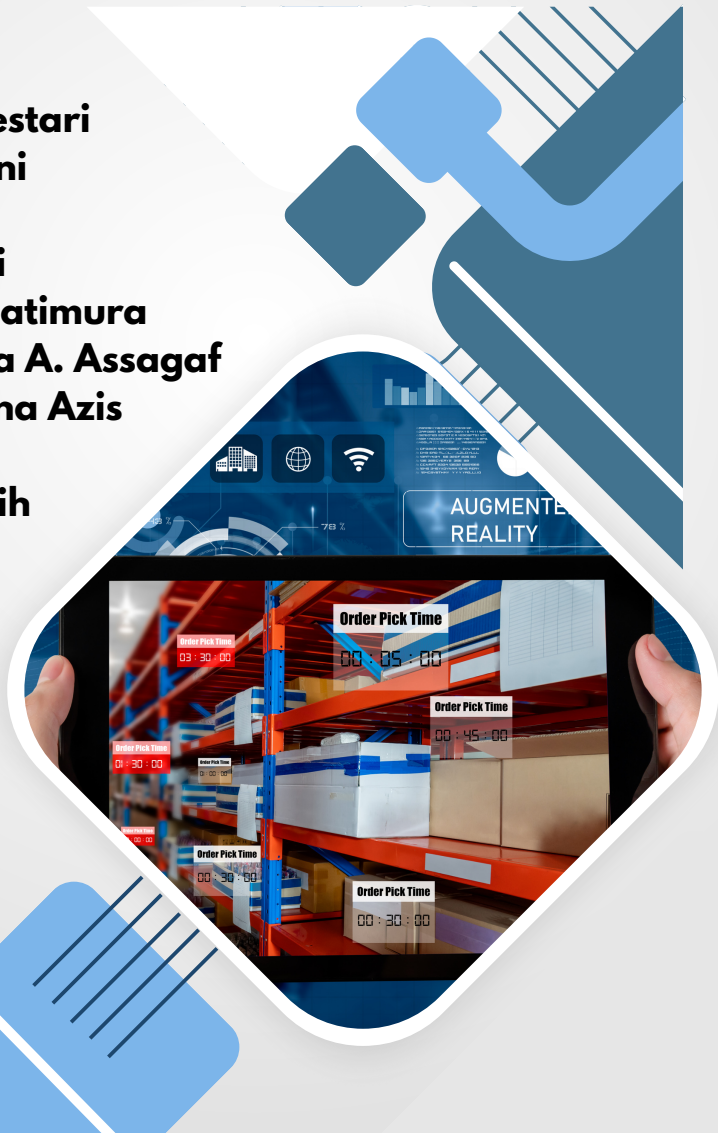


SISTEM UTILITAS PABRIK

PENULIS :

- Rini Aprilia Lestari
- Nenry Rochyani
- Andrie
- Atika Nandini
- Muhrinsyah Fatimura
- Iman Pradana A. Assagaf
- Ismayati Sutina Azis
- Dwi Setyorini
- Erlinda Ningsih



SISTEM UTILITAS PABRIK

**Rini Aprilia Lestari
Neny Rochyani
Andrie
Atika Nandini
Muhrinsyah Fatimura
Iman Pradana A. Assagaf
Ismayati Sutina Azis
Dwi Setyorini
Erlinda Ningsih**



GET PRESS INDONESIA

SISTEM UTILITAS PABRIK

Penulis :

Rini Aprilia Lestari
Neny Rochyani
Andrie
Atika Nandini
Muhriasyah Fatimura
Iman Pradana A. Assagaf
Ismayati Sutina Azis
Dwi Setyorini
Erlinda Ningsih

ISBN : 978-623-125-020-9

Editor : Diana Purnama Sari, S.E M.E

Penyunting : Tri Putri Wahyuni, S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat
Website : www.getpress.co.id
Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Januari 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Sistem Utilitas Pabrik ini.

