

**ANALISIS EFISIENSI RESIN PENUKAR ION PADA
SISTEM DEMINERALISASI DI PLTU**



Di susun Oleh:

Heriyadi Hasanuddin (45 12 044 050)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA

MAKASSAR

2017

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS EFISIENSI RESIN PENUKAR ION PADA SISTEM DEMINERALISASI DI PLTU

Disusun oleh :

Heriyadi Hasanuddin (4512044050)

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal 03 maret 2017 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Pembimbing I

Pembimbing II

(Dr.Hamsina, S.T, M.Si)
NIDN: 09-2406-7601

(M. Tang, ST, M.PKim)
NIDN: 09 1302 7503

Penguji I

Penguji II

(Hermawati, S.Si, M.Eng)
NIDN : 00-2407-7101

(Nur'ainy Yacob, ST, M.Si)
NIDN : 09-1311-5802

Makassar, 3 Maret 2017

Ketua Program Studi Teknik Kimia

(Hermawati, S.Si, M.Eng)
NIDN : 00-2407-7101

LEMBAR PENGESAHAN

Mahasiswa Fakultas Teknik jurusan Teknik Kimia Universitas Bosowa Makassar yang tersebut di bawah ini :

Nama / Nim : **Heriyadi Hasanuddin / (4512044050)**

Judul Tugas Akhir : **ANALISIS EFISIENSI RESIN PENUKAR ION PADA SISTEM DEMINERALISASI DI PLTU**

Telah diperiksa dan dinyatakan memenuhi syarat untuk mengikuti Ujian Seminar Tugas Akhir.

Pembimbing I

Pembimbing II

(Dr.Hamsina, S.T, M.Si)
NIDN: 09-2406-7601

(M. Tang, ST, M.PKim)
NIDN: 09 1302 7503

MENGETAHUI

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Jurusan Teknik Kimia

(Dr.Hamsina, S.T, M.Si)
NIDN : 09-2406-7601

(Hermawati, S.Si, M.Eng)
NIDN : 00-2407-7101

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya lah sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi ini. Tugas ini merupakan salah satu syarat penyelesaian studi S-1 dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia di Universitas Bosowa Makassar.

Tugas akhir skripsi ini berjudul *“analisis efisiensi resin penukar ion pada sistem demineralisasi di PLTU”*.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan bantuan moril dan materil serta do'a yang tulus.
2. Ibu Dr. Hamsina, ST., M.Si selaku Dekan Fakultas Teknik Unibos Makassar.
3. Ibu Hermawati S.Si, M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Unibos Makassar.
4. Ibu Dr. Hamsina, ST., M.Si dan Bapak M. Tang, ST, M.PKim selaku Dosen Pembimbing.
5. Segenap Bapak dan Ibu dosen serta karyawan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar
6. Seluruh staff dan karyawan di PLTU Jeneponto terkhusus dibagian WTP atas bantuannya dalam menyiapkan sarana dan prasarana serta mendampingi penelitian ini.
7. Seluruh pihak yang telah membantu secara langsung atau tidak langsung selama proses penyusunan hingga penyelesaian Tugas akhir skripsi ini.

Dalam penyusunan tugas ini, penyusun menyadari bahwa masih banyak keterbatasan didalamnya. Oleh karena itu kami menerima saran yang membangun dari para pembaca. Semoga tugas ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

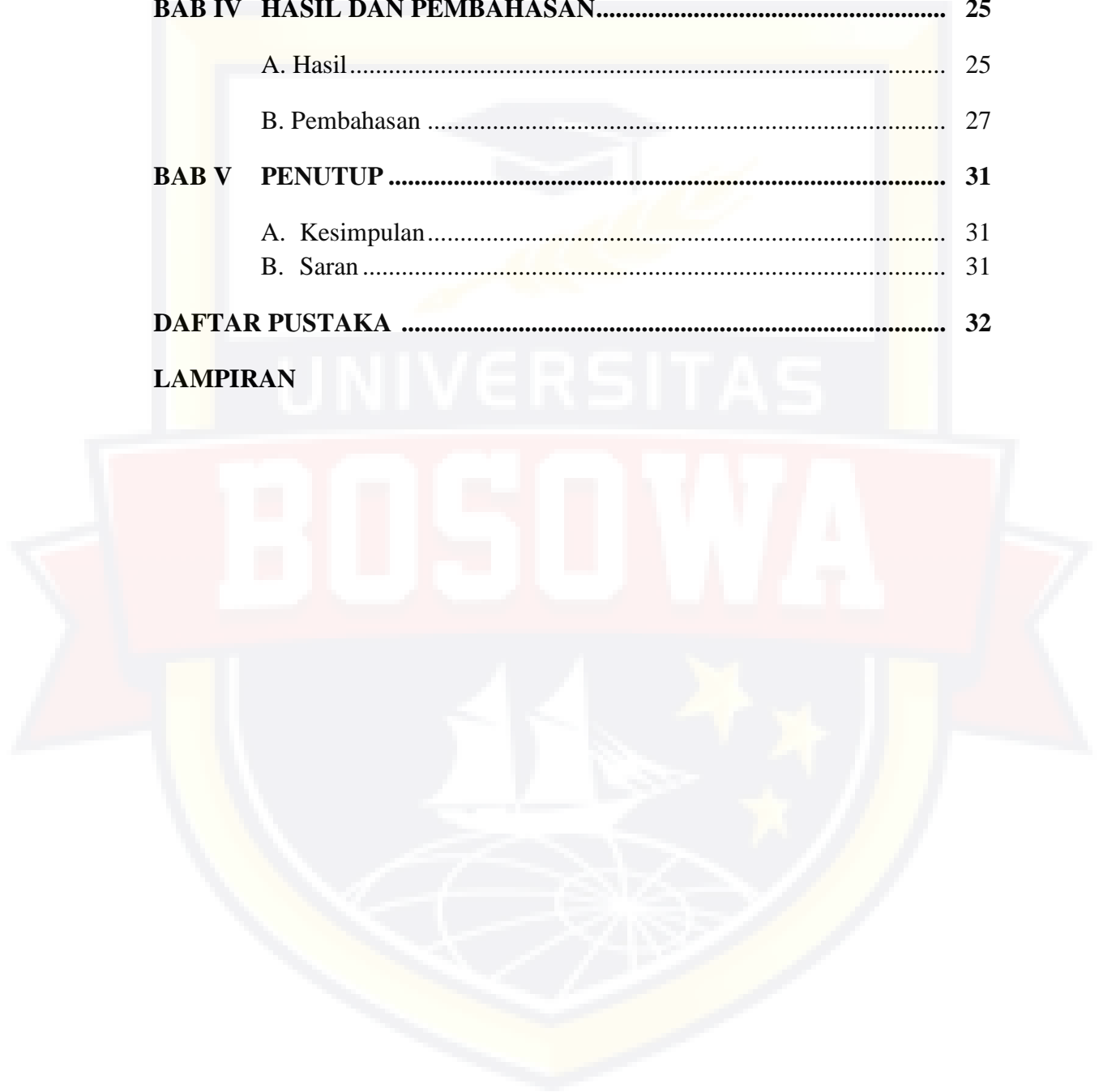
Makassar, Februari 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Lembar Pengesahan	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar.....	viii
Abstrak	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)	6
B. <i>Water Treatment Plant</i>	8
C. Unit Demineralisasi	10
D. Resin	10
E. Penukar Ion	12
F. Hubungan Konduktifitas dan TDS	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
A. Tempat dan Waktu	21
B. Teknik Pengumpulan Data	21

C. Data Lapangan	23
D. Analisis Data.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
A. Hasil.....	25
B. Pembahasan	27
BAB V PENUTUP	31
A. Kesimpulan.....	31
B. Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	



DAFTAR TABLE

Table 1.1 Syarat mutu air baku boiler.....	3
Tabel 3.1 Tahapan regenerasi mixed bed.....	22
Tabel 3.2 Data Hasil Analisis Laboratorium.....	23
Tabel 4.1 Data Perhitungan Efisiensi Resin dihari pertama operasi.....	25
Tabel 4.2 Data Perhitungan Efisiensi Resin dihari kedua operasi	25
Tabel 4.3 Data Perhitungan Efisiensi Resin dihari ketiga operasi	25
Tabel 4.4. Data hasil tiap kali regenerasi mixed bed	27

BOSOWA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Konversi Energi pada PLTU	6
Gambar 2.2 Flow diagram Water Treatment Plant	9
Gambar 2.3 Skema konvensional penukaran ion	13
Gambar 3.1 Diagram alir.....	22
Gambar 4.1 Grafik Penurunan Efisiensi Resin tiap operasi selama 7 jam..	26
Gambar 4.2 Grafik Penurunan Efisiensi Resin tiap operasi selama 8 jam..	26
Gambar 4.3 Grafik Penurunan Efisiensi Resin tiap operasi selama 9 jam..	26
Gambar 4.4 Grafik perbandingan konsentrasi NaOH dan HCl terhadap hasil regenerasi mixed bed	27

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) memerlukan proses pengolahan air baku yang akan digunakan sebagai air umpan boiler serta digunakan dalam proses pendinginan pada kondensor. Air baku yang digunakan adalah air hasil olahan yang bebas dari kandungan mineral (Air Demin) dengan menggunakan unit resin penukar ion yang terdiri dari resin penukar anion dan resin penukar kation pada tangki (kolom) mixed bed. Demineralisasi merupakan sebuah proses penghilangan mineral, setidaknya menurunkan kandungan unsur Calcium (Ca) dan Magnesium (Mg) dalam air. Karakter utama dari resin adalah cepat terjadi kejenuhan dalam hitungan hari atau minggu tergantung dari tingkat kesadahan air bakunya. Jika resin tersebut sudah jenuh maka perlu dilakukan regenerasi. Dalam pelaksanaan proses selama ini belum adanya evaluasi kinerja resin dalam mengurangi kandungan mineral, sedangkan efisiensi kinerja resin dalam penukaran ion tergantung pada kondisi resin pada mixed bed. Oleh sebab itu perlu adanya kajian mengenai efisiensi kinerja resin penukar ion dalam proses demineralisasi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi resin penukar ion selama proses demineralisasi air dan juga mengetahui dosis konsentrasi kimia yang baik untuk regenerasi resin penukar ion. Pada penelitian ini pengamatan selama regenerasi konsentrasi bahan kimia diperoleh hasil tertinggi yaitu 6% NaOH dan 6% HCl dengan nilai konduktivitas produk 0,07 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dengan hasil produksi sebanyak 3661 m^3 . Dari hasil analisis efisiensi resin penukar ion pada sistem demineralisasi di dapatkan hasil efisiensi yang mengalami penurunan berturut-turut pada siklus pertama hingga ketiga yaitu pada operasional selama 7, 8, dan 9 jam.

