

Sistem Pengolahan Air Limbah Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) : Studi Kasus PLTU Muara Karang

Sahlan

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Email : sahlan@gmail.com

Abdul Razak

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Abstract

Center Steam Power (power plant) is a system of several generating units that rely on mechanical energy from the steam to generate electricity. One type of waste generated by the activities of Steam Power (power plant) is a liquid waste. Power Plant is one of the Thermal Power Plant which contributes removable waste water into the surrounding environment. Waste water originating from a variety of operational activities in the area of the power plant when released into the environment without prior treatment can harm organisms that live around and through the food chain can also be harmful to human health because it generally contains a substance or substances that are potentially harmful. Based on this, the facility power plant waste water treatment system is a very important part of the system of Thermal Power Plant. This research was conducted at the facility Wastewater Treatment System / Waste Water Treatment Plant (WWTP) Muara Karang power plant. The research aims to study the WWTP plant process including the technology and materials used in processing and also compare the data output / results of initial processed WWTP design (2003) with the actual (2011). The results are expected to be used to determine the extent of conformity between the levels of contaminants are released into the environment with the quality standards recommended by the Government. The method used in this research is the field surveys and interviews, as well as data analysis by descriptive analytic. The results showed that the output of the WWTP plant Muara Karang meet quality standards, ie BOD5 3 mg / l, Chromium total 0 mg / l, Copper 0.05 mg / l, Iron 0.16 mg / l, Zinc 0.16 mg / l, pH 7.32, Oils and Fats 0.668 mg / l. Efficiency of processed products for the Iron is 87.2%, Zinc 46.67%, 21.41% Oils and Fats. Based on these data it can be seen that the process of wastewater treatment systems Muara Karang power plant includes five stages, namely the pretreatment, primary treatment, secondary treatment, tertiary treatment and sludge treatment. The performance of several components of the WWTP is less efficient due to have a lot of damage. Quality of output / processed WWTP Muara Karang power plant still operates properly, meet the quality standard of waste water issued by the government and safe for discharge into water bodies / sea.

Keywords: wastewater, wastewater treatment systems, Muara Karang power plan

1. PENDAHULUAN

Salah satu bagian penting dari Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah Sistem Pengolahan Air Limbah (*Waste Water Treatment Plant*) oleh sebab itu karakteristiknya perlu dipelajari secara seksama. Seperti diketahui, air limbah PLTU umumnya mengandung bahan atau zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta berpotensi mengganggu lingkungan hidup apabila terlepas ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu. Volume air limbah yang dihasilkan dan dibuang ke lingkungan perairan sekitarnya relatif cukup banyak, yaitu hampir 80% dari air

bersih yang digunakannya. Terkait hal tersebut suatu pembangkit listrik thermal harus menerapkan prinsip pengendalian limbah secara cermat dan terpadu baik di dalam proses produksi (*in-pipe pollution prevention*) maupun setelah proses produksi (*end-pipe pollution prevention*). Pengendalian dalam proses produksi bertujuan untuk meminimalkan volume limbah yang ditimbulkan dan konsentrasi serta toksisitas kontaminannya, sedangkan pengendalian setelah proses produksi dimaksudkan untuk menurunkan konsentrasi kontaminan agar pada akhirnya air tersebut memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan oleh pemerintah. Untuk maksud

tersebut Pemerintah telah mengeluarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 08 Tahun 2009 tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal dan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit yang mengandalkan energi mekanis dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Dalam PLTU, energi primer yang dikonversikan menjadi energi listrik adalah bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan dapat berupa batubara (padat), minyak (cair), atau gas. Ada kalanya PLTU menggunakan kombinasi beberapa macam bahan bakar.

Konversi energi tingkat pertama yang berlangsung dalam PLTU adalah konversi energi primer menjadi energi panas (kalor). Hal ini dilakukan dalam ruang bakar dari ketel uap PLTU. Energi panas ini kemudian dipindahkan ke dalam air yang ada dalam pipa ketel untuk menghasilkan uap yang dikumpulkan dalam drum dari ketel. Uap dari drum ketel dialirkan ke turbin uap. Dalam turbin uap, energi (*enthalpy*) uap dikonversikan menjadi energi mekanis penggerak generator, dan akhirnya energi mekanik dari turbin uap ini dikonversikan menjadi energi listrik oleh generator.

PLTU Muara Karang berlokasi di Teluk Jakarta Utara, mempunyai 5 unit operasional pembangkit listrik, yaitu 3 unit berkapasitas 100 MWe masing-masing dan 2 unit berkapasitas masing-masing 200 MWe. Peralatan utamanya yaitu *boiler*, turbin, kondensor dan generator, sedangkan peralatan pendukung diantaranya yaitu instalasi sistem pengolahan air limbah. Selama proses produksi digunakan sejumlah air tawar sebagai media kerja dan diperoleh dari hasil pengolahan air laut melalui peralatan *water treatment plant* yang diharapkan air tersebut memenuhi syarat untuk pengisian *boiler*. Selanjutnya air dialirkan ke *boiler* dan dipanaskan menggunakan bahan bakar minyak atau bakar batubara. Uap hasil produksi *boiler* dialirkan ke turbin guna menghasilkan tenaga mekanis untuk memutar generator dan menghasilkan tenaga listrik. Listrik dialirkan di kawasan Jakarta dan sekitarnya dengan sistem interkoneksi Jawa, Madura dan Bali untuk kegiatan industri, rumahtangga dsb. Selama proses produksi energi listrik tersebut akan

dihasilkan residu terlarut dalam air limbahnya yang selanjutnya diolah di dalam *Waste Water Treatment* agar memenuhi baku mutu air limbah yang telah ditetapkan oleh Pemerintah agar aman dibuang ke lingkungan perairan di sekitarnya.

Seperti diketahui, PLTU Muara Karang merupakan salah satu industri modern berskala besar karena menghasilkan produk listrik dengan daya cukup besar. Selain memberikan pengaruh cukup signifikan terhadap lingkungan hidup perairan, air limbah dari PLTU dimungkinkan dapat berpengaruh terhadap keseimbangan alam, seperti pencemaran lingkungan. Makin besar daya listrik yang terpasang dalam suatu unit pembangkit, makin besar pula limbah yang dihasilkan, serta makin luas pula perairan yang tercemar.

2. KAJIAN LITERATUR

Proses Konversi Energi

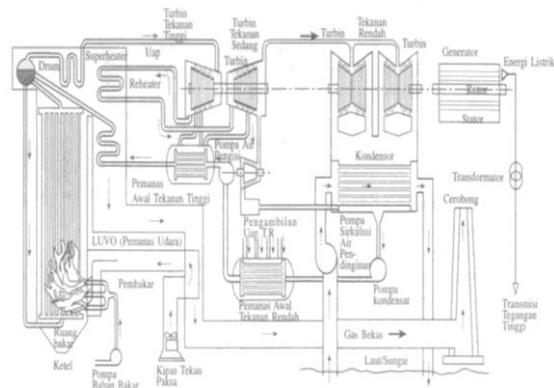
Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah suatu sistem dari beberapa unit pembangkit yang mengandalkan energi mekanis dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Dalam PLTU, energi primer yang dikonversikan menjadi energi listrik adalah bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan dapat berupa batubara (padat), minyak (cair), atau gas. Ada kalanya PLTU menggunakan kombinasi beberapa macam bahan bakar.

Konversi energi tingkat pertama yang berlangsung dalam PLTU adalah konversi energi primer menjadi energi panas (kalor). Hal ini dilakukan dalam ruang bakar dari ketel uap PLTU. Energi panas ini kemudian dipindahkan ke dalam air yang ada dalam pipa ketel untuk menghasilkan uap yang dikumpulkan dalam drum dari ketel. Uap dari drum ketel dialirkan ke turbin uap. Dalam turbin uap, energi (*enthalpy*) uap dikonversikan menjadi energi mekanis penggerak generator, dan akhirnya energi mekanik dari turbin uap ini dikonversikan menjadi energi listrik oleh generator. Secara skematis, proses tersebut di atas digambarkan oleh Gambar 1.

Siklus Uap dan Air

Gambar 1. menggambarkan siklus uap dan air yang berlangsung dalam PLTU yang dayanya relatif besar, di atas 200 MW. Untuk PLTU ukuran ini, umumnya memiliki pemanas ulang dan pemanas awal serta mempunyai 3 turbin

yaitu turbin tekanan tinggi, turbin tekanan menengah dan turbin tekanan rendah. Siklus yang digambarkan oleh Gambar 2.1 telah disederhanakan, yaitu bagian yang menggambarkan sirkuit pengolahan air untuk suplesi dihilangkan untuk penyederhanaan. Suplesi air ini diperlukan karena adanya kebocoran uap pada sambungan-sambungan pipa uap dan adanya *blowdown* air dari drum ketel.



Gambar 1. Prinsip kerja PLTU.

Air dipompakan ke dalam drum dan selanjutnya mengalir ke pipa-pipa air yang merupakan dinding yang mengelilingi ruang bakar ketel. Ke dalam ruang bakar ketel disemprotkan bahan bakar dan udara pembakaran. Bahan bakar yang dicampur udara ini dinyalakan dalam ruang bakar sehingga terjadi pembakaran dalam ruang bakar. Pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar mengubah energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi panas (kalori). Energi panas hasil pembakaran ini dipindahkan ke air yang ada dalam pipa air ketel melalui proses radiasi, konduksi, dan konveksi.

Untuk melaksanakan pembakaran diperlukan oksigen yang diambil dari udara. Oleh karena itu, diperlukan pasokan udara yang cukup ke dalam ruang bakar. Untuk keperluan memasok udara ke ruang bakar, ada kipas (*ventilator*) tekan dan kipas isap yang dipasang masing-masing pada ujung masuk udara ke ruang bakar dan pada ujung keluar udara dari ruang bakar (lihat Gambar 1).