Buku ini membahas Utilitas untuk industri, Sumber air dan sifat-sifatnya, Dasar-dasar pengolahan air, Pengolahan secara kimia, Air proses, Air pendingin, Pengendalian air pendingin, Air umpan boiler, Macam-macam boiler dan turbin.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB 1 UTILITAS UNTUK INDUSTRI.....	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Pengertian Dan Konsep Utilitas Dalam Industri.....	2
1.3 Unit Utilitas Untuk Industri.....	3
1.3.1 Air (Water).....	3
1.3.2 Udara Bertekanan (<i>Compressed Air</i>).....	4
1.3.3 Udara Instrument (<i>Air Instrument</i>).....	6
1.3.4 Steam (Uap).....	8
1.3.5 Demin Water	10
1.3.6 Sistem Pengolahan Limbah	11
1.3.7 <i>Cooling Water</i> (Air Dingin).....	12
1.3.8 <i>Chiller water</i>	13
DAFTAR PUSTAKA.....	14
BAB 2 SUMBER AIR DAN SIFAT SIFATNYA	15
2.1 Pendahuluan.....	15
2.2 Jenis-jenis Sumber Air	16
2.3 Sifat Kimia Air	17
2.4 Sifat Fisika Air	19
2.5 Pengelolaan Sumber Air	21
2.6 Tantangan dan Solusi dalam Pengelolaan Sumber Air dan Sifat-sifatnya.....	22
2.7 Kesimpulan.....	24
DAFTAR PUSTAKA.....	25
BAB 3 DASAR – DASAR PENGOLAHAN AIR.....	27
3.1 Pengolahan Air.....	27
3.2 Tujuan pengolahan air	27
3.3 Sumber Air dan Pengambilan (<i>Intake</i>).....	28
3.4 Koagulasi dan Flokulasi.....	29
3.4.1 Koagulasi	29
3.4.2 Flokulasi.....	30
3.5 Sedimentasi.....	31

3.6 Filtrasi	31
3.7 Desinfeksi	32
3.7.1 Metode Disinfeksi	32
3.7.2 Proses Disinfeksi	33
3.8 Penyimpanan dan Distribusi Air	33
DAFTAR PUSTAKA.....	36
BAB 4 PENGOLAHAN SECARA KIMIA.....	39
4.1 Pendahuluan	39
4.2 Pengolahan Secara Kimia	39
4.2.1 Proses Netralisasi	40
4.2.2 Proses Koagulasi dan Flokulasi	40
4.2.3 Gas Transfer	46
4.2.4 Presipitasi	47
4.2.5 Klorinasi.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	49
BAB 5 AIR PROSES.....	51
5.1 Pendahuluan	51
5.2 Kualitas Air Proses.....	52
5.2.1 Standar Kualitas Air	52
5.2.2 Pengolahan Air Proses	54
5.2.3 Kontaminan yang Harus Dihilangkan.....	57
5.3 Proses Penggunaan Air Proses dalam Industri	59
5.3.1 Pemanasan dengan Air Proses	59
5.3.2 Pendinginan dengan Air Proses.....	60
5.4 Penggunaan Air Proses Dalam Industri	62
DAFTAR PUSTAKA.....	64
BAB 6 AIR PENDINGIN.....	67
6.1 Pendahuluan	67
6.1.1 Sumber Asal Air Pendingin.....	67
6.1.2 Peranan Air Pendingin.....	68
6.1.3 Pengelolaan Air Pendingin.....	68
6.2 Sistem Pendingin	69
6.2.1 Sistem Terbuka (Once -through system).....	69
6.2.2 Sistem Tertutup (<i>Closed Through</i>)	72
6.2.3 Sistem Sirkulasi (<i>Recirculated System</i>)	73
6.3 Syarat Air Pendingin.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76