Kata kunci : *Demineralisasi, kondensor, resin, kation dan anion.*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Usaha peningkatan kegiatan perekonomian di Indonesia telah banyak melakukan pengembangan dalam berbagai sektor industri yang salah satu diantaranya yaitu pengembangan pusat-pusat pembangkit listrik seperti pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Untuk di Indonesia sendiri masih sangat membutuhkan pasokan listrik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Disamping untuk kebutuhan masyarakat sehari-hari, di sektor industri juga sangat banyak membutuhkan pasokan listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah jenis pembangkit listrik tenaga termal yang banyak digunakan karena efisiensinya baik dan bahan bakarnya mudah didapat sehingga menghasilkan energi listrik yang ekonomis.

Salah satu proses yang diperlukan dalam bidang PLTU adalah pengolahan air baku yang nantinya air tersebut akan digunakan sebagai air umpan boiler serta digunakan dalam proses pendinginan pada kondensor. Dalam hal ini air baku yang digunakan sebagai unit utilitas adalah air laut.

Air laut dalam hal ini mengalami beberapa tahapan olahan sehingga diperoleh air murni yang telah terbebas dari garam dan mineral-mineral terkandung lainnya.

Adapun air baku yang digunakan nantinya adalah air hasil olahan yang bebas dari kandungan mineral (Air Demin) dengan menggunakan unit resin penukar ion yang terdiri dari resin penukar anion dan resin penukar kation pada tangki kolom *mixed bed resin*.

Fungsi resin kation adalah untuk menghilangkan kandungan kapur (CaCO_3), Magnesium (Mg), Calcium (Ca) diberbagai jenis air. Resin kation biasa digunakan untuk softener (pelembut) terhadap air yang tingkat kesadahanannya tinggi (*total hardness tinggi*). Air dengan kesadahan tinggi banyak mengandung kapur (CaCO_3) dan unsur Calcium (Ca), Magnesium (Mg) dalam jumlah yang banyak. Air dengan kesadahan tinggi akan menyebabkan fungsi air untuk proses

pencucian atau pembersihan menjadi terganggu. Sebagai contoh jika digunakan untuk mencuci baju dengan detergen maka deterjen tidak dapat menghasilkan busa yang banyak dengan kata lain busanya sedikit. Demikian juga jika digunakan untuk mandi menggunakan sabun mandi maka busanya pun sedikit dan terasa licin. Hal yang sama terjadi bila digunakan untuk mencuci rambut menggunakan shampo pembersih rambut. Oleh karena itu air dengan kesadahan tinggi seperti ini perlu diperbaiki dahulu (=softener/pelembut) dengan menggunakan resin kation. Air dengan kesadahan tinggi ini juga tidak dapat disaring dengan menggunakan membran RO, oleh karenanya perlu menggunakan softener resin kation sebelum diproses melalui mesin RO (*Reverse Osmosis*). Hal ini dilakukan dengan tujuan supaya kerja membran RO (*Reverse Osmosis*) tidak cepat mampet.

Bersama-sama dengan resin anion maka resin kation digunakan untuk keperluan demin (*Demineralisasi*) yaitu untuk menghasilkan air dengan tingkat mineral sangat minim. Dalam bidang pengolahan air minum dengan menggunakan mesin RO, biasanya proses demin dilakukan sebelum air masuk ke mesin RO (*Reverse Osmosis*) sehingga kerja membran RO tidak terlalu berat. Proses ini dilakukan dengan tujuan menghasilkan air murni dengan tingkat TDS mendekati 0, dimana air murni ini sering dibutuhkan untuk keperluan bidang kesehatan seperti air oxy dan lain-lain. Air murni ini juga biasa digunakan didalam mesin industri ketel uap, boiler, pabrik serat sintesis pada kain seperti nylon, rayon, pabrik elektronika TV, komputer dan farmasi. Terakhir pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) dan batubara pun memerlukan air demin untuk keperluan air umpannya (*feed water*).

Air baku harus memenuhi prasyarat tertentu seperti yang diuraikan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 1.1 Syarat mutu air baku boiler.

Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
pH	Unit	10.5 – 11.5
Conductivity	µmhos/cm	5000, max

TDS	Ppm	3500, max
P – Alkalinity	Ppm	-
M – Alkalinity	Ppm	800, max
O – Alkalinity	Ppm	2.5 x SiO ₂ , min
T. Hardness	Ppm	-
Silica	Ppm	150, max
Besi	Ppm	2, max
Phosphat residual	Ppm	20 – 50
Sulfite residual	Ppm	20 – 50
pH condensate	Unit	8.0 – 9.0

Demineralisasi merupakan sebuah proses penghilangan mineral, setidaknya menurunkan kandungan unsur Calcium (Ca) dan Magnesium (Mg) dalam air. Salah satu hal yang banyak orang tidak menyadari adalah bahwa air secara alami memiliki banyak mineral di dalamnya. Ini termasuk air hujan, air asin, dan air tawar. Banyak dari mineral dalam air yang berbahaya bagi manusia dan hewan. Untuk menghindari penyakit dari mengkonsumsi mineral berbahaya, banyak orang menggunakan proses demineralizer untuk memurnikannya. Fungsi demineralizer itu sendiri adalah kemampuan untuk membuat air murni yang dirancang tidak hanya untuk air yang akan dikonsumsi oleh manusia, tetapi juga untuk air yang akan digunakan dalam mesin-mesin industri. Kadar mineral dalam air yang berlebih bergerak melalui pipa, semakin lama semakin banyak mineral yang menempel pada pipa, dan mengakibatkan korosi. Demineralizer membantu menghindari masalah seperti ini pada pipa. Jadi dengan kata lain demineralisasi merupakan proses untuk menghilangkan mineral tertentu dari air, seperti kalsium dan magnesium. Mereka melakukan fungsi ini dengan mengganti atom kalsium dan magnesium dengan ion natrium dengan bantuan katalis. Proses menghilangkan mineral ini tidak selalu menggunakan sistem demineralisasi, meskipun kadang-kadang disebut seperti itu. Terdapat juga proses lainnya yang melibatkan penggunaan ion untuk menghilangkan mineral dari air dapat menghasilkan air hampir murni tanpa mineral terlarut. Pabrik pengolahan air sering menggunakan proses ini untuk menghilangkan mineral berbahaya dari air.

Yang perlu diperhatikan dalam penggunaan resin adalah tingkat kejenuhannya. Karakter utama dari resin adalah cepat sekali terjadi kejenuhan dalam hitungan hari atau minggu tergantung dari tingkat kesadahan air bakunya. Jika resin tersebut sudah jenuh maka perlu dilakukan regenerasi menggunakan larutan HCl encer (33%) untuk resin kation yang difungsikan sebagai kation exchanger (menukar semua kation dengan ion H⁺) atau menggunakan larutan NaCl encer jika resin kation difungsikan sebagai softener yang hanya menukar ion Ca dan Mg dengan ion Na⁺. Jika resin yang digunakan jenis resin anion maka dapat diregenerasi dengan larutan NaOH encer (40%).

Pada proses demineralisasi air, resin penukar kation akan menukar atau mengambil ion-ion bermuatan positif (*kation*) dari unsur-unsur yang berada didalam air baku, sedangkan resin penukar anion akan menukar atau mengambil ion-ion bermuatan negative.

Karena dalam *Mixed Bed* terdapat dua resin kation dan anion dengan demikian air yang dihasilkannya (*Demineralized Water*) mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi yang sudah memenuhi persyaratan untuk air umpan boiler dan ditampung dalam *Condensate Storage Tank*. Treatment terhadap air untuk *steam generator* merupakan salah satu bagian yang rumit dari kimia air. Maka pemahaman terhadap dasar-dasar kimia air adalah mutlak bagi *power engineer* dalam rangka meningkatkan efisiensi pada peralatan boiler dan pada penggunaan *Steam*.

Sementara dalam pelaksanaan *demineralisasi* air laut dengan menggunakan unit *mixed bed* selama ini belum adanya evaluasi kinerja resin dalam mengurangi kandungan mineral, sedangkan efisiensi kinerja resin dalam penukaran ion tergantung pada kondisi resin pada *mixed bed*. Oleh sebab itu perlu adanya kajian mengenai efisiensi kinerja resin penukar ion dalam proses demineralisasi.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan efisiensi resin penukar ion selama proses demineralisasi air.
2. Bagaimana menentukan dosis konsentrasi kimia yang baik untuk regenerasi resin penukar ion.

C. Tujuan Penelitian

1. Menentukan efisiensi resin penukar ion selama proses demineralisasi air.
2. Mengetahuidosis konsentrasi kimia yang baik untuk regenerasi resin penukiar ion.

D. Manfaat Penelitian

1. Bagi Penulis
 - a. Untuk memperoleh pengetahuan baru secara umum dalam proses pengolahan air untuk air baku PLTU.
 - b. Untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program Strata satu (S1) pada program studi Teknik Kimia di Universitas Bosowa Makassar.
2. Bagi Akademik
 - a. Merupakan pustaka tambahan untuk menunjang proses perkuliahan.
 - b. Sebagai salah satu referensi dasar untuk dilakukannya penelitian lebih mendalam pada jenjang yang lebih tinggi.
3. Bagi Perusahaan
 - a. Merupakan pustaka tambahan untuk menunjang proses pengoperasian pabrik.
 - b. Sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan perawatan alat mixedbed pada divisi water treatment plant.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

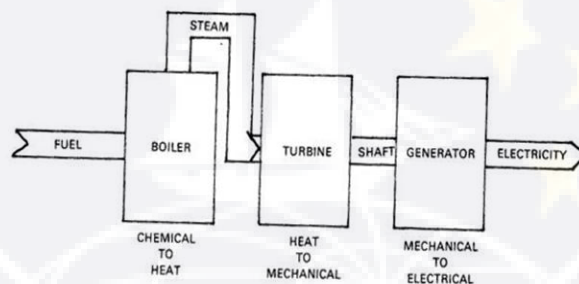
A. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

1. Definisi PLTU

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah jenis pembangkit listrik tenaga termal yang banyak digunakan karena efisiensinya baik dan bahan bakarnya mudah didapat sehingga menghasilkan energi listrik yang ekonomis.