Gas hasil pembakaran dalam ruang bakar setelah diberi "kesempatan" memindahkan energi panasnya ke air yang ada di dalam pipa air ketel, dialirkan melalui saluran pembuangan gas buang untuk selanjutnya dibuang ke udara melalui cerobong. Gas buang sisa pembakaran ini masih

mengandung banyak energi panas karena tidak semua energi panasnya dapat dipindahkan ke air yang ada dalam pipa air ketel. Gas buang yang masih mempunyai suhu di atas 400°C ini dimanfaatkan untuk memanasi (lihat Gambar 1) :

a. Pemanas Lanjut (*Super Heater*)

Di dalam pemanas lanjut, mengalir uap dari drum ketel yang menuju ke turbin uap tekanan tinggi. Uap yang mengalir dalam pemanas lanjut ini mengalami kenaikan suhu sehingga uap air ini semakin kering, oleh karena adanya gas buang di sekeliling pemanas lanjut.

b. Pemanas Ulang (*Reheater*)

Uap yang telah digunakan untuk menggerakkan turbin tekanan tinggi, sebelum menuju turbin tekanan menengah, dialirkan kembali melalui pipa yang dikelilingi oleh gas buang. Di sini uap akan mengalami kenaikan suhu yang serupa dengan pemanas lanjut.

c. *Economizer*

Air yang dipompakan ke dalam ketel, terlebih dahulu dialirkan melalui economizer agar mendapat pemanasan oleh gas buang. Dengan demikian suhu air akan lebih tinggi ketika masuk ke pipa air di dalam ruang bakar yang selanjutnya akan mengurangi jumlah kalori yang diperlukan untuk penguapan (lebih ekonomis).

d. Pemanas Udara

Udara yang akan dialirkan ke ruang pembakaran yang digunakan untuk membakar bahan bakar terlebih dahulu dialirkan melalui pemanas udara agar mendapat pemanasan oleh gas buang sehingga suhu udara pembakaran naik yang selanjutnya akan mempertinggi suhu nyala pembakaran.

Dengan menempatkan alat-alat tersebut di atas dalam saluran gas buang, maka energi panas yang masih terkandung dalam gas buang dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin.

Energi panas yang timbul dalam ruang pembakaran sebagai hasil pembakaran, setelah dipindahkan ke dalam air yang ada dalam pipa air ketel, akan menaikkan suhu air dan menghasilkan uap. Uap ini dikumpulkan dalam drum ketel. Uap yang terkumpul dalam drum ketel mempunyai tekanan dan suhu yang tinggi di mana bisa mencapai sekitar 100 kg/cm² dan 530°C. Energi uap yang tersimpan dalam drum ketel dapat digunakan untuk mendorong atau

memanasi sesuatu (uap ini mengandung *enthalpy*). Drum ketel berisi air di bagian bawah dan uap yang mengandung *enthalpy* di bagian atas.

Uap dari drum ketel dialirkan ke turbin uap, dan dalam turbin uap, energi (*enthalpy*) dari uap dikonversikan menjadi energi mekanis penggerak generator. Turbin pada PLTU besar, di atas 150 MW, umumnya terdiri dari 3 kelompok, yaitu turbin tekanan tinggi, turbin tekanan menengah, dan turbin tekanan rendah. Uap dari drum ketel mula-mula dialirkan ke turbin tekanan tinggi dengan terlebih dahulu melalui pemanas lanjut agar uapnya menjadi kering. Setelah keluar dari turbin tekanan tinggi, uap dialirkan ke pemanas ulang untuk menerima energi panas dari gas buang sehingga suhunya naik. Dari pemanas ulang, uap dialirkan ke turbin tekanan menengah. Keluar dari turbin tekanan menengah, uap langsung dialirkan ke turbin tekanan rendah.

Dari turbin tekanan rendah, uap dialirkan ke kondensor untuk diembunkan. Kondensor memerlukan air pendingin untuk mengembunkan uap yang keluar dari turbin tekanan rendah. Oleh karena itu, banyak PLTU dibangun di pantai, karena dapat menggunakan air laut sebagai air pendingin kondensor dalam jumlah yang besar.

Setelah air diembunkan dalam kondensor, air kemudian dipompa ke tangki pengolah air. Dalam tangki pengolah air ada penambahan air untuk mengkompensasi kehilangan air yang terjadi karena kebocoran. Dalam tangki pengolah air, air diolah agar memenuhi mutu yang diinginkan untuk air ketel. Dari tangki pengolah air, air dipompa kembali ke ketel, tetapi terlebih dahulu melalui *economizer*. Dalam *economizer*, air mengambil energi panas dari gas buang sehingga suhunya naik, kemudian baru mengalir ke ketel uap.

Gambar-gambar 2A sampai dengan 2.2F adalah foto-foto dari berbagai bagian PLTU.



Gambar 2A. Coal yard PLTU Suralaya 4 x 400 MW dan 3 x 600 MW di Jawa Barat di mana tampak conveyor pengangkut batu bara dan cerobong.



2B

Gambar 2B. Sistem pengolahan air limbah PT. PJB UP Muara Karang



2C

Gambar 2C. Ruang turbin PLTU Tanjung Jati B 2 x 661 MW di Jepara-Jawa Tengah



2D

Gambar 2D. Kondensor PLTU Tanjung Jati B 2 x 661 MW di Jepara-Jawa Tengah



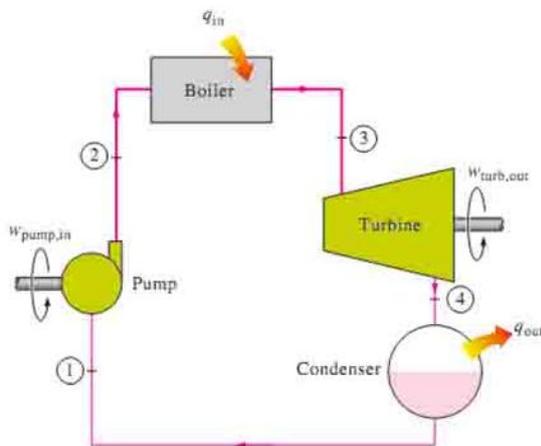
2E

Gambar 2E. Feed water tank dengan deaerator tank PLTU Paiton Unit 8 di Jawa Timur

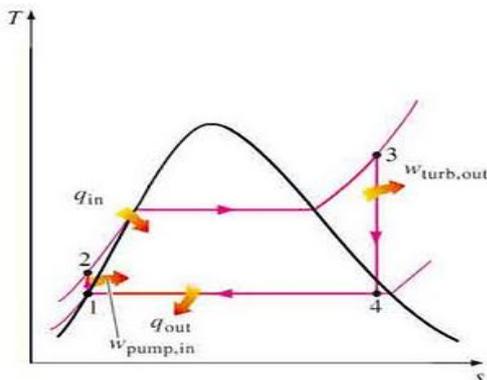
Siklus Termodinamika PLTU

Prinsip dasar dari sistem unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap berdasarkan pada ilmu termodinamika, yaitu proses perubahan panas menjadi uap. PLTU mengikuti sebuah proses siklus (proses keliling) yang disebut siklus *Rankine*. Siklus *Rankine* adalah siklus cair-uap,

yang merupakan dasar dari sistem pembangkit tenaga uap. Skema sederhana dan siklus PLTU adalah seperti berikut ini:



Gambar 3. Skema sederhana siklus PLTU



Gambar 4. Diagram T-S siklus rankine ideal

Siklus Rankine ideal terdiri dari:

1. Proses kompresi isentropis yaitu pemompaan air masuk ke dalam boiler (1-2). Disini tekanan bertambah tinggi dan suhu sedikit naik.
2. Proses pemberian kalor dengan tekanan yang konstan di dalam boiler yang menjadikan air berubah menjadi uap panas lanjut (2-3). Disini volume bertambah besar, suhu bertambah tinggi dan entropi bertambah besar.
3. Proses ekspansi isentropis/ adiabatik uap di dalam turbin (3-4) yang menjadikan turbin berputar guna memutar poros generator untuk menghasilkan listrik. Disini volume uap bertambah besar, tekanan menurun, suhu menurun dan entropi konstan.
4. Proses pengembunan uap keluar turbin menjadi air kembali di dalam kondensor pada tekanan yang konstan (4-1). Disini suhu konstan dan volume mengecil.

Masalah Lingkungan

Pembangunan PLTU dapat menimbulkan dampak positif maupun negatif. Dampak positif dari pembangunan PLTU seperti misalnya: peningkatan pendidikan, peningkatan kesehatan masyarakat, peningkatan sarana transportasi dan komunikasi, peningkatan taraf hidup masyarakat, penyerapan tenaga kerja dan lain sebagainya.

Disamping itu pengoperasian PLTU juga mempunyai dampak negatif berupa buangan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Limbah yang dihasilkan dari pengoperasian PLTU dapat dikategorikan dalam tiga jenis :

- Limbah cair :
Buangan regenerasi WTP, boiler blowdown, airheater blowdown, desalination blowdown, domestic waste water, hydrogen plant, sistem air pendingin PLTU, minyak dan pelumas.
- Limbah padat :
Abu sisa pembakaran batubara atau minyak, debu (dust) batubara.
- Limbah gas :
Gas yang dihasilkan sebagai hasil sisa pembakaran bahan bakar fosil : gas carbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO_x), Sulphur Dioksida (SO₂). Gas hidrogen dari hydrogen plant.

Air Limbah

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, yang dimaksud dengan air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair.

Limbah cair bersumber dari pabrik yang biasanya banyak menggunakan air dalam proses produksinya. Di samping itu ada pula bahan baku yang mengandung air sehingga dalam proses pengolahannya air tersebut harus dibuang, mencuci suatu komponen dengan menambahkan bahan kimia tertentu. Semua jenis perlakuan ini mengakibatkan adanya air buangan. Pada industri pembangkit listrik tenaga termal, air dipompa dari sumber (laut) kemudian dilewatkan pada bagian-bagian yang membutuhkan pendinginan (kondensor), untuk selanjutnya dibuang. Oleh karena itu, pada saluran

pembuangan industri pembangkit tersebut terlihat air mengalir dalam volume yang cukup besar.

Air dari industri pembangkit membawa sejumlah padatan dan partikel, baik yang larut maupun yang mengendap. Bahan ini ada yang kasar dan ada yang halus. Seringkali air buangan industri pembangkit berwarna keruh dan bersuhu tinggi. Air limbah yang telah tercemar mempunyai ciri yang dapat diidentifikasi secara visual dari kekeruhan, warna, rasa, bau yang ditimbulkan dan indikasi lainnya. Sedangkan identifikasi secara laboratorium ditandai dengan perubahan sifat kimia air. Mungkin air telah mengandung B-3 dalam konsentrasi yang melampaui batas yang dianjurkan.