BAB 7 PENGENDALIAN AIR PENDINGIN	77
7.1 Pendahuluan.....	77
7.2 Cara Pengendalian Air Pendingin	79
7.2.1 Pengendalian Korosi.....	80
7.2.2 Pengendalian Pembentukan Kerak.....	80
7.2.3 Pengendalian Pembentukan Fouling dan Penghilangan Padatan Tersuspensi	82
7.2.4 Pengendalian Lumut/Mikroorganisme	83
DAFTAR PUSTAKA	85
BAB 8 AIR UMPAN BOILER	87
8.1 Boiler	87
8.2 Air Umpan Boiler	87
8.3 Sumber Air Umpan Boiler	89
8.3.1 Air Sumur	89
8.3.2 Air PDAM	89
8.3.3 Air Permukaan	89
8.4 Syarat Air Umpan Boiler	90
8.5 Monitoring Air Umpan Boiler	91
8.6 Pengolahan Air Umpan Boiler	92
DAFTAR PUSTAKA	95
BAB 9 MACAM-MACAM BOILER DAN TURBIN.....	97
9.1 Pendahuluan.....	97
9.2 Macam-Macam Boiler	98
9.2.1 Boiler Tabung Air	98
9.2.2 Boiler Tabung Api	100
9.2.3 Boiler Tabung Limbah	101
9.3 Potensi Bahaya Boiler	102
9.3.1 Usia Peralatan atau Desain.....	103
9.3.2 Air dan Kontaminan Lain	103
9.3.3 Faktor Eksternal	103
9.4 Turbin Uap	104
9.4.1 Termodinamika Pembangkit Daya Tenaga Uap	104
9.5 Turbin Gas	105
9.6 Turbin Air	106
DAFTAR PUSTAKA	108
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Bagan Alir Sistem Pengolahan Air Industri	4
Gambar 1.2. Alur Proses Pengolahan Limbah	12
Gambar 1.3. Cooling Tower	13
Gambar 3.1. Proses Koagulasi.....	30
Gambar 3.2. Proses Flokulasi	30
Gambar 3.3. Proses Sedimentasi.....	31
Gambar 3.4. Proses Filtrasi	33
Gambar 4.1. Proses koagulasi.....	41
Gambar 4.2. Proses Flokulasi	42
Gambar 5.1. Penyaringan Kasar pada Pompa Intake.....	54
Gambar 5.2. Media Penyaringan halus.....	55
Gambar 5.3. Dearator peralatan penghilang oksigen yang terlarut dalam air dimana air proses digunakan untuk air umpan boiler	55
Gambar 5.4. Pengolahan Air Proses secara Ion Exchange Dalam Penghilangan TDS dalam Air atau Demineralisasi	56
Gambar 6.1. Ilustrasi Sistem Terbuka.....	70
Gambar 6.2. diagram <i>once through</i>	71
Gambar 6.3. Ilustrasi system tertutup	72
Gambar 6.4. Ilustrasi cooling tower	73
Gambar 6.5. Sistem Sirkulasi (<i>Recirculated System</i>)	74
Gambar 7.1. Korosi pada Material Sistem Pendingin.....	78
Gambar 7.2. Scale pada Material Sistem Pendingin.....	79
Gambar 8.1. Boiler	87
Gambar 8.2. Sirkulasi Air Umpan Boiler	88
Gambar 9.1. A. Gambar Diagram komponen ketel tabung air B. Gambar Ketel tabung air	98
Gambar 9.2. Boiler Tabung Api	100
Gambar 9.3. Boiler Tabung Limbah.....	102
Gambar 9.4. Skema Siklus Rankine Sederhana.....	105

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Standart Demin Water	11
Tabel 4.1. Jenis Bahan Kimia sebagai Koagulan	43
Tabel 4.2. Parameter Perancangan Sedimentasi berdasarkan jenis koagulan.....	43
Tabel 4.3. Jenis flokulan.....	44
Tabel 8.1. Parameter Kualitas Air Umpan Boiler	90

BAB 1

UTILITAS UNTUK INDUSTRI

Oleh Rini Aprilia Lestari

1.1 Pendahuluan

Dalam era globalisasi dan teknologi yang terus berkembang, industri-industri di seluruh dunia semakin mengandalkan utilitas atau kegunaan tertentu untuk mendukung berbagai operasi dan kegiatan mereka. Utilitas untuk industri merujuk pada sumber daya, teknologi, dan layanan yang memberikan kontribusi secara signifikan terhadap efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan operasional suatu perusahaan.