PLTU merupakan mesin konversi energi yang merubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik. Proses konversi energi pada PLTU berlangsung melalui 3 tahapan, yaitu :

1. Energi kimia dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas dalam bentuk uap bertekanan dan temperatur tinggi.
2. Energi panas (uap) diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran.
3. Energi mekanik diubah menjadi energi listrik (PLN (A), 2004).



Gambar 2.1. Proses konversi energi pada PLTU

2. Prinsip Kerja PLTU

PLTU menggunakan fluida kerja air uap yang bersirkulasi secara tertutup. Siklus tertutup artinya menggunakan fluida yang sama secara berulang-ulang. Urutan sirkulasinya secara singkat adalah sebagai berikut:

- a. Air diisikan ke boiler hingga mengisi penuh seluruh luas permukaan pemindah panas. Didalam boiler air ini dipanaskan dengan gas panas

hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap.

- b. Uap hasil produksi boiler dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin berupa putaran. Ketiga, generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan. Uap sisa keluar turbin masuk ke kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah kembali menjadi air. Air kondensat hasil kondensasi uap kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi boiler. Demikian siklus ini berlangsung terus menerus dan berulang-ulang. Putaran turbin digunakan untuk memutar generator yang dikopel langsung dengan turbin sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi listrik dari terminal output generator. (PLN (A), 2004)

Sekalipun siklus fluida kerjanya merupakan siklus tertutup, namun jumlah air dalam siklus akan mengalami pengurangan. Pengurangan air ini disebabkan oleh kebocoran-kebocoran baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja. Untuk mengganti air yang hilang, maka perlu adanya penambahan air ke dalam siklus. Kriteria air penambah (*make up water*) ini harus sama dengan air yang ada dalam siklus (PLN (A), 2004).

3. Bagian-bagian PLTU

PLTU adalah mesin pembangkit yang terdiri dari komponen utama dan instalasi peralatan penunjang. Komponen utama PLTU terdiri dari empat, yaitu:

- a. Boiler
- b. Turbin uap
- c. Kondensor
- d. Generator

Sedangkan peralatan penunjang terdiri dari :

- a. *Desalination plant* (unit desal)
- b. *Demineraliser plant* (unit demin)
- c. *Hidrogen plant* (unit hidrogen)

- d. *Chlorination plant* (unitchlorin)
- e. *Auxiliaryboiler*
- f. *Coal and ashhandling*

Tiap-tiap komponen utama dan peralatan penunjang dilengkapi dengan sistem dan alat bantu yang mendukung kerja komponen tersebut. Gangguan atau *malfunction* dari salah satu bagian komponen utama akan dapat menyebabkan terganggunya seluruh sistem PLTU (PLN (A), 2004).

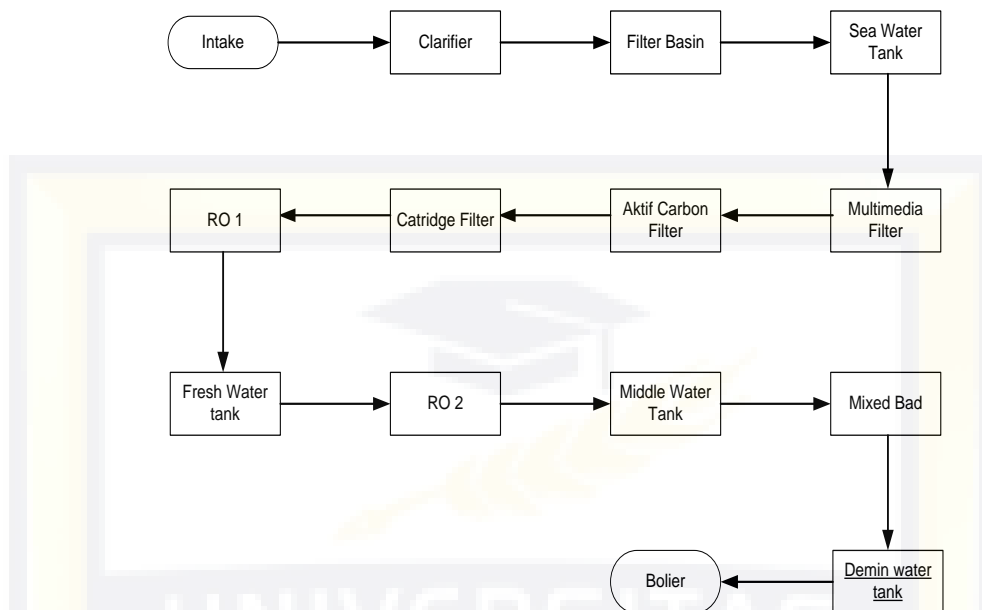
B. *Water Treatment Plant*

Water Treatment Plant (WTP) merupakan bagian dari *power plant* yang bertugas untuk menyediakan air pengisi boiler. Fungsi WTP pada PLTU adalah mengolah air baku menjadi air bebas mineral (air demin), yang mana air demin digunakan untuk memproduksi uap penggerak turbin uap (Sudirman, dkk, 2015).

Water treatment plant adalah suatu peralatan yang berfungsi mengolah air tawar yang mempunyai *conductivity* 10 $\mu\text{mhos/cm}$ menjadi air murni (*demineralized water*) yang mempunyai *conductivity* kurang dari 0,3 $\mu\text{mhos/cm}$. Prinsip kerja dari WTP berdasarkan prinsip penukaran ion dengan menggunakan resin kation dan anion (PLN (B), 2004).

Water Treatment Plant terbagi menjadi 2 system, yaitu :

1. Sistem *Pre Water Treatment* proses penjernihan yang terdiri dari pengendapan dan penyaringan.
2. System *Demineral Plant* sebagai pengolah air baku yang dihasilkan oleh *prewater treatment* untuk menghasilkan air bebas mineral (*Demineral Water*) sehingga memenuhi syarat sebagai air *make-up* untuk keperluan siklus air uap pada PLTU.



Gambar 2.2. Flow Diagram Water Treatment Plant

Air yang berasal dari laut masuk ke intake dan melalui proses filter awal untuk menghilangkan pengotor yang berukuran besar dan ditambahkan klorin. Kemudian di pompakan ke *clarifier tank* dan diinjeksi dengan *chloride* agar partikel kotoran yang akan mengendap di dasar bak *clarifier*. Di *clarifier* proses terbagi atas dua yaitu proses pencampuran PAC yang melewati alur yang berkelok-kelok kemudian masuk ke *lamela* yang bertujuan untuk menenangkan air sehingga sedimentasi berjalan dengan cepat. Air olahan selanjutnya masuk ke *Sea Water Tank* untuk di tampung (Sudirman, dkk, 2015).

Air olahan (*Raw water*) kemudian di pompa masuk ke proses Multi Media Filter (MMF) yang berisi banyak penyaring diantaranya pasir silika dan antrasit yang berfungsi menyaring kotoran yang lolos pada proses filter basin. Selanjutnya air dialirkan ke filter karbon aktif (*activated carbon filter*) untuk menghilangkan bau atau warna serta polutan mikro. Filter ini mempunyai fungsi untuk menghilangkan senyawa warna dalam air baku yang dapat mempercepat penyumbatan membran RO secara adsorpsi. Setelah melalui filter penghilangan warna, air dialirkan ke *filter cartridge* yang dapat menyaring partikel kotoran sampai ukuran 0,5 mikron (Sudirman, dkk, 2015).

Dari *filter cartridge*, selanjutnya air dialirkan ke unit membrane RO dengan menggunakan pompa tekanan tinggi sambil diinjeksi dengan zat anti kerak (antiskalant) dan zat anti biofouling. Air yang keluar dari RO 1 yakni air tawar. Selanjutnya produk air tawar dialirkan ke tangki penampung *Fresh water*. Air dari *fresh water* di pompakan masuk ke RO 2 agar penyaringan lebih efektif. Produk dari RO 2 ditampung di *Middle Water Tank*. Proses selanjutnya ialah *Mixed Filter (ion exchange)*, air di pompa ke dalam *mixed* sehingga terjadi pertukaran ion kation-anion antara resin *ion exchange* dan *Middle Water*. Dari *mixed filter* air ditampung dalam tangki Demin (Sudirman, dkk, 2015).

C. Unit Demineralisasi

Demineralisasi air merupakan proses menghilangkan mineral dalam air melalui proses pertukaran ion dengan menggunakan media resin penukar kation dan resin penukar anion sehingga dihasilkan air yang mempunyai kemurnian tinggi. Pada proses demineralisasi air, resin penukar kation akan menukar atau mengambil ion-ion bermuatan positif (kation) dari unsur-unsur yang berada didalam air baku, sedangkan resin penukar anion akan menukar atau mengambil ion-ion bermuatan negatif (anion). (Ismono, 1988). Unit demineralisasi bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air yang sesuai dengan persyaratan-persyaratan *Boiler Feed Water* dipergunakan sebagai media kerja siklus air-uap pada PLTU (Sudirman, dkk, 2015).

Pada proses ini terjadi proses *demineralisasi* yang mampu menghasilkan air produk dengan *conductivity* sebesar $<0,2\mu\text{S/cm}$ (Fariz, 2011).

D. Resin

Resin adalah eksudat (getah) yang dikeluarkan oleh banyak jenis tumbuhan, terutama oleh jenis-jenis pohon runjung (konifer). Getah ini biasanya membeku, lambat atau segera, dan membentuk massa yang keras dan transparan. Resin dipakai orang terutama sebagai bahan pernis, perekat, pelapis makanan (agar mengilat), bahan campuran dupa dan parfum, serta sebagai sumber bahan mentah bagi bahan-bahan organik olahan. Resin telah digunakan orang sejak

zaman purba, sebagaimana yang dicatat oleh Theophrastus dari Yunani dan Plinius dari Romawi kuno.