Limbah Cair PLTU

Limbah cair yang dihasilkan dari pengoperasian PLTU dapat dikelompokkan menjadi:

1. Limbah Cair Dari *External Treatment*

➤ Limbah buangan *Water Treatment Plant*

Limbah hasil sisa regenerasi *Water Treatment Plant* dapat bersifat asam ($\text{pH} < 7$) ataupun basa ($\text{pH} > 7$) tergantung dari banyaknya buangan pencucian sisa regenerasi WTP. Cara mengatasi hal ini yaitu dengan proses netralisasi, sebagai berikut :

Pada posisi permukaan tertentu air sisa buangan cucian regenerasi di dalam bak penetrasi disirkulasikan dengan pompa penetrasi (start secara manual). Tergantung dari pembacaan sensor saat itu, apabila pH menunjukkan asam ($\text{pH} < 7$), maka larutan basa dari katup tangki harian *kaustik soda* (NaOH) akan membuka dan menetralkan air buangan demikian sebaliknya dengan larutan asam dari tangki harian asam HCl. Apabila pH telah memenuhi syarat baku mutu air buangan (7-9), air buangan dibuang ke luar ke saluran pembuangan.

➤ Limbah buangan *desalination plant*

Brine dari pompa blowdown secara periodik dipantau nilai pH, suhu dan kandungan fosfatnya (apabila memakai *poly-phospat injection system*). Apabila terdapat deviasi dilakukan tindakan-tindakan koreksi agar air buangan tidak melebihi nilai ambang batas.

2. Limbah Buangan Dari *Internal Water Treatment*

Limbah dari buangan air ketel perlu dipantau dan diketahui nilai pH-nya, kandungan fosfat, tidak boleh melebihi nilai ambang batas yang diijinkan.

Apabila terjadi deviasi pada air buangan, maka segera dilakukan tindakan pencegahan (misalnya dengan mengurangi blowdown ketel dan lain sebagainya).

3. Limbah Air Pendingin Kondensor

Untuk menekan perkembangan pertumbuhan biota laut yang dapat mengganggu proses perpindahan kalor di kondensor, maka pada sisi masuk saluran air pendingin diinjeksikan larutan cairan *hypochlorite* secara berkesinambungan.

Kadar *hypochlorite* yang terlalu berlebihan dapat merusak habitat mikroorganisme biota laut sehingga dapat mengganggu ekosistem.

Apabila kadar *hypochlorite* di dalam air pendingin melebihi batas yang disyaratkan ($> 0,1$ ppm), maka perlu dilakukan koreksi pada *hypochlorite* generator dengan cara mengecilkan arus *elektrolisis*.

Limbah bahang (air panas) juga dapat dihasilkan dari air pendingin apabila panas yang dibuang dari uap bekas turbin diserap oleh air pendingin. Dalam masa rancang bangun PLTU telah dipikirkan tentang kemungkinan panas tersebut, sehingga untuk menanggulangnya saluran air pendingin (kanal) dibuat sepanjang 1.300 m agar memberi kesempatan penurunan suhu air pendingin dan suhu air laut dapat ditekan serendah mungkin ($< 2^\circ \text{C}$).

4. Limbah Domestik (*Sewage Treatment*)

Limbah domestik berasal dari buangan domestik gedung sentral dan gedung administrasi. Sebelum disalurkan ke bak *digestion* (penghancur) terlebih dahulu ditampung di bak penampungan. Dari bak penampungan dipompa ke bak penghancur. Di dalam bak penghancur, air buangan diaduk dengan udara blower agar sisa buangan teroksidir dan mengendap serta bakteri aerob dapat hidup tanpa terjadi pembusukan.

Untuk menghapus bakteri *patogen* yang dapat menyebabkan penyakit (*coli*) air buangan diinjeksi dengan larutan *sodium hypochlorite*. Sebagai parameter pengukuran hasil *treatment*

adalah : kadar sisa Cl_2 dan BOD-5 yang terkandung di dalam air buangan domestik.

Apabila melebihi nilai ambang batas, maka perlu dilakukan koreksi untuk memperbaiki kondisi *treatment* (misalnya dengan memperpanjang pengadukan atau menambah larutan *desinfectant*).

5. Limbah Dari Proses *Hydrogen Plant*

Setiap penggantian larutan elektrolit KOH sebelum dibuang ke saluran pembuangan, perlu dinetralkan terlebih dahulu dengan larutan asam.

6. Limbah Bahan Bakar Minyak Dan Pelumas

Limbah minyak umumnya berasal dari ceceran pencucian peralatan dengan bahan pencuci minyak atau ceceran dari *burner gun* yang masuk ke saluran drain gedung sentral.

Air buangan (*drain*) dari gedung sentral sebelum dibuang ke saluran pembuangan ditampung terlebih dahulu di dalam *oil separator*. Minyak dan pelumas yang lebih ringan dari air akan mengalir lewat luberan ke dalam bak khusus, sedangkan air yang bebas minyak dibuang dan disalurkan ke saluran pembuangan. Minyak atau pelumas yang tertampung di dalam bak khusus dikumpulkan dan dipindahkan secara manual ke *oil recovery pit*. Dari *oil recovery pit* dipompa ke *bunker* disatukan dengan bahan bakar MFO (*Marine Fuel Oil*).

Baku Mutu Air Limbah PLTU

Berdasarkan peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 08 tahun 2009 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pembangkit listrik tenaga termal, yang dimaksud dengan baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Usaha dan/atau kegiatan pembangkit listrik tenaga termal adalah usaha dan/atau kegiatan yang menggunakan bahan bakar baik padat, cair, dan gas maupun campuran serta menggunakan uap panas bumi untuk menghasilkan tenaga listrik.

Berikut ini baku mutu yang telah ditetapkan Menteri Lingkungan Hidup kepada industri Pembangkit Tenaga Listrik Thermal.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Pembangkit Tenaga Listrik Thermal Sumber Utama

A. Sumber Proses Utama			
No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	pH	-	6-9
2	TSS	mg/L	100
3	Minyak dan Lemak	mg/L	10
4	Klorin Bebas (Cl_2) (Bila dialirkan ke WWTP)	mg/L	0,5
5	Kromium Total (Cr)	mg/L	0,5
6	Tembaga (Cu)	mg/L	1
7	Besi (Fe)	mg/L	3
8	Seng (Zn)	mg/L	1
9	Phosphat (PO_4^{3-}) (Bila ada injeksi)	mg/L	10
B. Sumber <i>Blowdown Boiler</i> (Bila tidak dialirkan ke WWTP)			
10	pH	-	6-9
11	Tembaga (Cu)	mg/L	1
12	Besi (Fe)	mg/L	3
C. Sumber <i>Blowdown Cooling Tower</i> (Bila tidak dialirkan ke WWTP)			
13	pH	-	6-9
14	Klorin Bebas (Cl_2)	mg/L	1
15	Seng (Zn)	mg/L	1
16	Phosphat (PO_4^{3-})	mg/L	10

Tabel 2. Baku Mutu Air Limbah Pembangkit Tenaga Listrik Thermal Sumber Utama (lanjutan)

D. Sumber <i>Deminalisasi/ WTP</i> (Bila tidak dialirkan ke WWTP)			
17	pH	-	6-9
18	TSS	mg/L	100

Pengelolaan Limbah

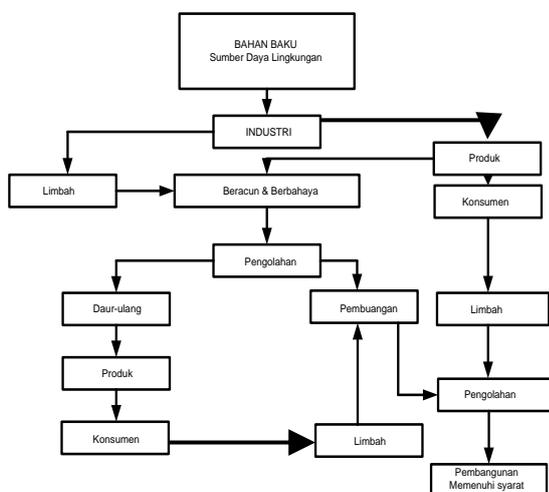
Limbah harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang jika mengandung pencemar yang mengakibatkan rusaknya lingkungan, atau paling tidak berpotensi menciptakan pencemaran. Suatu prakiraan harus dibuat terlebih dahulu dengan mengidentifikasi sumber pencemaran, fungsi dan jenis bahan, sistem pengolahan, kuantitas dan jenis buangan, serta fungsi B-3 dalam proses. Dengan mengacu pada prakiraan tersebut program pengendalian dan penanggulangan pencemaran kemudian dibuat. Limbah, baik dalam jumlah besar maupun kecil, dalam jangka panjang ataupun pendek akan mengakibatkan terjadinya perubahan pada lingkungan.

Meskipun kebanyakan limbah perlu diolah sebelum dibuang, namun tidak selamanya limbah harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Ada limbah yang dapat langsung dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu, ada limbah yang setelah diolah dapat dimanfaatkan kembali. Mekanisme pengolahan limbah dapat dilihat pada Gambar 5.

Limbah diolah dengan tujuan untuk mengambil bahan-bahan berbahaya di dalamnya dan atau mengurangi/menghilangkan senyawa-senyawa kimia maupun non-kimia yang berbahaya dan beracun. Pengolahan limbah berhubungan erat dengan sistem produksi pabrik. Ada pabrik yang telah menggunakan peralatan dengan kadar buangan rendah sehingga buangan yang dihasilkan tidak membutuhkan pengolahan. Pabrik semacam ini biasanya sudah merancang sistem pengendalian pencemarannya pada saat pembangunannya.

Limbah membutuhkan penanganan awal dan kemudian diolah lebih lanjut. Pengolahan awal tersebut akan ikut menentukan pengolahan selanjutnya sehingga kesalahan dalam metode penanganan awal akan berpengaruh terhadap pengolahan selanjutnya. Untuk menetapkan metode yang akan digunakan, kondisi limbah sudah harus diketahui sebelumnya. Parameter limbah yang memiliki potensi untuk mencemari lingkungan harus ditetapkan.

Dengan mengetahui jenis-jenis parameter di dalam limbah, maka dapat ditetapkan metode pengolahan dan jenis peralatan yang akan digunakan.



Gambar 5. Mekanisme pengolahan limbah

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan metode deskriptif dan data yang diperoleh merupakan data sekunder dari PLTU Muara Karang baik dari wawancara langsung dengan para operator/teknisi sistem pengolahan air limbah di PLTU Muara Karang maupun dari berbagai literatur terkait dengan materi penelitian. Selanjutnya dikonsultasikan dengan pembimbing skripsi di STT-PLN.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di PLTU Muara Karang, Jakarta Utara, dan dilakukan pada bulan September 2011 sampai dengan Februari 2012.

Tata Kerja

Pada penelitian dilakukan pengumpulan data, pengolahan data dan analisis data. Pengumpulan data meliputi data (i) sumber-sumber air limbah yang ada di lokasi penelitian, (ii) model diagram alir sistem pengolahan air limbah, (iii) proses pengolahan air limbah, (iv) spesifikasi sistem pengolahan air limbah dari PLTU Muara Karang, (v) kualitas air olahannya.