Utilitas industri mencakup berbagai aspek, termasuk energi, air, teknologi informasi, transportasi, dan banyak lagi. Keberadaan dan pengelolaan utilitas ini menjadi krusial dalam memastikan kelancaran proses produksi, distribusi, dan penyediaan produk atau layanan. Oleh karena itu, pengembangan strategi yang cerdas dalam pemanfaatan utilitas untuk industri menjadi sebuah keharusan.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan sumber daya dan teknologi yang efisien, banyak perusahaan industri berupaya untuk mengoptimalkan pemanfaatan utilitas mereka. Ini tidak hanya berkaitan dengan efisiensi operasional, tetapi juga dengan tanggung jawab sosial dan lingkungan. Utilitas yang ramah lingkungan dan berkelanjutan menjadi fokus utama dalam upaya menciptakan industri yang lebih bertanggung jawab.

Pentingnya utilitas untuk industri juga tercermin dalam peran mereka dalam mendukung inovasi dan transformasi digital. Teknologi baru, seperti *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan, dan analisis data, semakin terintegrasi dalam infrastruktur industri untuk meningkatkan pemantauan, kontrol, dan pengambilan keputusan yang lebih baik.

Melalui pendekatan holistik terhadap utilitas untuk industri, perusahaan dapat mencapai tujuan-tujuan strategis mereka, mulai dari efisiensi operasional hingga pencapaian standar keberlanjutan.

Dengan memahami dan memanfaatkan secara optimal utilitas yang tersedia, industri dapat memainkan peran kunci dalam mendorong pertumbuhan ekonomi, menciptakan lapangan kerja, dan membangun masyarakat yang lebih berkelanjutan.

1.2 Pengertian Dan Konsep Utilitas Dalam Industri

Utility memiliki arti dalam bahasa inggris adalah keperluan/kebutuhan, didalam proses industri/pabrik. *Utility* adalah suatu ukuran kepuasan/kebahagiaan yang diperoleh konsumen dari sekelompok barang (Ridwan et.al, 2017 : 21). *Utility* memiliki peran yang sangat penting bagi berjalannya proses produksi guna menunjang atau memenuhi agar suatu proses produksi dapat berjalan dengan lancar dan sesuai standar yang telah ditentukan.

Utilitas dalam industri merujuk pada berbagai sumber daya dan layanan yang diperlukan oleh perusahaan untuk menjalankan kegiatan operasionalnya dengan efisien. Utilitas dalam industri mencakup berbagai elemen yang diperlukan untuk mendukung keberlanjutan operasional perusahaan. Ini termasuk, namun tidak terbatas pada, energi, air, teknologi informasi, transportasi, sistem pengendalian, air bersih, limbah, dan komunikasi.

Konsep Utilitas dalam Industri mencakup berbagai aspek yang mendukung proses produksi, distribusi, dan pengelolaan sumber daya. Berikut ini beberapa konsep utilitas dalam industri:

1. Efisiensi Operasional

Utilitas bertujuan untuk meningkatkan efisiensi operasional dengan menyediakan sumber daya dan layanan yang diperlukan agar proses produksi dan distribusi berjalan secara lancar. Pengelolaan yang efisien dari berbagai utilitas ini membantu meningkatkan produktivitas dan mengurangi pemborosan.