Lebih luas, istilah resin juga mencakup banyak sekali zat sintesis sifat mekanik yang sama (cairan kental yang mengeras menjadi padatan transparan), serta shellacs serangga dari superfamili Coccoidea. Senyawa cairan lain yang ditemukan dalam tanaman atau memancarkan oleh tanaman, seperti getah, lateks, atau lendir, kadang-kadang rancu dengan resin, akan tetapi secara kimiawi tidak sama. Sementara beberapa ilmuwan melihat resin hanya sebagai produk limbah, manfaat perlindungan mereka untuk menanam secara luas didokumentasikan. Senyawa resin beracun dapat menghancurkan berbagai herbivora, serangga, dan patogen, sedangkan senyawa fenolik volatil dapat mengundang yang menguntungkan seperti parasitoid atau predator dari herbivora yang menyerang tanaman.

1. Penggolongan resin

- a. Damar sesungguhnya (resin), adalah zat padat yang amorf atau setengah padat, tidak larut dalam air, tetapi larut di dalam alkohol atau pelarut organik lainnya dan membentuk sabun dengan alkali. Biasanya di samping zat-zat damar terdapat juga minyak menguap, hasil peruraian ester-ester damar, zat warna, zat pahit dan sebagainya.
- b. Damar gom (gummi resina), yaitu campuran alami dari gom, minyak dan resin sering di sebut juga damar lendir. Contohnya asafoetida, Myrrha.
- c. Oleoresin, yaitu campuran alami yang homogen dari resin di dalam minyak menguap. Contohnya ; terpentin, Kanada balsam, cubeba dan sebagainya.
- d. Balsamum adalah campuran dari resin dengan asam sinamat atau benzoat atau kedua-duanya, atau ester-ester dengan minyak menguap. Contoh : benzoin, perubalsem, dan styrax. Istilah balsam atau balsamum telah di gunakan secara salah terhadap beberapa oleoresin seperti Kanada balsem dan balsamum copaive.

2. Sifat-Sifat Resin

- a. Secara fisika:
 1. Keras
 2. Transparan
 3. Plastis
 4. Lembek/ leleh
- b. Secara kimiawi resin adalah campuran yang kompleks dari asam-asam resinat, alkoholiresinat, resinotannol, ester-ester dan resene-resene. Bebas dari zat lemak dan mengandung sedikit oksigen.

3. Kegunaan Resin

Resin berperan sebagai pengikat atau binder, yaitu bahan yang berfungsi untuk mengikat pigmen pada permukaan bidang. Resin ini bisa dikatakan berupa lem yang melekatkan campuran pewarna ke media yang akan di cat.

E. Penukar Ion

1. Pengertian Penukar Ion

Pertukaran ion secara luas digunakan untuk pengolahan air dan limbah cair, terutama digunakan pada proses penghilangan kesadahan dan dalam proses demineralisasi air (Setiadi, 2007).

Ion exchanger (penukar ion) sebagai *water softener* merupakan fungsi umum dan digunakan sangat luas di industri yang memerlukan soft water untuk proses dan bahan baku boiler. Air baku yang tingkat kesadahannya (*hardness*) tinggi karena kandungan kalsium dan magnesium harus diturunkan dengan cara menggantikannya dengan muatan ion natrium yang terdapat pada resin (Hartomo & Dofner, 1995).

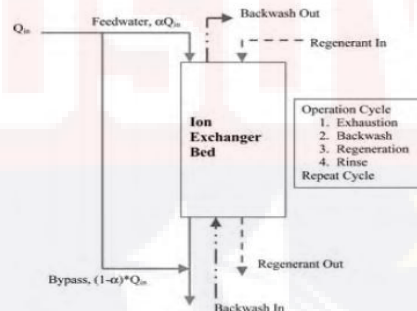
Proses pertukaran ion terus berjalan sampai tercapai kesetimbangan dan jenuh dan sesudah kondisi resin jenuh maka segera dilakukan regenerasi dengan dicuci dengan air yang mengandung garam NaCl tinggi. *Soft water* digunakan untuk boiler air umpanguna mencegah terjadinya endapan (*scaling*) pada pipa saluran air baik pada sistem boiler maupun pada sistem pendingin (Hartomo & Dofner, 1995).

2. Prinsip Pertukaran Ion

Pertukaran ion adalah sebuah proses fisika-kimia. Pada proses tersebut senyawa yang tidak larut, dalam hal ini resin, menerima ion positif atau negatif tertentu dari larutan dan melepaskan ion lain ke dalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama. Jika ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin tersebut dinamakan resin penukar kation, dan jika ion yang dipertukarkan berupa anion, maka resin tersebut dinamakan resin penukar anion (Setiadi, 2007).

Secara garis besar, proses tergantung pada dua tahap reaksi :

- Semua kation dihapuskan dan digantikan dengan H^+ , menggunakan penukar kation muatan hidrogen.
- Asam yang dihasilkan dihilangkan dengan penukar anion muatan hidroksida. Penukar kation diregenerasi dengan asam dan penukar anion dengan alkali (Setiadi, 2007).



Gambar 2.3. Skema konvensional penukaran ion

3. Resin Penukar Ion

- Penukar kation

Resin penukar kation ini bersifat asam kuat (*strong acid cation*) atau bersifat asam lemah (*weak acid cation*), bahan kimia yang dipakai untuk mengaktifkan resin adalah asam sulfat (Austin, 1996).

Fungsi penukar kation:

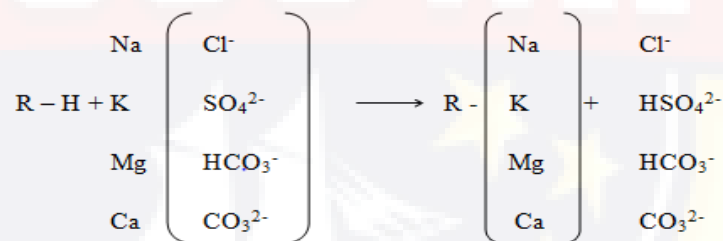
- Menghilangkan atau mengurangi kesadahan (*hardness*) yang disebabkan oleh garam-garam kalsium dan magnesium.
- Menghilangkan atau mengurangi zat-zat padatan terlarut (TDS).

- 3) Menghilangkan atau mengurangi alkalinity dari garam-garam alkali (karbonat, bikarbonat, dan asam lemah atau bersifat asam lemah hidroksida).

Didalam kation terjadi pertukaran antara ion kalsium, magnesium dengan ion-ion hidrogen sehingga garam-garam bikarbonat, sulfat, klorida, dan silika dirubah menjadi asam karbonat, asam sulfat, asam klorida, dan asam silikat yang larut dalam air (Austin, 1996).

Selanjutnya dari *water tower*, air dipompakan kembali untuk diproses dengan sistem demineralisasi, dengan tujuan untuk menghilangkan semua atau sebagian unsur-unsur kimiawi yang dikandung oleh air tersebut. Air yang bersal dari *water tower* dimasukkan ke dalam tangki kation *exchanger* resin, setelah air kontak dengan resin, maka semua ikatan-ikatan unsur kimiawi dari garam alkali, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , dan lain sebagainya yang dikandung oleh air, diikat dengan 1 (satu) atom Hidrogen (H^+) (Austin, 1996).

Tahap penukaran kation (Setiadi, 2007) :



b. Penukar anion

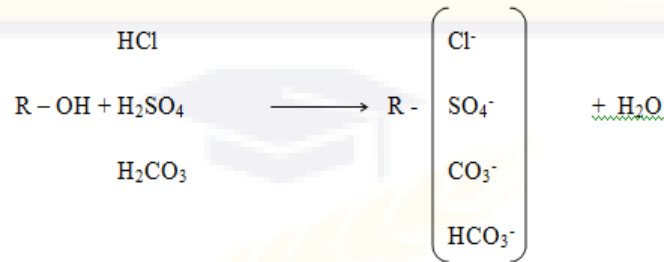
Setelah dialirkan melalui kation, selanjutnya air dialirkan masuk ketangki anion yang berisi resin bersifat basah kuat (*strong base anion*) dan basa lemah (*weak base anion*). Bahan kimia yang dipakai adalah kaustik soda.

Fungsi penukar anion :

- 1) Menyerap asam-asam karbonat, sulfat, klorida, dan silikat yang dihasilkan oleh penukar kation.

- 2) Untuk menghilangkan atau mengurangi semua garam-garam mineral sehingga air yang dihasilkan tidak mengandung garam mineral lagi (Austin, 1996).

Tahap penukaran Anion (Setiadi, 2007) :



4. Kapasitas Resin Penukar Ion

Kapasitas amat penting untuk mengetahui jumlah ion pengotor dalam air baku yang dapat diambil atau dipertukarkan. Resin penukar ion mempunyai kapasitas yang terbatas dalam kemampuan menukar ion yang disebut kapasitas tukar ion. Kapasitas resin penukar ion adalah bilangan yang menyatakan jumlah banyaknya ion yang dapat dipertukarkan untuk setiap 1 (satu) gram resin atau tiap milliliter. Kapasitas juga dinyatakan sebagai miliekuivalen per milliliter (meq/mL) yang sama dengan normal atau miliekuivalen pergram kering (meq/g) dan kilograins per kaki kubik (kgr/ft³) (Kemmer & Frank N, 1988).

Dalam sejarah awal pelunakan air menggunakan zeolit, hal ini bisa untuk mengekspresikan kesadahan air dalam butir per gallon (gr/gal). Sedangkan gr/gal = 17.1 mg/L. Karena penggunaannya umum, maka kapasitas zeolit dinyatakan dalam kilogram kapasitas tukar per feet kubik zeolit. Faktor konversi normalitas resin menjadi kilogram per feet (kg/ft³) adalah sekitar 22, sehingga sebuah penukar kation dengan kapasitas 2,0 meq/mL memiliki kapasitas pertukaran sekitar 44 kg/ft³. (Kemmer & Frank N, 1988).