Pengolahan data dimaksudkan untuk memperoleh data: (i) teknologi/peralatan dan bahan kimia yang digunakan dalam sistem pengolahan air limbah, (ii) proses biologi, fisika dan kimia yang diperlukan dalam sistem pengolahan air limbah. Teknologi mendiskripsikan jenis peralatan dan spesifikasi peralatan, termasuk bahan-bahan kimia yang digunakan dalam pengolahan air limbah. Proses biologi meliputi proses pemecahan zat organik menggunakan penambahan mikroorganisme *aerob* atau *anaerob* yang sesuai dengan kebutuhan. Proses fisik meliputi penyaringan, pemisahan, aerasi dan pengadukan. Sedangkan proses kimia meliputi pengaturan pH, oksidasi, penambahan koagulan, penambahan flokulan, penetralan dan pengecekan pH air.

Analisis data dimaksudkan untuk memperoleh data: (i) karakteristik kimia air limbah yang belum diolah (*input*) dan sudah diolah (*output*) dari instalasi pengolahan air limbah, (ii) hasil olahan air limbah desain awal dan aktual. Selanjutnya data kimia air limbah PLTU yang “belum diolah (*input*)” dibandingkan dengan yang “sudah diolah (*output*)”. Nilai kemasaman (pH) dihitung berdasarkan konsentrasi ion

Hydrogen yang terkandung di dalam (*output*) air limbah menggunakan rumus :

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

Perbandingan (*input*) dengan (*output*) dihitung berdasarkan nilai efisiensinya menggunakan rumus:

$$Efisiensi = \frac{(Input - Output)}{Input} \times 100\%$$

Analisis data hasil olahan (*output*) air limbah pada desain awal (tahun 2003) dibandingkan dengan data aktual (tahun 2011) dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana sistem pengolahan air limbah masih layak beroperasi sesuai fungsi yang telah ditetapkan pada saat desain awal sehingga dapat diketahui kinerja masing-masing komponen, serta tepat tidaknya teknologi yang digunakan. Seperti diketahui, mesin dan komponennya mempunyai keterbatasan usia pakai. Tahap berikutnya adalah membandingkan data air limbah yang “sudah diolah (*output*)” dengan baku mutu air limbah PLTU yang ditetapkan oleh pemerintah sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 8 Tahun 2009.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Sumber-Sumber Air Limbah dari PLTU Muara Karang

Data yang diperoleh dari PLTU Muara Karang menunjukkan bahwa terdapat enam (6) sumber air limbah yang ada di PLTU Muara Karang, yaitu air limbah yang berasal dari (i) *Water Treatment Plant*, (ii) laboratorium, (iii) pencucian *air heater*, (iv) *boiler*, (v) pendingin kondensor, dan (vi) limbah bahan bakar minyak dan pelumas.

Water Treatment Plant merupakan proses Regenerasi Demin yaitu kelompok air limbah yang berasal dari proses pemeliharaan *Water Treatment Plant* PLTU Muara Karang. Karakteristik air limbah dari sumber tersebut bersifat asam dengan pH kurang dari 5. Air Limbah dari laboratorium merupakan hasil pencucian peralatan bahan kimia sebagai pendukung penelitian operasional PLTU. Karakteristik dari air limbahnya relatif beragam (asam maupun basa). Air limbah dari pencucian *air heater* merupakan buangan dari proses pemeliharaan komponen pendukung PLTU Muara Karang. Karakteristik air

limbahnya bersifat asam dengan nilai pH berkisar antara 2 dan 4. Air limbah dari *boiler* merupakan produk dari proses *blowdown boiler* yaitu proses pembilasan pada komponen bagian dalam *boiler* dengan maksud untuk menjaga tingkat maksimum dari padatan terlarut dan terendap pada tingkat yang diizinkan. Karakteristik air limbahnya bersifat asam dengan kandungan pH berkisar antara 4 dan 6. Air limbah dari pendingin kondensor merupakan limbah dengan karakteristik temperatur relatif panas dan mengandung unsur klorin. Limbah pendingin kondensor diolah secara terpisah di luar *waste water treatment plant* dengan cara dialirkan ke sebuah saluran yang mempunyai panjang tertentu. Limbah bahan bakar minyak dan pelumas dari PLTU Muara Karang merupakan sisa-sisa kebocoran dari beberapa komponen operasional PLTU. Limbah ini langsung dialirkan ke selokan sekitar PLTU yang bermuara ke bak penampungan akhir (sumpit).

Sistem Pengolahan Air Limbah PLTU Muara Karang

Di dalam sistem pengolahan air limbah PLTU Muara Karang terdapat sistem saluran keluar (*Outline System*) dan komponennya. Sistem Saluran Keluar (*Outline System*) terdiri dari: (i) *Main line process* untuk mengolah limbah cair, (ii) *Main line process* untuk mengolah lumpur (*sludge*), (iii) *Chemical storage & Dosing System*, (iv) *Oil return process*. Spesifikasi komponennya adalah sebagai berikut: *Screen Tank* WWTP berukuran lubang 10, 6, dan 3 mm dimaksudkan untuk menyaring sampah yang masuk menuju sumpit. *Oil Floatation* adalah kolam untuk memisahkan oli/ minyak dengan air, serta berfungsi juga dalam proses pengendapan lumpur. Komponen ini terdiri dari 1 unit motor *gear box*, *scraper* dan talang oli. Tangki Oli (*Oil Tank*) adalah tangki oli/ minyak yang dilengkapi dengan 2 unit pompa oli/ minyak untuk menampung residu yang telah terpisah dari air oleh *oil floatation*. *Water Waste Storage Ponds* (WWSP) adalah kolam aerasi yang dilengkapi dengan 2 unit pompa aerasi dan 36 unit *diffuser*. Kolam tersebut untuk menampung air limbah dari *oil floatation* apabila terjadi *peak flow* serta sebagai kolam penampung yang berfungsi menguapkan kontaminan minyak dan padatan terlarut yang telah bercampur dengan air. Blower WWTP berfungsi memompa udara ke dalam WWSP melalui *diffuser* serta untuk menurunkan konsentrasi BOD, COD dan

menguapkan kandungan minyak dan padatan yang terlarut dalam air. Kolam Oksidasi (*Oxidation Pit*) dilengkapi dengan 1 unit *mixer* dan 1 unit *pH control* berfungsi untuk menetralkan air limbah dengan mengatur pH air yang akan masuk ke *Coagulant tank/ Flocculant tank* agar nilai pH mencapai antara 6,5 dan 8,5 (optimum pH = 7). Kolam *Coagulant* dilengkapi dengan 1 unit *mixer* dan *outlet coagulant* berfungsi untuk mempersatukan unsur koloid dalam air, sehingga terjadi proses penggumpalan (koagulasi). Kolam *Flocculant* dilengkapi dengan 1 unit *mixer* dan *outlet flocculant* berfungsi untuk mempersatukan unsur hasil koagulasi dalam air, sehingga menjadi gumpalan yang lebih besar. Kolam *Clarifier* dilengkapi dengan 1 unit motor *scraper clarifier* dan *scraper clarifier* berfungsi sebagai kolam pengendap *sludge* (lumpur). *Neutralizing Pit* terdiri dari 1 unit *mixer*, *pH control* dan kolam *neutralizing pit* berfungsi sebagai sebagai kolam penampung air limbah yang sudah dilakukan proses pengendapan lumpur dan proses penetralan nilai pH (pH 6,5 – 8,5). Kolam *Clear Pit* berfungsi sebagai kolam untuk menampung air limbah dari *neutralizing pit* yang telah mempunyai kondisi netral. *Sand Filter* terdiri dari 2 tangki *sand filter* yang dilengkapi dengan 3 unit *filter pump* dan *pressure gauge* berfungsi untuk menyaring air limbah dari *clear pit* menuju *effluent* agar lebih bersih. *Effluent Tank* berfungsi sebagai kolam untuk menampung air limbah dari *sand filter* terdiri dari kolam *effluent* dan saluran pipa pembuangan ke laut. Air limbah yang ditampung dalam kolam tersebut dikontrol sebelum dibuang ke laut. Kolam *Thickener* yang dilengkapi dengan 1 unit motor *scraper thickener*, *scraper thickener* dan 2 unit *return sludge pump* berfungsi menampung *sludge* dari *oil floatation*, dan *clarifier* serta sebagai kolam penampung untuk mengendapkan *sludge*. Bak *Thickener* dilengkapi dengan 2 unit pompa *thickener*, pipa *outlet* menuju WWSP dan pipa *inlet* yang berasal dari *thickener* dan buangan *back wash* dari *sand filter* berfungsi untuk menampung air limbah dari *thickener* dan buangan *back wash* dari *sand filter*. *Filter Press* mempunyai 2 unit *filter press pump* yang dilengkapi dengan unit *pressure gauge* dan *manual hidrolis* berfungsi untuk menyaring *sludge* yang selanjutnya dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam karung. *Chemical Tower* terdiri dari 2 buah tangki yang diisi larutan HCl, dan 2 buah tangki lainnya diisi larutan NaOH, serta 2 unit pompa *transfer*, kompresor dan *solenoid valve* berfungsi untuk

mengalirkan larutan bahan kimia HCl dan NaOH ke dalam kolam oksidasi dan *Neutralizing pit*. Sistem pengaliran bahan kimia tersebut dikendalikan oleh *pH control*. Ruang Kontrol (*Control Room*) terdiri dari panel kontrol, meja kontrol, *display control*, *pH control*, 2 buah *chemical tank* dan 2 unit *dosing pump*, berfungsi mengontrol sistem operasi WWTP dengan melihat *mimic board (display control)* guna memastikan jalannya air yang terdapat di dalam pipa, kinerja dari beberapa komponen WWTP, serta pengecekan nilai pH air limbah pada indikator pH. Panel Kontrol terdiri dari *emergency stop*, MCCB dan MCB, berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan seluruh sistem WWTP. Meja kontrol mengoperasikan setiap unit peralatan WWTP secara *manual* dan otomatis, terdiri dari tombol kontrol, monitor komputer dan *emergency stop*. *Display Control* terdapat di dalam ruang kontrol, terdiri dari lampu indikator ‘on/ off’ unit peralatan dan lampu indikator aliran air, berfungsi untuk memantau aliran air di dalam pipa dan memantau operasi peralatan dari masing-masing komponen WWTP. *pH Control* terdiri dari *pH control Oxidation Pit*, *pH control Neutralizing Pit* dan *pH control Clear Pit*, berfungsi untuk mengontrol pH air pada kolam oksidasi, kolam netralisasi dan kolam bersih. Unit *pH control* akan memerintahkan penambahan asam atau basa pada kolam oksidasi dan netralisasi. Tangki Bahan Kimia (*Chemical Tank*) terdiri dari tangki PAC dan tangki polimer beserta unit *mixer* di setiap tangki, berfungsi untuk menampung dan mengaduk bahan kimia PAC dan polimer. Pompa *Dosing (Dosing Pump)* berfungsi untuk mengalirkan bahan kimia PAC/ polimer dari *chemical tank* ke *coagulant/ flocculant*.