2. Keberlanjutan Lingkungan

Konsep utilitas dalam industri juga terkait dengan keberlanjutan lingkungan. Perusahaan diharapkan untuk menggunakan sumber daya dengan bijak, mengelola limbah secara efektif, dan berkontribusi pada upaya pelestarian lingkungan.

3. Teknologi dan Inovasi

Utilitas mencakup pemanfaatan teknologi dan inovasi dalam operasional industri. Ini melibatkan penggunaan perangkat lunak dan perangkat keras terkini, serta integrasi teknologi informasi untuk meningkatkan proses produksi dan pengambilan keputusan.

4. Pertanggungjawaban Sosial

Perusahaan industri juga diharapkan untuk bertanggung jawab secara sosial. Ini mencakup pemenuhan kebutuhan masyarakat sekitar, menciptakan lapangan kerja, dan berkontribusi pada pembangunan ekonomi dan sosial.

5. Pengelolaan Sumber Daya

Konsep ini menekankan pentingnya pengelolaan sumber daya secara efisien, termasuk energi dan air. Pemanfaatan sumber daya yang bijak tidak hanya menguntungkan perusahaan secara ekonomi tetapi juga membantu mengurangi dampak lingkungan.

6. Keterhubungan Sistem

Utilitas dalam industri seringkali terkait satu sama lain. Sebagai contoh, sistem transportasi yang efisien dapat meningkatkan distribusi produk, yang pada gilirannya dapat mengurangi kebutuhan akan energi tambahan.

7. Ketahanan dan Keandalan

Konsep utilitas juga melibatkan upaya untuk menciptakan sistem yang tangguh dan dapat diandalkan. Ini mencakup perencanaan dan manajemen risiko untuk mengatasi kemungkinan gangguan operasional.

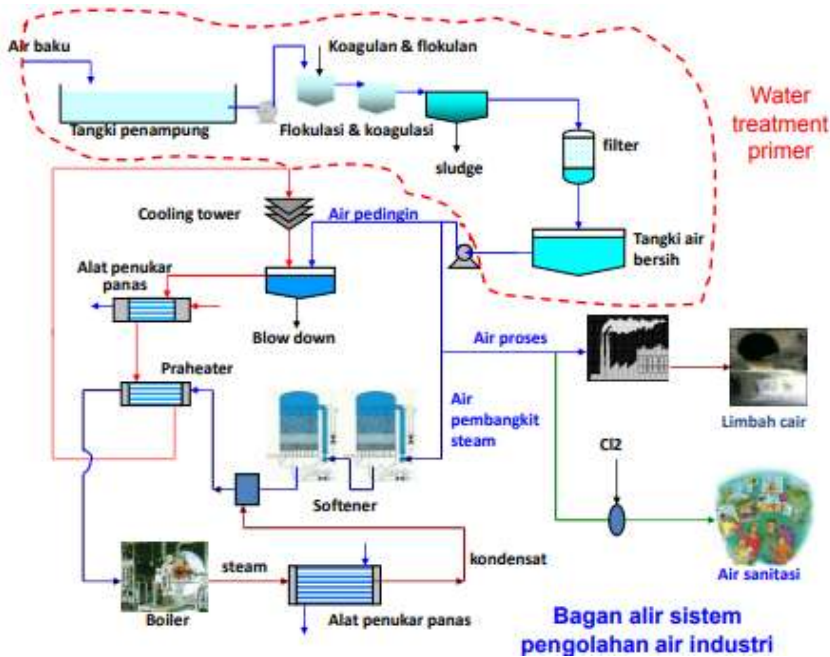
1.3 Unit Utilitas Untuk Industri

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri. Kebutuhan yang dihasilkan utilitas didalam suatu proses industri/pabrik antara lain.

1.3.1 Air (Water)

Air berperan penting didalam proses produksi, maka dari itu departement *utility* bertugas mengolah air, air yang diolah berupa air sungai yang masih kotor lalu melalui proses WTP (*water*

treatment) sehingga air tersebut menjadi layak untuk digunakan baik sebagai kebutuhan proses, maupun untuk kebutuhan manusia.