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung kapasitas resin adalah sebagai berikut:

$$VR = \frac{Q \times t \times TDS \text{ feed} \times 15,45}{TEC \times 35,34 \times \eta}$$

$$VR = \frac{Q \times t \times DS \text{ feed} \times 0,43718}{TEC \times \eta}$$

$$VP = Q.t$$

$$VR = \frac{VP \times TDS \text{ feed} \times 0,43718}{TEC \times \eta}$$

Dimana :

VR = Volume Resin (liter)

Q = Debit (m³/jam)

t = Lamanya waktu (jam)

TDS_{feed} = Jumlah Total Kation atau Anion air baku (mg/l CaCO₃)

TEC = Kapasitas Resin Penukar Ion (kgr/ft³)

η = efisiensi resin

VP = Volume Produk (m³)

35,34 = faktor konversi ft³/m³

15,45 = faktor konversi kgr/m³

5. Degradasi Resin Penukar Ion

Apabila resin penukar ion telah digunakan dalam waktu yang lama, maka volume servisnya akan berkurang. Kualitas resin tersebut juga akan menurun. Penyebab utama dari kasus ini adalah adanya degradasi kimiawi terhadap molukul resin penukar ion. Proses degradasi dapat terjadi dalam bentuk yang bermacam-macam, yaitu :

- a. Pembengkakan tak terbalikkan (*irreversible swelling*) pada resin penukar kation.

Resin penukar kation asam kuat bertipe styrene bersifat stabil secara kimiawi dan dapat bertahan pada temperatur operasi yang tinggi. Akan tetapi, resin ini memiliki kekurangan pada sifatnya yang sangat mudah teroksidasi.

Oksidasi pada resin penukar kation asam kuat akan menyerang pada bagian matriks resin pada rantai yang menyerupai jala. Hal ini dapat menyebabkan penurunan derajat ikatan *crosslink* sehingga berakibat

resin akan mengembang secara permanen. Kapasitas pertukaran per unit volume berkurang karena adanya pembengkakan

Pada proses pengolahan air, air baku dapat memiliki kandungan *free chlorine* yang dapat bertindak sebagai agen pengoksidasi (*oxidizing agent*). Meskipun dalam konsentrasi yang rendah, pemakaian yang berkepanjangan menyebabkan adanya klorin dalam jumlah yang mencukupi untuk melakukan kontak dengan resin dan menyebabkan terjadinya pembengkakan. Selain itu, kation logam seperti Fe dan Cu dapat bertindak sebagai katalis dalam reaksi oksidasi ini. Jadi, meskipun keberadaannya dalam jumlah kecil, kedua ion tersebut dapat memicu terjadinya oksidasi. Apabila oksidasi terus terjadi, jumlah resin yang dapat larut akan semakin banyak. Butiran resin dapat melunak dan berubah bentuk dan pada saat tertentu tidak mungkin mengalirkan air pada tumpukan resin itu.

Dengan demikian, pada penggunaan resin penukar kation asam kuat, sangat penting dilakukan tahap penghilangan *oxidizing agent* dari dalam larutan sebelum dialirkan pada resin penukar ion.

- b. Gangguan karena adanya deposit padatan pada permukaan resin penukar kation.

Karena resin penukar ion yang merupakan polielektrolit yang memiliki muatan listrik, padatan tersuspensi dalam aliran fluida yang melaluinya akan cenderung melekat dan menumpuk pada permukaan resin.

Pada proses *softening* air sadah dengan resin penukar ion, senyawa padatan seperti oksida besi dapat menumpuk pada resin. Sehingga sisa kesadahan pada air olahan akan meningkat dan resin harus sering dibersihkan dengan menggunakan asam mineral atau bahan kimia lainnya.

Selain partikel tersuspensi, pengendapan juga dapat terbentuk pada permukaan resin. Kasus ini terjadi apabila proses regenerasi, dengan larutan asam sulfat, dilakukan pada resin penukar kation yang telah

banyak mengadsorpsi ion Ca^{2+} dan Ba^{2+} dalam jumlah besar. Pada kenyataannya CaSO_4 dan BaSO_4 bersifat tidak larut dan akan cenderung mengendap sehingga mengganggu kinerja resin.

c. Kontaminasi resin penukar anion oleh zat organik.

Apabila air diolah dengan menggunakan resin penukar anion basa kuat, kemurniannya dapat berkurang secara signifikan setelah pemakaian dalam jangka waktu yang lama. Hal ini disebabkan karena resin basa kuat menyerap zat organik secara *irreversible*, menyumbat mikroporinya dan mengganggu proses pertukaran ionnya. Peristiwa ini dikenal dengan istilah kontaminasi zat organik (*organic contamination*). Pada kondisi pH tertentu, kontaminan organik bahkan dapat terpolimerisasi dalam waktu yang lama, sehingga resin menjadi sangat sulit untuk diregenerasi.

d. Gangguan karena adanya deposit pada resin penukar anion.

Sama halnya dengan resin penukar kation, senyawa asing juga dapat membentuk endapan di permukaan resin penukar anion dan mengganggu proses penangkapan ion. Pada proses pengolahan air dengan resin penukar ion basa kuat, asam kerikil (*silicic acid*) dapat menumpuk pada permukaan resin dan menurunkan kemampuan resin dalam mempertukarkan ion (Diaion. 1995).

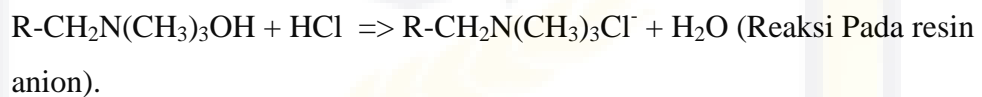
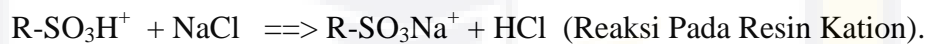
6. Regenerasi

Proses Demineralisasi atau demin plant, merupakan salah satu proses yang cukup umum digunakan dalam banyak WTP di Dunia Industri baik manufaktur, Makanan-minuman, Farmasi, maupun dalam dunia migas.

Proses demin dilakukan dengan metode Ion Exchange (Pertukaran Ion) dengan menggunakan Resin Kation dan anion, sehingga ion-ion yang terdapat pada air baku (Raw Water) dapat ditangkap oleh resin tersebut sehingga keluarannya menjadi bebas dari ion (atau minimum).

Tahap regenerasi adalah operasi penggantian ion yang terserap dengan ion awal yang semula berada dalam matriks resin dan pengembalian kapasitas ke tingkat awal atau ke tingkat yang diinginkan (Setiadi, 2007).

Nilai Elektro Conductivity atau Bisa disebut juga dengan TDS merupakan salah satu nilai parameter yang menjadi target keberhasilan proses demineralisasi. Suatu proses demineralisasi dikatakan berhasil jika dapat menurunkan nilai Conductivity atau minimum 80% atau sesuai dengan target yang diinginkan. Berikut adalah Persamaan reaksi untuk proses Ion Exchange:



Kedua reaksi tersebut akan terus terjadi selama resin yang digunakan belum mengalami kejenuhan. Apabila sudah jenuh, yang ditandai dengan tidak tercapainya target TDS atau EC maka perlu dilakukan proses regenerasi.

Proses regenerasi unit dilakukan dengan menginjeksi regeneran pada masing-masing unit. Regeneran untuk kation adalah HCl dan untuk anion adalah NaOH(Sudirman, dkk, 2015).

F. Hubungan Konduktifitas & TDS

Konduktivitas zat didefinisikan sebagai kemampuan atau kekuatan untuk melakukan atau mengirimkan panas, listrik, atau suara. Satuannya adalah Siemens per meter [S/m] di SI dan millimhos per sentimeter [mmho/cm] pada satuan AS. Simbolnya adalah k atau s (Lentech, 2014).

TDS atau *Total Dissolved Solids* adalah ukuran dari total ion dalam larutan. *Electro Conductivity* sebenarnya merupakan ukuran aktivitas ionik dari solusi dalam hal kapasitas untuk mengirimkan arus. Dalam larutan encer, TDS dan EC yang cukup sebanding. TDS dari sampel air berdasarkan nilai EC yang diukur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{TDS (mg/l)} = 0,5 \times \text{EC (dS/m atau mmho/cm)} \text{ atau}$$

$$\text{TDS(mg/l)} = 0,5 * 1000 \times \text{EC (mS/cm)}$$

Hubungan diatas juga dapat digunakan untuk memeriksa penerimaan analisis kimia air. Ini tidak berlaku untuk air limbah (Lentech, 2014).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat Dan Waktu

1. Tempat Pelaksanaan

PT. Bosowa Energi PLTU Jeneponto 2 x 125 MW, berlokasi di Desa Punagaya, Kecamatan Bangkala, Kabupaten Jeneponto, Provinsi Sulawesi Selatan.

2. Waktu Pelaksanaan

Tanggal 13 Desember 2016 sampai tanggal 26 Februari 2017 dan ditempatkan pada bagian Water Treatment Plant (WTP).

B. Teknik Pengumpulan Data

Langkah-langkah yang dilakukan antara lain :

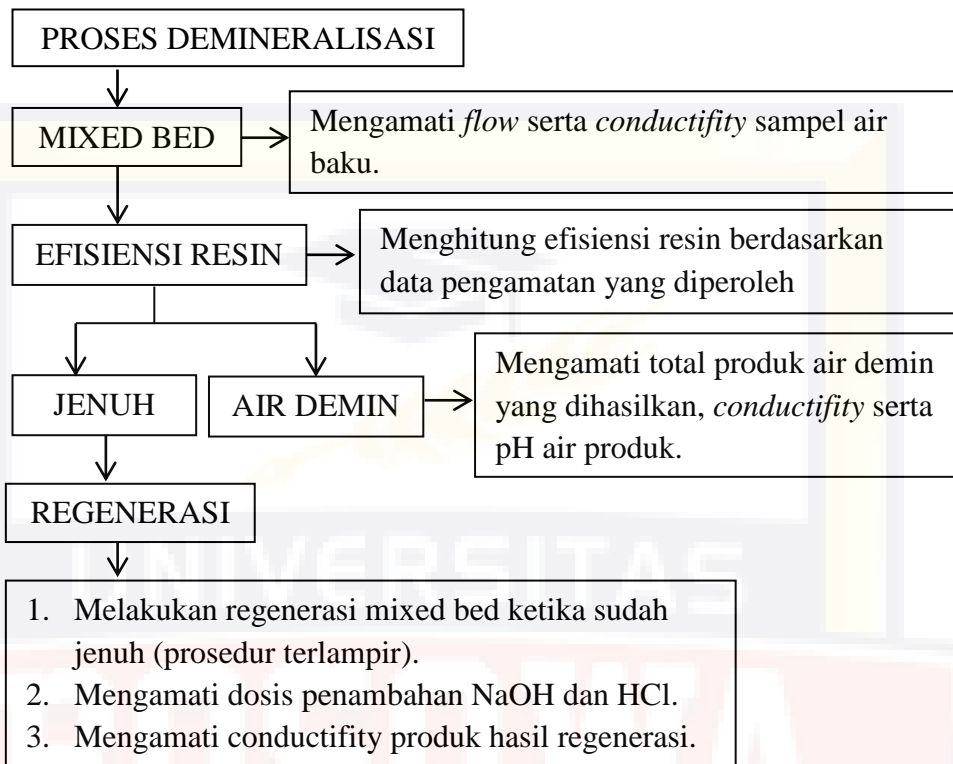
1. Melakukan pengamatan secara langsung di lapangan untuk mendapatkan data dan meminta penjelasan khususnya kepada engineer yang bertugas pada bagian water treatment plant (WTP).