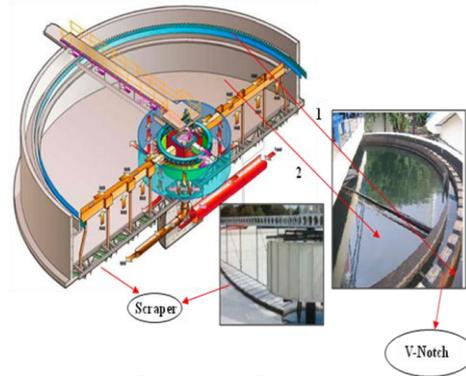
Proses Pengolahan Air Limbah dan Komponennya

Proses pengolahan air limbah pada WWTP PLTU Muara Karang melalui 5 tahapan, yaitu *pretreatment*, *primary treatment*, *secondary treatment*, *tertiary treatment* dan pengolahan lumpur. Proses *pretreatment* merupakan perlakuan pendahuluan yang meliputi penyaringan kasar. Proses *primary treatment* merupakan penyisihan partikel kasar mengendap, mengapung dan minyak/ oli/ lemak secara proses fisika. Proses *secondary treatment* merupakan penyisihan *suspended solid*, BOD, logam - logam terlarut secara proses kombinasi (fisika, kimia dan biologi). Proses *tertiary treatment* merupakan tahap lanjutan setelah

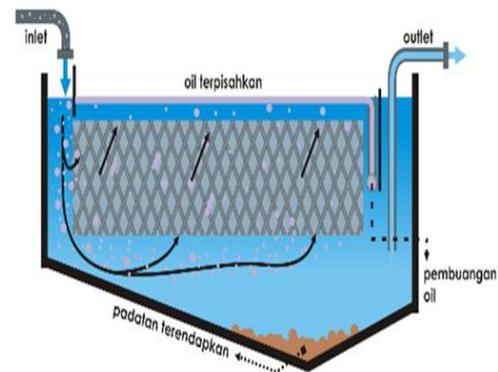
proses kombinasi fisika, kimia dan biologi. Proses pengolahan lumpur.

Pada proses *pretreatment*, komponen pentingnya adalah Sumpit dan *Screen*. Sumpit merupakan bak penampungan awal limbah, bak ini untuk menampung seluruh limbah cair PLTU Muara Karang yang masuk ke WWTP selain limbah dari pendinginan kondensor. Sistem kerja sumpit adalah limbah yang telah disaring kotorannya oleh *bar screen* ditampung di dalam sumpit, dan bila air telah mencapai *level* tengah kolam, maka pompa sumpit dengan kapasitas 20 m³/jam akan hidup secara otomatis. Bila air terus mengalir mencapai *level* di atas kolam, maka pompa sumpit dengan kapasitas 40 m³/jam akan hidup. Pompa sumpit kapasitas 40 m³/jam akan mati di *level* tengah kolam, sedangkan pompa sumpit kapasitas 20 m³/jam akan mati di *level* bawah kolam. Agar proses pengolahan air limbah berjalan dengan baik, maka alirannya terlebih dahulu melewati proses *screening* (penyaringan) pada *bar screen*. Hal ini dimaksudkan untuk memisahkan limbah cair dari sampah-sampah kasar yang dapat menghambat kerja unit-unit WWTP lainnya. Sistem kerja pada proses *screening* yaitu sampah-sampah yang masuk menuju sumpit bersama aliran air akan tertahan pada saringan yang pertama (saringan 10 mm), selanjutnya tertahan pada saringan kedua (saringan 6 mm) dan saringan yang ketiga (saringan 3 mm).

Primary Treatment terdapat *Oil Flotation* merupakan kolam pemisah antara air dengan minyak dan pengendap lumpur. Kolam ini dilengkapi oleh 1 unit *motor gear box* (penggerak untuk memutar poros penumpu *scraper* dan *separator*) dan *scraper* (alat penyapu lumpur/ *sludge*). Proses pada *oil flotation* merupakan proses pengolahan secara fisika, yaitu flotasi (pengapungan) minyak di dalam air. Hal ini karena berat jenis minyak lebih ringan dibandingkan air, sehingga minyak akan mengapung dan berada di atas permukaan air. Sistem kerja *oil flotation* adalah air dari sumpit 1, 2 dan 3 yang mengandung minyak dialirkan ke dalam silinder bagian tengah *Oil floatation* (Gambar 1). Lumpur akan langsung turun ke dasar dan disapu atau dikumpulkan dengan *Scraper*. Saat aliran air limbah masuk ke dalam *Oil floatation*, kontaminan minyak akan terpisah dengan air berdasarkan berat jenisnya sehingga minyak akan mengapung di dalam lingkaran 2 beberapa saat sebelum selanjutnya disapu menuju talang oli dan dialirkan ke *oil tank*.



Gambar 6. Skema oil

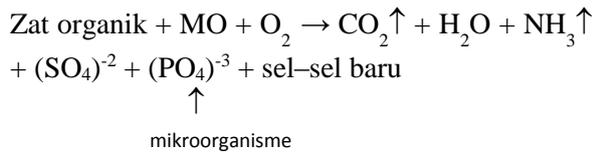


Gambar 7. Aliran minyak/oli dalam air.

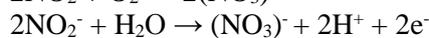
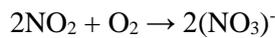
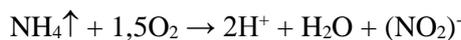
Minyak yang telah terpisah dengan air selanjutnya dialirkan ke *oil tank*, dan lumpur yang telah mengendap dialirkan ke *Thickener* dan air yang bebas dari minyak akan dialirkan ke *Water Waste Storage Ponds* (WWSP). Di dalam *oil tank* minyak akan ditampung sementara, jika telah mencapai *level* yang telah ditentukan, maka minyak akan secara otomatis dipompa ke *bunker* (dikendalikan dengan *level switch*). Residu yang telah tertampung dalam *oil tank* selanjutnya dialirkan menuju *bunker* untuk dipergunakan kembali sebagai bahan bakar PLTU.

Secondary Treatment merupakan *Waste Water Storage Ponds* (WWSP), yaitu kolam untuk menampung air limbah hasil dari *oil flotation*. Sebagai kolam *aerasi* di dalamnya terjadi proses peningkatan kandungan oksigen dalam air limbah. Proses yang terjadi di dalam WWSP adalah pengolahan kombinasi secara fisika, biologi dan kimiawi. Pengolahan air limbah secara biologi melibatkan kegiatan mikroorganisme dalam air untuk melakukan transformasi senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam air menjadi senyawa lain lebih sederhana. Mikroorganisme mengkonsumsi bahan-bahan organik membuat biomassa sel baru serta zat-zat organik dan memanfaatkan energi

yang dihasilkan dari reaksi oksidasi untuk metabolismenya. Pengolahan air limbah secara biologi dimaksudkan untuk menyisihkan atau menurunkan konsentrasi senyawa-senyawa organik maupun anorganik dengan memanfaatkan berbagai mikroorganisme, terutama bakteri (Metcalf & Eddy, 1979). Zat organik yang terkandung dalam air limbah berguna sebagai makanan dan pertumbuhan sel baru. Berikut reaksinya:



Selain pendegradasian senyawa organik pada proses biologi, proses *aerasi* juga bertujuan memisahkan larutan gas amoniak di dalam air limbah. Pengubahan amonium menjadi nitrat, yaitu dengan memanfaatkan bakteri nitrosomonas dan nitrobakter dalam suasana aerob. Berikut reaksi yang terjadi :



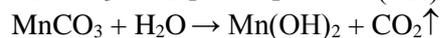
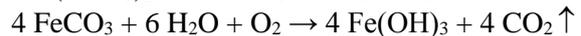
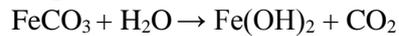
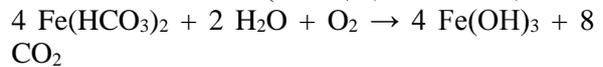
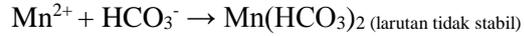
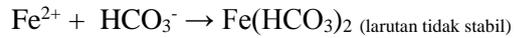
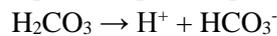
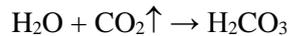
Pengolahan air limbah secara fisika melibatkan kegiatan *aerasi* secara difusi, yaitu air limbah di dalam WWSP dihembuskan udara melalui *diffuser* oleh *blower* sehingga minyak dan padatan yang larut dalam air menguap serta menyisihkan gas metan (CH₄), karbon dioksida (CO₂), H₂S, bau, rasa dan gas-gas lainnya. *Diffuser* sebagai anti sumbat dengan lubang kecil agar didapat pembagian udara yang merata. Kolam aerasi dan *diffuser* dibuat/dipasang secara terpisah yang dihubungkan dengan pipa-pipa sehingga terjadi efek pencampuran dan pengadukan yang cukup dan seluruh bagian air terkena kontak dengan oksigen terlarut (DO) dan tidak terjadi pengendapan zat padat dalam kolam. Pada proses ini terjadi pengikatan gas oksigen (O₂) oleh air sehingga menurunkan nilai BOD dan COD.