Gambar 1.1. Bagan Alir Sistem Pengolahan Air Industri

1.3.2 Udara Bertekanan (*Compressed Air*)

Udara bertekanan dihasilkan oleh kompressor dengan kapasitas besar sehingga udara yang dihasilkan bisa mencapai diatas 10 bar, udara disini memiliki fungsi untuk menggerakan cylinder, untuk melakukan cleaning. Sifat dari compressed air sendiri memiliki kandungan air (*water*) lebih tinggi dibandingkan air instrument.

Udara bertekanan, atau udara terkompresi, adalah sumber daya yang penting dalam berbagai industri. Penggunaan udara bertekanan dalam industri melibatkan berbagai aplikasi, dan seringkali digunakan sebagai sumber energi untuk menjalankan peralatan atau proses tertentu.

Berikut adalah beberapa aplikasi umum udara bertekanan dalam utilitas industri:

1. **Pneumatik**
Udara bertekanan sering digunakan dalam sistem pneumatik untuk menggerakkan silinder pneumatik yang digunakan dalam peralatan otomatisasi dan sistem kontrol. Ini mencakup penggunaan dalam perakitan otomatis, robotik, dan mesin produksi.
2. **Alat dan Peralatan**
Banyak alat dan peralatan di industri menggunakan udara bertekanan, seperti bor udara, pengeboran, pengecatan, dan alat lainnya. Udara bertekanan dapat memberikan daya yang cukup untuk mengoperasikan alat-alat ini dengan efisien.
3. **Pembersihan dan Peniupan**
Udara bertekanan digunakan dalam pembersihan dan peniupan untuk membersihkan debu, serpihan, dan kotoran dari suatu area atau peralatan. Ini umumnya ditemukan dalam pabrik produksi dan lingkungan kerja industri.
4. **Sistem Kontrol dan Otomatisasi**
Udara bertekanan juga digunakan dalam sistem kontrol dan otomatisasi untuk mengendalikan berbagai proses industri. Valve pneumatik dan perangkat kontrol pneumatik sering digunakan untuk mengatur aliran bahan dan mengontrol proses produksi.
5. **Transportasi Bahan**
Udara bertekanan dapat digunakan untuk mentransportasi bahan dalam sistem pipa atau tabung, seperti pengangkutan biji-bijian atau serbuk dalam proses produksi.
6. **Pengepakan dan Pembungkusan**
Udara bertekanan dapat digunakan dalam proses pengemasan dan pembungkusan untuk mengisi kantong atau wadah dengan bahan tertentu. Ini dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi proses pengemasan.

7. Instrumen Kontrol

Udara bertekanan dapat digunakan dalam instrumen kontrol dan perangkat pengukuran di berbagai fasilitas industri.

8. Pemeliharaan Kendaraan

Beberapa fasilitas industri menggunakan udara bertekanan untuk melakukan pemeliharaan pada kendaraan dan peralatan berat, seperti membersihkan filter udara atau ban.

Penggunaan udara bertekanan dalam industri sering kali disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dari suatu operasi atau proses. Penting untuk merancang dan mengelola sistem udara bertekanan dengan baik untuk memastikan efisiensi dan keamanan operasional. Sistem ini juga perlu dirawat secara teratur untuk menghindari kegagalan dan memastikan kinerja yang optimal.

1.3.3 Udara Instrument (*Air Instrument*)

Udara instrument secara proses pembuatannya sama dengan *compressed* air karena sama-sama dihasilkan oleh *compressor*, namun pada instrument air memiliki kandungan air lebih sedikit dibandingkan *compressed* air. Fungsi dari air instrument sendiri didalam proses industri adalah, untuk menggerakkan control valve dan alat-alat pneumatic.