Adapun parameter yang akan diamati adalah

- Konduktifitas
- pH
- Running time
- Debit air
- Volume produk
- TDS

2. Melakukan tinjauan ke lapangan secara langsung. Pengambilan data yang lain adalah dengan studi literatur, karena tidak semua peralatan memiliki alat ukur dan data-data penunjang lainnya. Wawancara dengan tenaga ahli juga dilakukan untuk mendapatkan uraian proses yang jelas.

3. Diagram Alir



Gambar3.1 Diagram alir

Tabel 3.1 Tahapan regenerasi mixed bed

Step	Timer (Second)	Fuction
Layer (Backwash)	1800	Separate cation & anion resin To remove suspended matter & broken resin
Stabile (Settling)	300	Settling after backwash
Empty1 (Drain)	100	Drain before acid/alkali injection
Pre-spray	120	
In acid/alkali	2400	enter the chemicals
Exchange (Slow Rinse)	1200	Penetrate chemical regenerant to resin voidage
In Water 1	300	Filling water before rinsing
Wash1 (Fast Rinse)	900	Fast rinse for anion resin
Wash2 (Fast Rinse)	900	Fast rinse for cation resin
Empty 2 (Drain)	360	Drain before air mix to reduce water level
Mix	900	To mix resin with air
In Water 2	300	Filling water before rinsing
Wash3	1800	Final rinse

C. Data Lapangan

Tabel 3.2 Data Hasil Analisis Laboratorium

Tanggal	Lama Operasi (jam)	Flow (m ³ /h) < 50	Input	Output		Produk (m ³)
			Conductivity (μS/cm)	pH	Conductivity (μS/cm)	
18-Feb-17	7	40.1	18.6	6.9	0.08	310
19-Feb-17	7	40.1	18.02	6.9	0.08	305
20-Feb-17	7	46.6	18.33	7.0	0.09	294
Rata-rata	7	42.27	18.32	7	0.08	303
21-Feb-17	8	45.6	19.44	7	0.09	355
22-Feb-17	8	40.6	19.95	7.0	0.09	340
23-Feb-17	8	40.2	18.03	6.9	0.11	331
Rata-rata	8	42.13	19.14	7	0.10	342
24-Feb-17	9	46.9	17.58	7.0	0.11	385
25-Feb-17	9	38.2	17.1	7.0	0.13	371
26-Feb-17	9	42.9	16.56	7	0.14	355
Rata-rata	8	42.67	17.08	7.0	0.13	370.33

D. Analisis Data

Analisis ini dilakukan dengan langsung terjun ke lapangan untuk mencatat langsung data pada unit *mixbed* serta wawancara pada *engineer* yang bertugas pada bagian *water treatment plant*.

Efisiensi dari penggunaan resin dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$VR = \frac{Q \times t \times TDS \text{ feed} \times 15,45}{TEC \times 35,34 \times \eta}$$

$$VR = \frac{Q \times t \times DS \text{ feed} \times 0,43718}{TEC \times \eta}$$

$$VP = Q.t$$

$$VR = \frac{VP \times TDS \text{ feed} \times 0,43718}{TEC \times \eta}$$

Dimana :

VR = Volume Resin (liter)

Q = Debit (m^3/jam)

t = Lamanya waktu (jam)

TDS_{feed} = Jumlah Total Kation atau Anion air baku (mg/l CaCO₃)

TEC = Kapasitas Resin Penukar Ion (kgr/ft³)

η = efisiensi resin

VP = Volume Produk (m³)

35,34 = faktor konversi ft³/m³

15,45 = faktor konversi kgr/m³

Perhitungan efisiensi resin untuk siklus operasi selama 7 jam :

Tanggal : 18 / Februari / 2017

Resin : Anion

$$VR = \frac{VP \times TDS \text{ feed} \times 0,43718}{TEC \times \eta} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{VP \times TDS \text{ feed} \times 0,43718}{TEC \times VR} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{2170 \text{ m}^3 \times 9,30 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times 0,43718}{41,8 \frac{\text{kg}}{\text{ft}^3} \times 565,2 \text{ m}^3} \times 100\%$$

$$\eta = 37,34 \% \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right)$$

Untuk perhitungan efisiensi resin lainnya dapat dilihat pada lampiran 3.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Dari pengamatan dan perhitungan terhadap efisiensi resin pada tiga siklus didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1.Data Perhitungan Efisiensi Resin di hari pertama operasi.

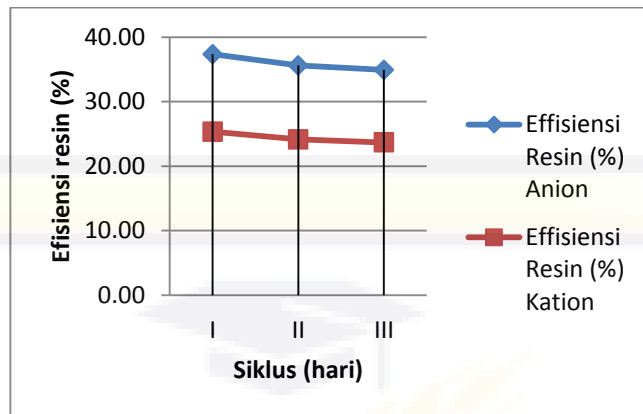
Siklus (hari)	Waktu (jam)	Efisiensi Resin (%)	
		Anion	Kation
I	7	37.34	25.34
	8	51.08	34.66
	9	56.36	38.24

Tabel 4.2.Data Perhitungan Efisiensi Resin di hari kedua operasi.

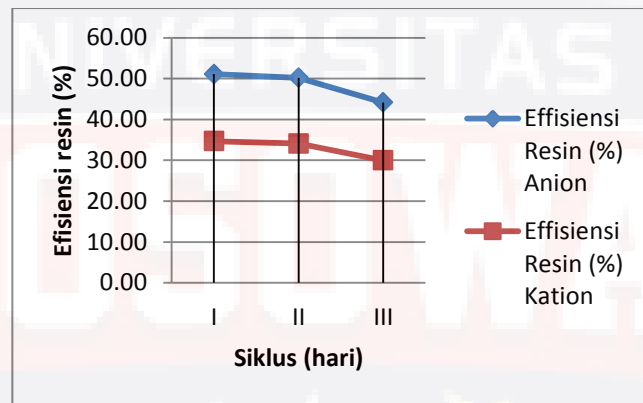
Siklus (hari)	Waktu (jam)	Efisiensi Resin (%)	
		Anion	Kation
II	7	35.60	24.15
	8	50.21	34.07
	9	52.83	35.85

Tabel 4.3.Data Perhitungan Efisiensi Resin di hari ketiga operasi.

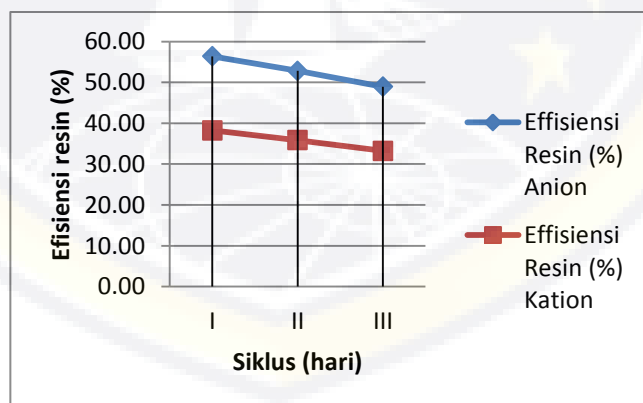
Siklus (hari)	Waktu (jam)	Efisiensi Resin (%)	
		Anion	Kation
III	7	56.36	38.24
	8	52.83	35.85
	9	48.95	33.22



Gambar 4.1. Grafik Penurunan Efisiensi Resin tiap operasi selama 7 jam.



Gambar 4.2. Grafik Penurunan Efisiensi Resin tiap operasi selama 8 jam.

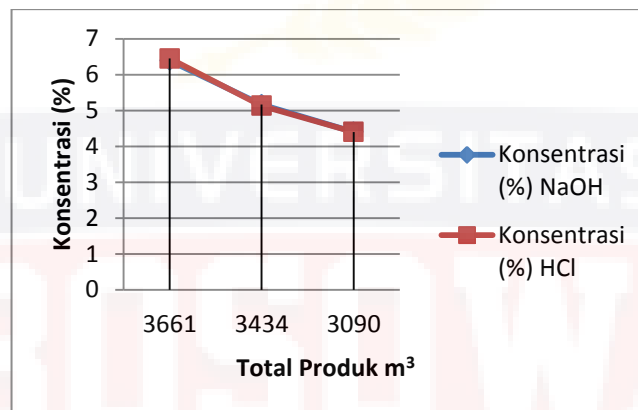


Gambar 4.3. Grafik Penurunan Efisiensi Resin tiap operasi selama 9 jam.