Pada proses pengolahan kimiawi terjadi reaksi pembentukan asam sulfat di dalam kolam WWSP :

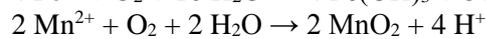
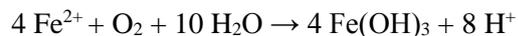


Adanya kandungan *alkalinity*, ion bikarbonat (HCO₃)⁻ yang cukup besar dalam air,

menyebabkan senyawa besi atau tembaga berada dalam bentuk senyawa Fe(HCO₃)₂ atau Mn(HCO₃)₂, berikut reaksi kimianya :

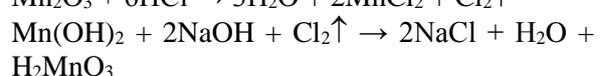
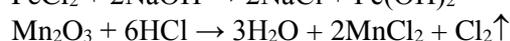
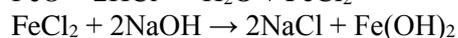
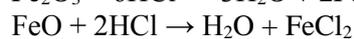
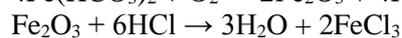


Dalam keadaan teroksidasi, besi dan mangan terlarut di air. Bentuk senyawa dengan larutan ion, keduanya terlarut pada bilangan oksidasi +2, yaitu Fe²⁺ dan Mn²⁺. Ketika kontak dengan oksigen atau oksidator lain, besi dan mangan akan teroksidasi menjadi valensi yang lebih tinggi, bentuk ion kompleks baru yang tidak larut ke tingkat yang cukup besar. Oleh karena itu, mangan dan besi dihilangkan dengan pengendapan setelah aerasi. Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut :



WWSP pada WWTP ini mempunyai 2 unit *blower* yang sistem kerja pengoperasiannya bergantian setiap 2 jam sekali. Sedangkan sistem kerja pengoperasian pompa *discharge* pada posisi normal diatur dengan *level switch start* 630 m³ dan bila terjadi *peak flow* pompa *discharge* ke dua akan beroperasi dengan *level switch start* 750 m³.

Oxidation pit atau kolam oksidasi merupakan kolam penampung hasil air limbah WWSP. Di dalam kolam oksidasi terjadi proses pengolahan secara kimiawi, yaitu proses pembentukan senyawa oksida agar dapat terjadi senyawa yang stabil dengan adanya penambahan valensi yang lebih tinggi. Berikut reaksi kimianya :



Di dalam kolam oksida juga terjadi proses penetralan air limbah, hal ini dimaksudkan untuk memperlancar proses koagulasi saat air limbah masuk ke dalam *coagulant pit* (pengolahan berikutnya). Nilai pH merupakan salah satu faktor yang menentukan proses koagulasi. Pada koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) yang digunakan pada WWTP ini mempunyai kisaran pH yang optimum 4,5-7,0. Jadi proses koagulasi akan sempurna apabila kondisi air limbah saat proses koagulasi pada kisaran pH 4,5-7,0. Untuk proses koagulasi pH yang terbaik sekitar 7,0 (pH netral).

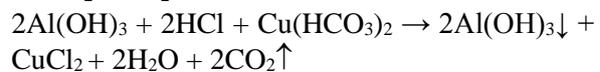
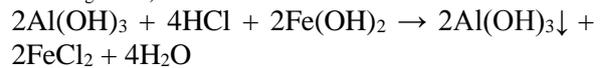
Sistem kerja kolam oksidasi yaitu air limbah yang masuk ke dalam kolam akan terbaca oleh pH *control*. pH *control* di WWTP ini diatur kisaran 6,5-8,5. Apabila indikator pH menunjukkan limbah dalam kondisi basa (>8,5) maka pH *control* akan memerintahkan bahan kimia berupa asam (HCl) untuk mengalir masuk, sehingga dapat menetralkan air limbah. Sebaliknya, jika limbah dalam kondisi asam (<6,5) maka pH *control* akan memerintahkan bahan kimia berupa basa (NaOH) untuk mengalir masuk, sehingga dapat menetralkan air limbah tersebut. Bahan kimia HCl dan NaOH disuplai dari *chemical tower* (tangki bahan kimia dengan kapasitas 2000 liter sebagai cadangan). Apabila *stick level* muncul ke atas menandakan *level* bahan kimia pada tangki dalam kondisi maksimal, bila *stick level* turun menandakan kondisi tangki kosong dan harus segera diisi. Setiap pemesanan 1,25 ton, bahan kimia dipompa ke atas *tower* (tangki 2000 liter) dengan pompa transfer. Pada tangki bahan kimia 500 liter digunakan sebagai tangki harian yang harus selalu diperiksa 1 kali per hari. Apabila kondisi tangki 500 liter habis, dengan segera mengisinya dengan cara memutar kran dari tangki 2000 liter.

Pada *Tertiary Treatment* terdapat kolam koagulasi berisi *coagulant*, dan air limbah dari kolam oksidasi dialirkan secara gravitasi ke dalam kolam koagulasi, dan selanjutnya ditambahkan koagulan berupa larutan PAC (*Polyaluminium Chlorida*) dari tangki bahan kimia. Koagulasi merupakan proses destabilisasi muatan partikel koloid tidak mengendap (bersifat stabil), *suspended solid*, serta padatan tidak mengendap, dengan penambahan koagulan disertai dengan pengadukan cepat untuk mendispersikan bahan kimia secara merata. Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel

yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan dari proses penguraian koagulan. Proses ini berlanjut dengan pembentukan ikatan antara positif dari koagulan (Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel (misal Cl^-) dan antara ion positif dari partikel (misal Fe^{2+}) dengan ion negatif dari koagulan (Cl^-) yang menyebabkan pembentukan inti flok. Reaksi kimia untuk menghasilkan flok adalah :



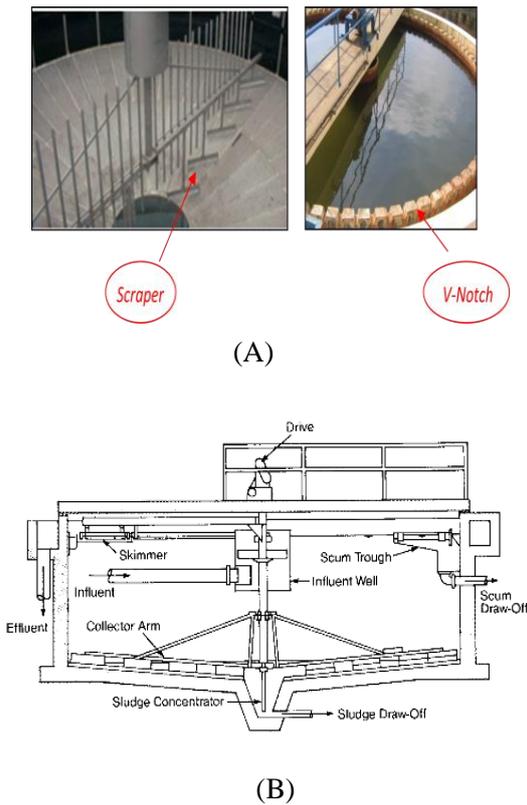
dalam tangki PAC)



Setelah terjadi reaksi pembentukan inti flok senyawa Aluminium Hidroksida dalam proses koagulasi lalu dilanjutkan ke dalam proses penggabungan inti-inti flok dalam kolam *floculant*.

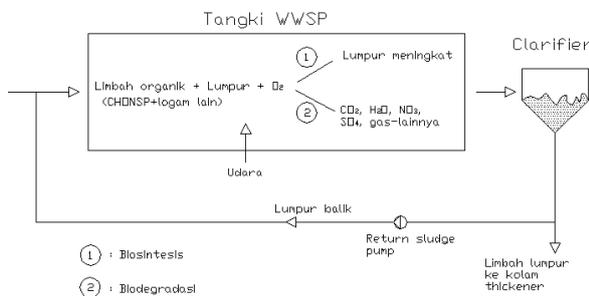
Di dalam kolam flokulasi, air limbah ditambahkan bahan kimia (polimer) berupa *praestol 2640* yang berasal dari tangki bahan kimia (tangki Polimer). Pemberian larutan Polimer dilakukan oleh *dosing pump* dengan mengatur debit pada kontrol pompa, yang kemudian diaduk dengan *mixer* di dalam kolam flokulasi. Koloid akan menyatu dan menggumpal. Pengaturan dosis Polimer diatur dengan melihat hasil flokulasi. Di dalam tangki bahan kimia (tangki polimer), polimer berbentuk *powder* dicampur dengan air dan selanjutnya diaduk dengan *mixer* agar merata. Perbandingan polimer dengan air = 0,5 kg polimer : 500 liter air.

Kolam pengendapan (*Clarifier*) dilengkapi dengan pengaduk (*agitator*) dan penggaruk (*scraper*) hal ini dimaksudkan untuk mempermudah pengeluaran endapan dari dasar kolam (Gambar 3). Proses yang terjadi di dalam *clarifier* secara fisika, yaitu air limbah dari kolam flokulasi (*floculant*) mengalir masuk ke bagian tengah kolam *clarifier*, selanjutnya *sludge* jatuh ke bawah secara gravitasi dan dikumpulkan ke tengah oleh *scraper clarifier* untuk menuju ke *thickener* dan dikembalikan ke WWSP.



Gambar 8. Bagian dalam Clarifier (A), Skema Clarifier (B)

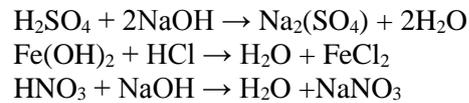
Sebagian besar air limbah mengalir ke bagian atas melalui V-Notch dan masuk ke dalam kolam *Neutralizing pit*. Proses di dalam kolam *clarifier* ini menghasilkan endapan berupa *sludge* yang berasal dari kolam flokulasi (Gambar 4). Sebanyak 70% *sludge* dialirkan ke kolam *thickener* untuk diolah dan 30% dikembalikan lagi ke kolam WWSP (*return sludge*) oleh *return sludge pump*. *Sludge* perlu dikembalikan ke WWSP karena kondisi di dalam kolam *clarifier* hampir mendekati anaerob.



Gambar 9. Skema aliran endapan lumpur.

