan kotoran
Presipitasi	Pengendapan zat terlarut menjadi padatan
Adsorpsi	Penempelan zat pada permukaan media penyerap
Netralisasi	Penyesuaian pH air/limbah ke kondisi netral



Klorinasi	Penambahan klorin untuk proses desinfeksi
Desinfeksi	Proses pembunuhan mikroorganisme patogen
Fluida	Zat yang dapat mengalir (cair dan gas)
Anion	Ion bermuatan negatif
Kation	Ion bermuatan positif
<i>Cell pair</i>	Pasangan membran kation–anion pada sistem elektrodialisis
Demineralisasi	Proses penghilangan mineral/ion dari air
<i>Dewatering</i>	Proses pengurangan kadar air pada lumpur/ <i>sludge</i>
<i>Antiscalant</i>	Bahan kimia pencegah pembentukan kerak mineral
<i>Antifoam</i>	Bahan kimia pencegah pembentukan busa
<i>Scaling</i>	Pembentukan kerak mineral pada pipa atau membran
Remineralisasi	Penambahan kembali mineral ke air hasil olahan
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	Kebutuhan oksigen kimia untuk mengoksidasi bahan organik dalam air
<i>Fouling</i>	Pengotoran/penyumbatan membran oleh partikel, mikroba, atau senyawa kimia
<i>Waste Water Storage Pond</i>	Kolam penampung air limbah
<i>Unit Neutralizing Pit</i>	Bak penetral pH limbah
<i>pH Control and Oxidation Pit</i>	Bak pengaturan pH dan proses oksidasi
<i>Coagulation and Sedimentation Pit</i>	Bak koagulasi dan pengendapan
<i>Sludge Enrichment Tank</i>	Tangki pemekatan lumpur
<i>Sludge Storage Pond</i>	Kolam penyimpanan lumpur
<i>Clear Water Pit</i>	Bak penampung air jernih hasil olahan
<i>Neutralizing Pit</i>	Bak netralisasi limbah
<i>Purified Water Pit</i>	Bak penampung air hasil pemurnian