2. Dari pengamatan setiap kali melakukan regenerasi didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.4. Data hasil tiap kali regenerasi mixed bed

No	Konsentrasi (%)		Conductivity Produk	Total Produk (m ³)
	NaOH	HCl		
1	6.39	6.45	0.07	3661
2	5.17	5.13	0.09	3434
3	4.40	4.40	0.10	3090



Gambar 4.4. Grafik perbandingan konsentrasi NaOH dan HCl terhadap hasil regenerasi mixed bed

B. Pembahasan

Dalam usaha demineralisasi air, air baku yang mengandung ion akan dikontakkan dengan resin, efisiensi resin pada unit *mixed bed* menunjukkan kinerja resin dalam menukarkan ion pada air baku.

Berdasarkan perhitungan efisiensi resin pada tabel 4.1, didapatkan hasil efisiensi Siklus I yaitu efisiensi untuk resin anion sebesar 37,34 % dan efisiensi untuk resin kation sebesar 25,34 %, Siklus II untuk efisiensi resin anion sebesar 35,60 % dan efisiensi untuk resin kation sebesar 24,15 %. Siklus III untuk efisiensi resin anion sebesar 34,90% dan efisiensi untuk resin kation sebesar 23,68 %.

Berdasarkan perhitungan efisiensi resin pada tabel 4.2, didapatkan hasil efisiensi Siklus I yaitu efisiensi untuk resin anion sebesar 51,08 % dan efisiensi untuk resin kation sebesar 34,66 %, Siklus II untuk efisiensi resin anion sebesar 50,21 % dan efisiensi untuk resin kation sebesar 34,07%. Siklus III untuk efisiensi resin anion sebesar 44,17% dan efisiensi untuk resin kation sebesar 29,98 %.

Berdasarkan perhitungan efisiensi resin pada tabel 4.3, didapatkan hasil efisiensi Siklus I yaitu efisiensi untuk resin anion sebesar 56,36 % dan efisiensi untuk resin kation sebesar 38,24 %, Siklus II untuk efisiensi resin anion sebesar 52,83 % dan efisiensi untuk resin kation sebesar 35,85%. Siklus III untuk efisiensi resin anion sebesar 48,95% dan efisiensi untuk resin kation sebesar 33,22 %.

Dari ketiga data diatas memperlihatkan bahwa terjadi penurunan kualitas resin dalam penukaran ion pada tiap siklus operasi mixed bed, hal ini dapat disebabkan oleh karena apabila resin penukar ion telah digunakan dalam waktu yang lama, maka volume servisnya akan berkurang. Kualitas resin tersebut juga akan menurun. Penyebab utama dari kasus ini adalah adanya degradasi kimiawi terhadap molukul resin penukar ion. Proses degradasi dapat terjadi dalam bentuk yang bermacam-macam, misalnya oksidasi matriks resin karena adanya agen pengoksidasi, dekomposisi gugus penukar ion karena pengaruh termal ataupun oksidasi, kontaminasi matriks resin karena adsorpsi material asing, atau karena pecahnya padatan resin. Hal – hal tersebut dapat mendekomposisi resin sehingga pada saat proses pengontakan resin dengan air baku maka resin tidak dapat bekerja secara maksimal.

Tahap regenerasi adalah operasi penggantian ion yang terserap dengan ion awal yang semula berada dalam matriks resin dan pengembalian kapasitas ketinggian awal atau ke tingkat yang diinginkan. Larutan regenerasi harus dapat menghasilkan titik puncak (mengembalikan waktu regenerasi dan jumlah larutan yang digunakan). Jika sistem dapat dikembalikan ke kemampuan

pertukaran awal, maka ekuivalen ion yang digantikan harus sama dengan ion yang dihilangkan selama tahap layanan. Jadi secara teoritik, jumlah larutan regenerasi (dalam ekuivalen) harus sama dengan jumlah ion (dalam ekuivalen) yang dihilangkan (kebutuhan larutan regenerasi teoritik). Operasi regenerasi agar resin mempunyai kapasitas seperti semula sangat mahal, oleh sebab itu maka regenerasi hanya dilakukan untuk menghasilkan sebagian dari kemampuan pertukaran awal. Upaya tersebut berarti bahwa regenerasi ditentukan oleh tingkat regenerasi yang diinginkan. Tingkat regenerasi dinyatakan sebagai jumlah larutan regenerasi yang digunakan per volume resin. Perbandingan kapasitas operasi yang dihasilkan pada tingkat regenerasi tertentu dengan kapasitas pertukaran yang secara teoritik yang dapat dihasilkan pada tingkat regenerasi itu disebut efisiensi regenerasi. Besaran untuk menyatakan tingkat efisiensi penggunaan larutan regenerasi adalah nisbah regenerasi (regeneration ratio) yang didefinisikan sebagai berat larutan regenerasi dinyatakan dalam ekuivalen atau gram CaCO_3 dibagi dengan beban pertukaran ion yang dinyatakan dalam satuan yang sama. Semakin rendah nisbah regenerasi, semakin efisien penggunaan larutan regenerasi. Harga nisbah regenerasi merupakan kebalikan harga efisiensi regenerasi. Operasi regenerasi dilakukan dengan mengalirkan larutan regenerasi dari atas. Proses regenerasi unit dilakukan dengan menginjeksi regeneran pada masing-masing unit. Regeneran untuk kation adalah HCl dan untuk anion adalah NaOH.

Kemudian berdasarkan hasil pengamatan pada saat melakukan regenerasi diperoleh hasil pengamatan yang bervariasi, dimana pada konsentrasi NaOH 6,39% dan Konsentrasi HCl 6,45% diperoleh nilai konduktifitas produk 0,07 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dengan total produksi sebanyak 3661 m^3 . Untuk konsentrasi NaOH 5,17% dan HCl 5,13% diperoleh nilai konduktifitas produk 0,09 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dengan total produksi sebanyak 3434 m^3 . Sedangkan untuk NaOH 4,40% dan HCl 4,40% diperoleh nilai konduktifitas produk 0,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dengan hasil produksi sebanyak 3090 m^3 .

Hasil terbaik adalah konsentrasi 6,39% NaOH dan 6,45% HCl dengan nilai konduktifitas produk 0,07 $\mu\text{S}/\text{cm}$ serta hasil produksi sebanyak 3661 m^3 . Hal ini direkomendasikan namun dosis penggunaan bahan kimia terlalu besar sehingga bisa menelan biaya yang cukup besar.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Dari hasil analisis efisiensi resin penukar ion pada sistem demineralisasi didapatkan hasil bahwa terjadi penurunan kualitas resin dalam penukaran ion pada tiap siklus operasi mixed bed berturut – turut pada siklus pertama hingga ketiga. Sehingga resin penukar ion tersebut perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut dalam penggunaannya agar kinerjanya bisa lebih maksimal.
2. Tahap regenerasi didapatkan hasil pengamatan yang bervariasi, dimana pada konsentrasi NaOH 6,39% dan Konsentrasi HCl 6,45% diperoleh nilai konduktivitas produk 0,07 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dengan total produksi sebanyak 3661 m^3 merupakan hasil terbaik dalam prosedur regenerasi resin penukar ion.

B. Saran

1. Dengan adanya penurunan efisiensi resin dalam menukar ion, maka perlu dilakukan evaluasi dan perbaikan baik berupa pengecekan dan penambahan volume resin.
2. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai pelaksanaan regenerasi resin.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Artikel pembangkit listrik tenaga uap.2011* (online) <http://fariz-pembangkitlistrik.blogspot.com/2011/12/bagian-bagian-pltu.html>.
2. Austin, T.G. 1996. *Industri Proses Kimia*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
3. Diaion. 1995. *Manual of Ion Exchange Resins and Synthetic Adsorbent Jilid I*. Mitsubishi Chemical Corporation.
4. Dorfner K dan Hartomo A.J. 1995. *IPTEK Penukar Ion, edisi pertama*, penerbit Andi offset, Yogyakarta
5. Ismono. 1988. *Catatan kuliah Zat Penukar Ion dan Reaksi Penukaran Ion dalam Analisa Kimia, Jurusan Kimia FMIPA, ITB*.
6. Kemmer dan Frank N, 1988. "*The Nalco Water Handbook second Edition*", Mc.Grow Hill Book Company
7. 2014. *Konduktifitas Air*. <http://www.lenntech.com/applications/ultrapure/conductivity/water-conductivity.htm>
8. PLN (A). 2004. *Teknologi Operasi PLTU*. Suralaya : PT PLN (Persero) Jasa Diklat Unit Pendidikan Dan Pelatihan Suralaya
9. PLN (B). 2004. *Prinsip Dasar PLTU*. Suralaya : PT PLN (Persero) Jasa Diklat Unit Pendidikan Dan Pelatihan Suralaya.
10. Setiadi T. 2007. *Diktat Kuliah Pengolahan dan Penyediaan Air*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
11. *Airdan fungsinya sebagai umpan boiler dan cooling tower*. (<http://smk3ea.wordpress.com/2008/07/08/>).