Pada kolam *Neutralizing Pit* terjadi proses pengolahan secara kimiawi, yaitu proses penetralan pH pada air limbah. Kolam tersebut

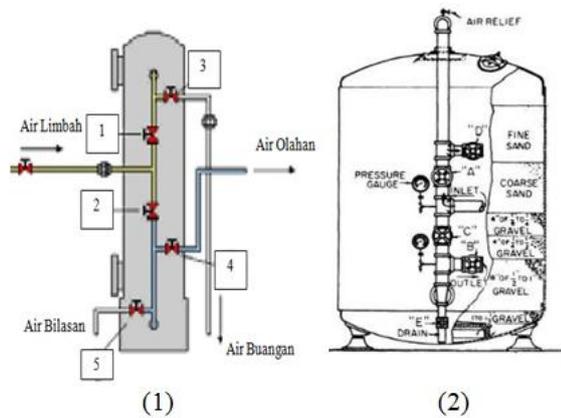
dimaksudkan untuk membuat kondisi air limbah menjadi netral (6,5 – 8,5) sebelum mengalir ke kolam *clear pit*. Kolam ini dilengkapi oleh *mixer* sebagai pengaduk antara air limbah dengan bahan kimia penetral (HCl dan NaOH) dan saluran *output* bahan kimia HCl dan NaOH dari *chemical tower*. Sistem kerja yang terjadi di dalam kolam penetralan yaitu kondisi air limbah yang masuk ke dalam kolam akan terbaca oleh pH *control*. Apabila indikator pH menunjukkan limbah dalam kondisi basa (>8,5) maka pH *control* akan memerintahkan bahan kimia berupa asam (HCl) untuk mengalir masuk, sehingga dapat menetralkan air limbah. Sebaliknya, jika limbah dalam kondisi asam (<6,5) maka pH *control* akan memerintahkan bahan kimia berupa basa (NaOH) untuk mengalir masuk, sehingga dapat menetralkan air limbah tersebut. Apabila kondisi pH dalam air sudah netral (6,5 – 8,5) maka tidak terjadi penambahan asam maupun basa. Reaksi yang terjadi di dalam kolam *Neutralizing Pit*, yaitu reaksi netralisasi yang lain ditunjukkan oleh reaksi antara asam sulfat dengan natrium hidroksida, reaksi antara besi II hidroksida dengan asam klorida dan reaksi antara asam nitrat dengan natrium hidroksida :



Clear Pit merupakan kolam penampung air limbah hasil penetralan dari kolam *neutralizing pit*. Kondisi pH air limbah yang diharapkan berkisar 6,5 – 8,5. Sistem kerja di dalam kolam ini yaitu apabila air limbah yang masuk *clear pit* telah netral (pH 6,5 – 8,5), maka pompa yang bekerja adalah *filter pump*. Jika air limbah ternyata mempunyai nilai pH < 6,5 atau > 8,5, maka pompa yang bekerja adalah *clear pit pump* dan air limbah akan dikembalikan ke WWSP karena dianggap belum memenuhi syarat baku mutu untuk dibuang.

Sand Filter merupakan tempat penampungan air limbah yang telah netral, dan di dalamnya terjadi proses pengolahan secara fisika, yaitu proses filtrasi menggunakan media penyaring pasir. Media penyaring biasanya lebih dari satu lapisan, yaitu pasir kwarsa dan batu dengan ukuran *mesh* tertentu. Air mengalir ke bagian bawah melalui media tersebut. Zat-zat padat yang tidak larut akan melekat pada media, sedangkan air yang jernih akan terkumpul di

bagian dasar dan mengalir keluar melalui suatu pipa menuju kolam *effluent*. *Sand filter* ini bertujuan menyaring flok halus dan kotoran lain yang lolos dari *clarifier* sehingga menghasilkan air dengan kualitas yang lebih baik, bebas dari bakteri patogen, jernih, bebas dari rasa dan bau tanpa menggunakan bahan kimia tambahan. Kualitas *sand filter* lambat laun akan menurun seiring waktu pengoperasian karena banyaknya kotoran yang terhambat sehingga perlu dilakukan proses *backwash* (pencucian) dan selanjutnya dilakukan proses *rinsing* (pembilasan) untuk meningkatkan kinerja dari saringan pasir tersebut. Air limbah yang telah memenuhi standar kisar pH (6,5-8,5) akan dialirkan ke *sand filter* dengan menggunakan *filter pump* dan selanjutnya dialirkan menuju *effluent tank* (Gambar 10).



Gambar 10. Posisi katup pada *Sand filter* (1), Skema bagian dalam *Sand filter* (2)

Effluent tank merupakan penampungan akhir air limbah sebelum dibuang ke laut. Di dalam kolam *effluent* ini dilakukan pengontrolan kualitas air limbah yaitu dengan cara memberi makhluk hidup sebagai *bioindikator*. Selain pengontrolan air limbah menggunakan *bioindikator*, dilakukan pula pengambilan sampel untuk memonitor kualitas air limbah yang diperiksa ke laboratorium. Air limbah pada kolam ini biasa dimanfaatkan untuk penyiraman tanaman dan jalanan, selain itu air ini juga dimanfaatkan untuk mandi para karyawan PLTU Muara Karang.

Proses Pengolahan Lumpur terjadi di *Thickener*, yaitu kolam pengumpul lumpur yang berbentuk circular dengan volume 24,5 m³. *Sludge* akan mengendap ke bagian bawah kolam *thickener* dan dikumpulkan oleh *scraper*, lalu dipompa dengan menggunakan *filter press pump* ke *filter press* untuk pengolahan lumpur. Sedangkan air

limbah naik ke atas melalui *V-Notch* menuju bak *thickener*. Bak *thickener* merupakan bak penampungan air limbah hasil buangan dari kolam *thickener* dan *sand filter* (*back wash* dan *rinsing*). Air limbah pada bak *thickener* merupakan air limbah yang tidak layak buang, sehingga air ini dikembalikan ke WWSP dengan menggunakan pompa *thickener*. Lumpur hasil olahan tersebut dikumpulkan ke dalam karung untuk dimanfaatkan sebagai media tanam tanaman hias, pemanfaatan media tanam tanaman ini sudah lulus uji LD₅₀. Hal ini merupakan salah satu alternatif dan langkah maju dari PT PJB Muara Karang dalam memanfaatkan kembali limbah padat dan cair.

Hasil Pemeriksaan Kualitas Air Olahan WWTP

Kualitas air limbah PLTU Muara Karang pada bulan Mei 2011 *input* (*output* air limbah PLTU Muara Karang) dan *output* (hasil olahan WWTP PLTU Muara Karang) ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 3. Data air limbah bulan Mei tahun 2011

No	Pemeriksaan	Satuan	Kualitas
I	Input		
	pH		8,32
	TSS	Mg/L	-
	Kromium (Cr) Total	mg/l	0
	Tembaga (Cu)	mg/l	0
	Besi (Fe)	mg/l	1,25
	Seng (Zn)	mg/l	0,3
II	OUTPUT		
	pH		7,32
	TSS	mg/l	-
	Kromium (Cr) Total	mg/l	0
	Tembaga (Cu)	mg/l	0,05
	Besi (Fe)	mg/l	0,16
	Seng (Zn)	mg/l	0,16
Minyak dan lemak	mg/l	0,668	
BOD5	mg/l	3	

Hasil Analisis kimia air limbah sebelum diolah (*input*) dan sesudah diolah (*output*)

Analisis data kimia air limbah sebelum diolah (*input*) dan sesudah diolah (*output*), serta analisis hasil olahan sesuai spesifikasi desain awal (2003) dibandingkan dengan hasil olahan aktual (2011) pada *Waste Water Treatment Plant* PLTU Muara Karang. Data analisis ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis WWTP PLTU Muara Karang

No	Parameter	Hasil Analisis		Baku Mutu Air Limbah PerMen Lingkungan Hidup No 8 Tahun 2009
		Input Kualitas (mg/l)	Output Kualitas (mg/l)	Kadar Maksimum Kualitas (mg/l)
A. Sumber Proses Utama				
1	pH	8,32	7,32	6-9
2	TSS	-	-	100
3	Minyak dan Lemak	0,85	0,668	10
4	Klorin Bebas (Cl ₂) (Bila dialirkan ke WWTP)	-	-	0,5
5	Kromium Total (Cr)	0	0	0,5
6	Tembaga (Cu)	0	0,05	1
7	Besi (Fe)	1,25	0,16	3
8	Seng (Zn)	0,3	0,16	1
9	Phosphat (PO ₄ ³⁻) (Bila ada injeksi)	-	-	10
B. Sumber Blowdown Boiler (Bila tidak dialirkan ke WWTP)				
10	pH	-	-	6-9
11	Tembaga (Cu)	-	-	1
12	Besi (Fe)	-	-	3
C. Sumber Blowdown Cooling Tower (Bila tidak dialirkan ke WWTP)				
13	pH	-	-	6-9
14	Klorin Bebas (Cl ₂)	-	-	1
15	Seng (Zn)	-	-	1
16	Phosphat (PO ₄ ³⁻)	-	-	10
D. Sumber Demineralisasi/ WTP (Bila tidak dialirkan ke WWTP)				
17	pH	-	-	6-9
18	TSS	-	-	100

Hasil *input* air limbah merupakan *output* dari proses utama PLTU Muara Karang, sedangkan *output* air limbah merupakan hasil olahan dari WWTP PLTU Muara Karang. Berdasarkan data tersebut hampir semua parameter air limbah yang dibuang oleh PLTU Muara Karang ke badan air (laut) telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Pemerintah No. 08 Tahun 2009. Hal ini menunjukkan bahwa fasilitas *Waste Water Treatment Plant* yang dimiliki oleh PLTU Muara Karang telah beroperasi secara baik sesuai tujuannya. Sedangkan hasil analisis perbandingan kualitas air limbah PLTU Muara Karang dengan baku mutu yang diberikan pemerintah terlihat beberapa parameter yang tidak dilakukan pencatatan, seperti total zat tersuspensi (TSS), klorin bebas (Cl₂) dan fosfat (PO₄³⁻), sumber *blowdown boiler*, sumber *blowdown cooling water* dan sumber demineralisasi. Hal ini dikarenakan pada WWTP PLTU Muara Karang tidak dilakukan pemberian bahan kimia Klorin dan injeksi fosfat, selain harganya relatif mahal klorin yang terlalu berlebih dapat menyebabkan bahaya beracun. Untuk sumber *blowdown boiler* dan demineralisasi tidak dilakukan pencatatan dikarenakan limbah tersebut langsung dialirkan ke dalam WWTP. Sedangkan untuk sumber *blowdown cooling water* tidak dilakukan pencatatan dikarenakan PLTU Muara Karang tidak menggunakan fasilitas *cooling water*. Sedangkan pada TSS tidak dilakukan pengecekan dikarenakan tidak adanya peralatan

laboratorium yang berfungsi untuk mendeteksi kadar TSS.

Pada logam berat seperti Kromium (Cr) total, tembaga (Cu) dan seng (Zn) jika melebihi baku mutu dapat bersifat racun terhadap semua organisme, sehingga dapat menyebabkan terganggunya biota perairan laut serta penduduk yang tinggal di sekitarnya yang memanfaatkan biota laut. Kehadiran unsur besi (Fe) yang berlebih dalam perairan dapat menyebabkan timbulnya rasa dan bau, menimbulkan warna koloid merah (karat) akibat oksidasi oleh oksigen terlarut yang dapat menjadi racun bagi manusia. Untuk kadar TSS tidak boleh melebihi dari 100 mg/l, karena umumnya tingkat kekeruhan atau kecerahan suatu perairan sangat dipengaruhi oleh kandungan zat padat suspensi (TSS), jika kadar TSS melebihi baku mutu dapat menyebabkan terhalangnya sinar matahari yang masuk ke perairan untuk melakukan proses fotosintesis sehingga kehidupan ekosistem menjadi terganggu. Selain itu dampak kadar TSS yang berlebih dengan kurun waktu yang panjang akan menyebabkan terjadinya peningkatan sedimentasi pada wilayah perairan laut, sehingga hal ini dapat mengurangi kedalaman level laut. Nilai pH sangat berpengaruh terhadap lingkungan biota perairan, karena kehidupan ekosistem biota laut biasanya berkisar 6,5 - 8,5. Data terlihat *output* air limbah yang dibuang ke laut dengan nilai pH = 7,32, artinya kondisi air limbah masih bersifat basa lemah meskipun mendekati netral (pH 7). Berdasarkan rumus pH dapat diketahui konsentrasi ion H⁺ sebagai berikut :

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} \quad 7,32 = \log \frac{1}{[H^+]}$$

$$\log [H^+] = \frac{\log 1}{7,32}$$

$$\log [H^+] = \frac{\log 1}{\log 10^{7,32}}$$

$$[H^+] = \frac{1}{10^{7,32}}$$

$$[H^+] = 10^{-7,32}$$

$$[H^+] = 4,78 \times 10^{-8} M$$

Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus tersebut, air limbah hasil WWTP yang dibuang ke laut mempunyai kandungan konsentrasi ion Hidrogen sebesar 4,78 x 10⁻⁸ M. Berdasarkan data hasil analisis (Tabel 2) dapat dihitung efisiensi olahan untuk mengetahui kinerja dari masing-masing komponen *Waste Water Treatment Plant* PLTU Muara Karang. Efisiensi

pengolahan air limbah merupakan rasio antara kandungan organik yang disisihkan melalui proses pengolahan dengan konsentrasi awal. Nilai efisiensi WWTP PLTU Muara Karang adalah sebagai berikut (Tabel 3):

Tabel 5. Efisiensi WWTP PLTU Muara Karang

No	Parameter	Input (mg/l)	Output (mg/l)	Efisiensi (%)
1	Besi (Fe)	1,25	0,16	87,2
2	Seng (Zn)	0,3	0,16	46,67
3	Minyak dan lemak	0,85	0,668	21,41

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa telah terjadi penurunan kadar Besi (Fe) 87,2 %, Seng (Zn) 46,67 %, Minyak dan Lemak 21,41 %. Adanya perbedaan efisiensi yang signifikan pada penurunan logam berat besi (Fe) dengan seng (Zn) hal ini karena logam besi sangat mudah teroksidasi dibandingkan logam seng. Selain hal tersebut dapat juga terjadi karena proses pengadukan di dalam kolam koagulasi dan flokulasi yang tidak terlalu diperhatikan secara teori dalam penanganannya, terlihat adanya persamaan desain pada kolam koagulasi dan flokulasi, yaitu pada spesifikasi motor penggerak *mixer*, ukuran *mixer* dan ukuran kolam. Seharusnya dalam teori terdapat perbedaan proses pengadukan yaitu kecepatan pengadukan dalam proses koagulasi lebih cepat dibandingkan proses flokulasi. Begitu juga dalam hal ukuran kolam, jika menggunakan spesifikasi motor penggerak dan ukuran *mixer* yang sama, maka ukuran kolam flokulasi harus lebih besar dibandingkan kolam koagulasi. Selain karena proses pengadukan dan desain kolam, hal ini juga dapat terjadi pada saat proses pengolahan sebelumnya yaitu tidak adanya proses penambahan bahan kimia HCl/ NaOH di dalam kolam oksidasi dikarenakan rusaknya indikator pH *control*, sehingga yang terjadi aktualnya yaitu penambahan bahan kimia HCl/ NaOH dilakukan di dalam proses kolam WWSP yang mana hal tersebut diluar spesifikasi desain (modifikasi).

Konsentrasi minyak dan lemak menunjukkan menurunnya efisiensi sebanyak 21,41 %, hal ini disebabkan oleh rusaknya *motor gear box* pada *oil floatation* sehingga proses penyisihan minyak dan lemak dilakukan dengan cara manual (penyaringan oleh operator).

Hasil analisis air limbah olahan desain awal dibandingkan dengan aktual

Data perbandingan antara hasil olahan sesuai spesifikasi desain WWTP awal (2003) dengan hasil olahan aktual (data 2011) ditunjukkan pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Perbandingan data hasil olahan desain WWTP awal dengan aktual

No	Pemeriksaan	Satuan	Kondisi olahan	
			Desain Awal 2003	Hasil Aktual 2011
1	pH		6,5 - 8,5	7,32
2	TSS	mg/l	<10	-
3	BOD	mg/l	<50	3
4	COD	mg/l	<80	-
5	Fe	mg/l	5	0,16

Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa hasil olahan WWTP PLTU Muara Karang masih memenuhi tujuan hasil olahan sesuai spesifikasi pada desain awal saat dibangun tahun 2003. Hal ini menunjukkan bahwa fasilitas sistem pengolahan air limbah PLTU Muara Karang masih beroperasi dengan baik dan layak. Data dari Tabel 4 tersebut menunjukkan bahwa parameter TSS dan COD tidak dilakukan pencatatan oleh pihak PLTU Muara Karang, hal ini dikarenakan tidak adanya peralatan laboratorium yang berfungsi untuk mendeteksi kadar TSS dan COD. Pertimbangan lainnya yaitu pada baku mutu COD hanya berlaku sampai 31 Desember 2009, sehingga parameter tersebut tidak terlalu berpengaruh besar terhadap baku mutu air limbah bagi pembangkit listrik tenaga thermal.

Tabel 7. Perbandingan desain (*output*) hasil olahan desain WWTP awal dengan baku mutu Pemerintah

No	Parameter	Satuan	Desain Output WWTP PLTU Muara Karang	Baku Mutu Air Limbah PerMen Lingkungan Hidup No 8 Tahun 2009
1	pH		6,5 - 8,5	6 - 9
2	TSS	mg/l	<10	100
3	BOD	mg/l	<50	-
4	COD	mg/l	<80	*300
5	Fe	mg/l	5	3

Catatan : * Parameter COD hanya berlaku sampai dengan 31 Desember 2009

Dari data Tabel 7 menunjukkan bahwa desain parameter hasil olahan (*output*) fasilitas Sistem Pengolahan Air Limbah/ WWTP PLTU Muara Karang sebagian besar telah memenuhi peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 8 tahun 2009 dan

layak untuk digunakan, kecuali pada parameter logam Besi (Fe). Dari data Tabel 5 tersebut terlihat bahwa pada WWTP PLTU Muara Karang didesain menghasilkan olahan Besi (Fe) maksimal sebanyak 5 mg/l, sedangkan baku mutu air limbah yang dianjurkan Pemerintah dalam industri pembangkit listrik tenaga termal maksimal mengandung kadar besi (Fe) sebesar 3 mg/l. Hal ini dikarenakan pada saat pembangunan awal fasilitas Sistem Pengolahan Air Limbah yaitu tahun 2003 pihak PLTU Muara Karang menggunakan standar peraturan yang dikeluarkan oleh Gubernur DKI Jakarta, yaitu Keputusan Gubernur Kepala DKI Jakarta Nomor 582 Tahun 1995, tentang Penetapan Peruntukan Dan Baku Mutu Air Sungai/ Badan Air Serta Baku Mutu Limbah Cair Di Wilayah DKI Jakarta. Hal ini dikarenakan belum adanya peraturan yang dikeluarkan oleh Menteri Lingkungan Hidup No 8 Tahun 2009.

Kesimpulan

1. Proses pengolahan air limbah pada WWTP PLTU Muara Karang melalui 5 tahapan, yaitu *pretreatment*, *primary treatment*, *secondary treatment*, *tertiary treatment* dan *sludge treatment*.
2. Meskipun WWTP PLTU Muara Karang di desain berdasarkan SK Gubernur KDKI Jakarta No 582 tahun 1995, tetapi hasil pengolahannya telah memenuhi baku mutu air limbah yang baru, yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 8 tahun 2009 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal.
3. Kinerja beberapa komponen sistem pengolahan masih kurang efisien, khususnya dalam proses penyisihan kadar logam seng, minyak dan lemak.

Daftar Pustaka

_____. *Pengendalian Proses Kimia Limbah PLTU*. Handout Kimia & Lingkungan Hidup, Perusahaan Umum Listrik Negara Pusat Pendidikan dan Latihan.

Eddy, Bambang Isti. *Turbin Uap*. Diklat perkuliahan Teknik Tenaga Uap dan Gas. STTY-PLN.

Hidayat, Wahyu. *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. 1 Januari 2008. (<http://majarimagazine.com/2008/01/teknologi-pengolahan-air-limbah/>), diakses 28 Oktober 2011: 02.15 WIB).

Kristanto, Philip. *Ekologi Industri*. Edisi 1. Yogyakarta: Andi. 2002.

Kusuma, Anton Dwi. *Siklus Rankine Ideal*. Tutorial Teknik. Selasa, 24 Mei 2011. (<http://tutorialteknik.blogspot.com/2011/05/siklu-s-rankine-ideal.html>), diakses 24 Oktober 2011: 23.15 WIB).

Krivchenko, *Hydraulic Machines Turbines and Pumps*, CRC Press, Florida ,1994.

Marsudi, Djiteng. *Pembangkitan Energi Listrik*. Erlangga. 2005.

Nechleba, Miroslav, Dr. Techn, M.E. *Hyroulic Turbine*, Artia Pregue, Artia Prague, Czechoslovakia, 1957

Wang, Lawrance K; Hung, Yung-tse; Lo, Howard H; Apijakis, Constantine Y. *Handbook of Industrial and Hazardous Wastes Treatment Second Edition, Revised and Expanded*. New York, USA : Marcel Dekker, Inc. 1992.

Wang, Lawrance K, dkk. *Advanced Physicochemical Treatment Processes; page 525. Handbook of environmental engineering*. Vol 4.

Warlina, Lina. *Pencemaran Air: Sumber, Dampak Dan Penanggulangannya*. Makalah Pengantar ke Falsafah Sains, Sekolah Pasca Sarjana / S3 Institut Pertanian Bogor. Juni 2004. Ir. Sularso, MSME, & Prof. DR. Haruo Tahara. *Pompa Dan Kompresor*. Edisi ke-3. Jakarta: PT. Pradnya Paramita. 1987.