Lampiran 1

Data Fisik Resin

Jenis Data	Jenis Resin			
	Anion		Kation	
Jenis Resin	001X7MB		201X7MB	
Tinggi Resin	0,5	m	1	M
Diameter Mixbed	1,2	m	1,2	M
Berat Resin	960	kg	1750	Kg
Kapasitas Resin	41,8	eq/l	30,8	eq/l
Volume Resin	565,2	m ³	1130,4	m ³

Tanggal	Lama Operasi (jam)	Flow (m ³ /h) < 50	Input	Output		Produk (m ³)
			Conductivity (μS/cm)	pH (6 - 8)	Conductivity (μS/cm)	
18-Feb-17	7.00	40.1	18.6	6.99	0.08	310
19-Feb-17	7.00	40.1	18.02	6.99	0.08	305
20-Feb-17	7.00	46.6	18.33	7.03	0.09	294
Rata-rata	7.00	42.27	18.32	7.00	0.08	303.00
21-Feb-17	8.00	45.6	19.44	7	0.09	355
22-Feb-17	8.00	40.6	19.95	7.03	0.09	340
23-Feb-17	8.00	40.2	18.03	6.98	0.11	331
Rata-rata	8.00	42.13	19.14	7.00	0.10	342.00
24-Feb-17	9.00	46.9	17.58	7.03	0.11	385
25-Feb-17	9.00	38.2	17.10	7.03	0.13	371
26-Feb-17	9.00	42.9	16.56	7	0.14	355
Rata-rata	8.00	42.67	17.08	7.02	0.13	370.33

Lampiran 2

Perhitungan Konversi Nilai Konduktifity ke TDS

Untuk menghitung nilai TDS dari nilai konduktifity dapat menggunakan rumus (Lentech, 2014) :

$$\text{TDS(mg / l)} = 0,5 * 1000 \times \text{EC (mS / cm)}$$

Sehingga diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 7. Konversi Nilai Konduktifity ke TDS

Tanggal	Input		Output	
	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	TDS (mg/l CaCO_3)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	TDS (mg/l CaCO_3)
18-Feb-17	18.6	9.3	0.08	0.04
19-Feb-17	18.02	9.0	0.08	0.04
20-Feb-17	18.33	9.2	0.09	0.05
21-Feb-17	19.44	9.7	0.09	0.05
22-Feb-17	19.95	10.0	0.09	0.05
23-Feb-17	18.03	9.0	0.11	0.06
24-Feb-17	17.58	8.8	0.11	0.06
25-Feb-17	17.10	8.6	0.13	0.07
26-Feb-17	16.56	8.3	0.14	0.07

Lampiran 3

Lampiran 3.1. Perhitungan Efisiensi Resin tiap operasi selama 7 jam

Tanggal	Lama Operasi (jam)	Flow (m ³ /h) < 50	Input		Output			Produk (m ³)	Efisiensi resin	
			Conductivity (μS/cm)	TDS (mg/l CaCO ₃)	pH (6 - 8)	Conductivity (μS/cm)	TDS (mg/l CaCO ₃)		Anion	Kation
18-Feb-17	7.00	40.1	18.6	9.3	6.99	0.08	0.04	310	37.34	25.34
19-Feb-17	7.00	40.1	18.02	9.0	6.99	0.08	0.04	305	35.60	24.15
20-Feb-17	7.00	46.6	18.33	9.2	7.03	0.09	0.05	294	34.90	23.68
Rata-rata	7.00	42.27	18.32	9.16	7.00	0.08	0.04	303.00	35.95	24.39

Lampiran 3.2. Perhitungan Efisiensi Resin tiap operasi selama 8 jam

Tanggal	Lama Operasi (jam)	Flow (m ³ /h) < 50	Input		Output			Produk (m ³)	Efisiensi resin	
			Conductivity (μS/cm)	TDS (mg/l CaCO ₃)	pH (6 - 8)	Conductivity (μS/cm)	TDS (mg/l CaCO ₃)		Anion	Kation
21-Feb-17	8.00	45.6	19.44	9.7	7	0.09	0.05	355	51.08	34.66
22-Feb-17	8.00	40.6	19.95	10.0	7.03	0.09	0.05	340	50.21	34.07
23-Feb-17	8.00	40.2	18.03	9.0	6.98	0.11	0.06	331	44.17	29.98
Rata-rata	8.00	42.13	19.14	9.57	7.00	0.10	0.05	342.00	48.45	32.88

Lampiran 3.3. Perhitungan Efisiensi Resin tiap operasi selama 9 jam

Tanggal	Lama Operasi (jam)	Flow (m ³ /h) < 50	Input		Output			Produk (m ³)	Efisiensi resin	
			Conductivity (μS/cm)	TDS (mg/l CaCO ₃)	pH (6 - 8)	Conductivity (μS/cm)	TDS (mg/l CaCO ₃)		Anion	Kation
24-Feb-17	9.00	46.9	17.58	8.8	7.03	0.11	0.06	385	56.36	38.24
25-Feb-17	9.00	38.2	17.10	8.6	7.03	0.13	0.07	371	52.83	35.85
26-Feb-17	9.00	42.9	16.56	8.3	7	0.14	0.07	355	48.95	33.22
Rata-rata	9.00	42.67	17.08	8.54	7.02	0.13	0.06	370.33	52.67	35.74

Lampiran 4.

Lampiran 4.1. Regenerasi sebelum siklus I

Tanggal Regenerasi	Conductivity produk ketika Jenuh ($\mu\text{S/cm}$)	Konsentrasi		Conductivity Produk Setelah Regenerasi ($\mu\text{S/cm}$)	pH Produk
		NaOH	HCl		
13-Des-16	0.2	6.39%	6.45%	0.07	6.37

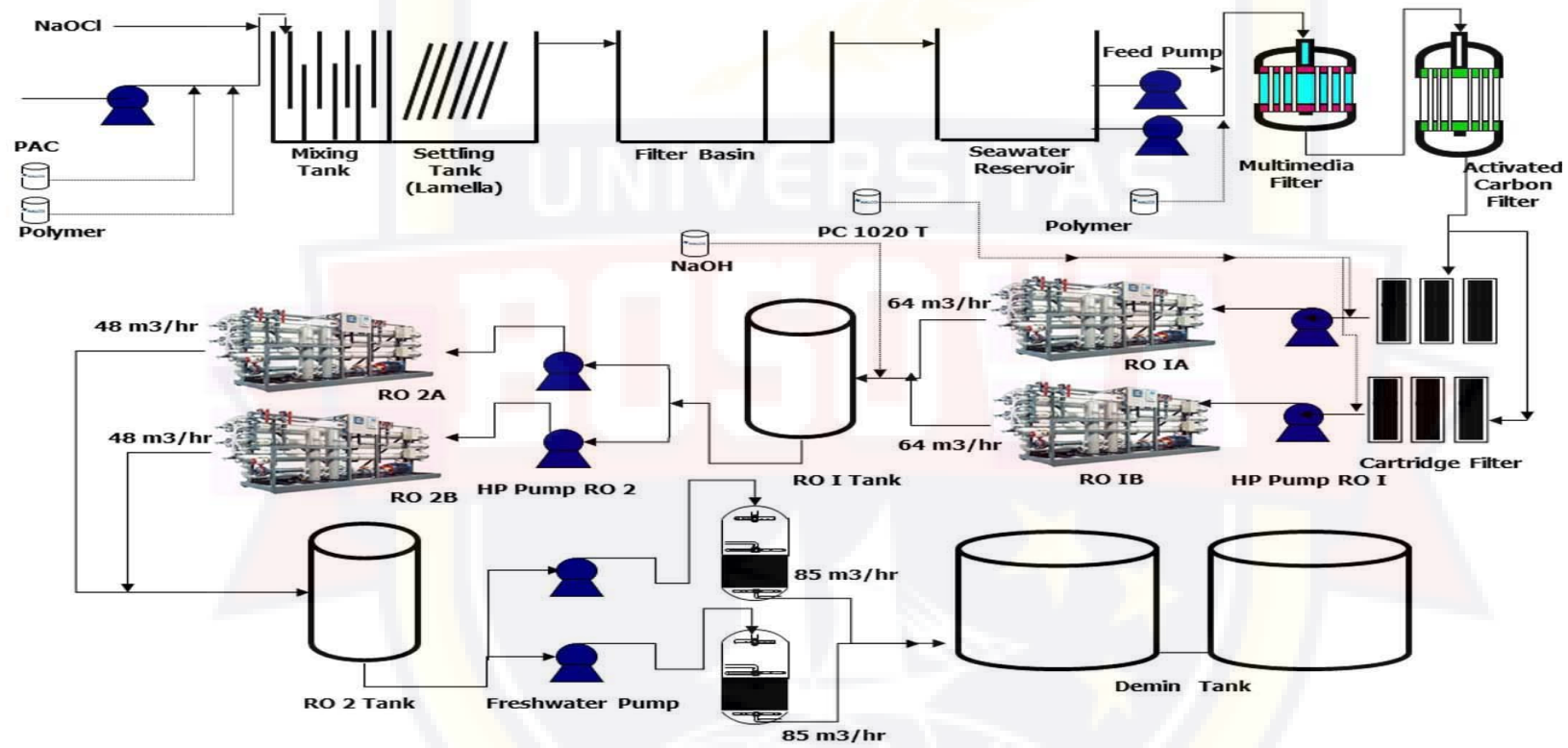
Lampiran 4.2. Regenerasi Sebelum siklus II

Tanggal Regenerasi	Conductivity produk ketika Jenuh ($\mu\text{S/cm}$)	Konsentrasi		Conductivity Produk Setelah Regenerasi ($\mu\text{S/cm}$)	pH Produk
		NaOH	HCl		
23-Dec-16	0.21	5.17%	5.13%	0.09	6.59

Lampiran 4.3. Regenerasi sebelum siklus III

Tanggal Regenerasi	Conductivity produk ketika Jenuh ($\mu\text{S/cm}$)	Konsentrasi		Conductivity Produk Setelah Regenerasi ($\mu\text{S/cm}$)	pH Produk
		NaOH	HCl		
3-Jan-17	0.2	4.40%	4.40%	0.10	6.98

Diagram alir Water Treatment Plant
PLTU JENEPONTO (2 X 125 MW) Sulawesi Selatan



Bagian-bagian Water Treatment Plant

PLTU Jeneponto PT.Bosowa Energi (2 X 125 MW) Sulawesi Selatan

1. Settling Basin



3. Sea Water Reservoir



4. Multi media Filter



5. Active Carbon Filter



6. Catrige Filter



7. First High Pressure Pump



8. primary Reverse Osmosis



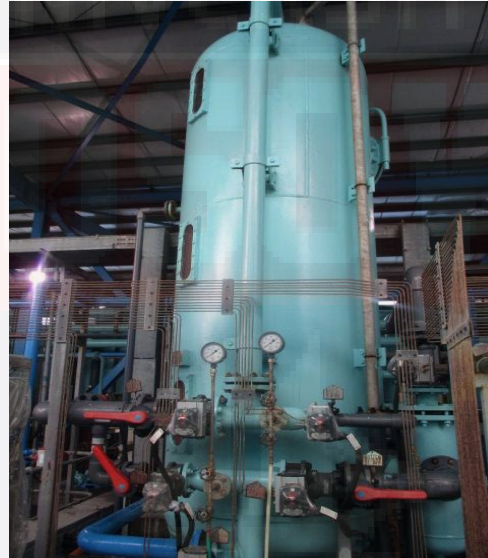
9. Second High Pressure Pump



10. Fresh and Middle Water Tank



12. Mixed Bed



13. Demin Tank



11. Secondary Reverse Osmosis