Udara instrument, atau air instrument, pada utilitas untuk industri mengacu pada penggunaan udara bertekanan untuk mendukung operasi perangkat dan instrumen pengukuran di berbagai fasilitas industri. Udara instrument digunakan dalam proses pengukuran, pengontrolan, dan penggerakan perangkat pengukuran.

Berikut adalah beberapa contoh penggunaan udara instrument dalam industri:

1. Transmitter Tekanan

Udara instrument sering digunakan untuk mengoperasikan transmitter tekanan. Transmitter ini mengukur tekanan pada suatu titik dalam proses industri dan mengonversinya menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca oleh sistem kontrol.

2. Control Valve

Udara instrument digunakan untuk mengoperasikan control valve (katup pengendali). Control valve digunakan untuk mengatur aliran fluida dalam suatu sistem berdasarkan sinyal kontrol. Udara bertekanan digunakan untuk membuka dan menutup katup ini.

3. Positioner Valve

Positioner valve menggunakan udara instrument untuk mengontrol posisi akurat dari katup pengendali. Hal ini memastikan respons yang cepat dan tepat terhadap perubahan dalam sistem.

4. Aktuator Pneumatik

Udara instrument digunakan sebagai sumber daya untuk aktuator pneumatik. Aktuator ini digunakan untuk menggerakkan perangkat mekanis atau mengontrol posisi suatu perangkat.

5. Instrumen Pengukuran

Banyak instrumen pengukuran dalam industri, seperti pressure gauges (alat ukur tekanan), menggunakan udara instrument untuk operasionalnya.

6. Sensor Tekanan Udara (*Air Pressure Sensor*)

Sensor tekanan udara digunakan untuk mengukur tekanan udara pada suatu lokasi tertentu. Informasi ini dapat digunakan untuk mengontrol dan mengawasi berbagai parameter dalam sistem.

7. Calibrator Instrumen

Udara instrument dapat digunakan dalam proses kalibrasi instrumen pengukuran untuk memastikan akurasi dan keandalan pengukuran.

8. Alat Pengontrol Otomatis

Udara instrument dapat digunakan dalam alat pengontrol otomatis yang berfungsi untuk mengendalikan berbagai parameter di dalam sistem.

9. Sistem Kontrol Proses

Udara instrument adalah komponen integral dalam sistem kontrol proses industri, yang mengawasi dan

mengendalikan berbagai parameter untuk menjaga operasi dalam batas yang diinginkan.

Penting untuk merancang sistem udara instrument dengan cermat agar sesuai dengan kebutuhan pengukuran dan kontrol spesifik dalam industri tertentu. Sistem ini memainkan peran penting dalam menjaga kinerja dan keamanan proses industri.

1.3.4 Steam (Uap)

Uap atau steam dihasilkan melalui Boiler (ketel untuk merebus), sedangkan air yang direbus adalah demin water, kenapa demin water? karena demin water adalah air yang sudah melalui tahapan proses sehingga tingkat korosif dan zat-zat yang terkandung berbeda dengan air biasa. Fungsi dari steam sendiri adalah memanaskan, mengerakan turbin pada pembangkit listrik tenaga uap. Steam sendiri dibagi atas 3 tingkatan ada *steam low* (1-12,5)bar, *Medium* (12,5-24 bar) dan *Hight* (diatas 24 bar).

Uap (*steam*) merupakan sumber daya yang sangat penting dalam berbagai industri dan fasilitas. Pemanfaatan uap dalam konteks industri melibatkan penggunaan energi panas uap air untuk berbagai tujuan, termasuk proses produksi, pemanasan, dan penggerak mekanis.

Berikut adalah beberapa contoh pemanfaatan uap dalam utilitas industri:

1. Energi Listrik

Pembangkit listrik tenaga uap (*steam power plants*) adalah salah satu contoh paling umum pemanfaatan uap dalam industri. Proses ini melibatkan pemanasan air untuk menghasilkan uap yang kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin, menghasilkan energi listrik.

2. Pemanasan

Uap digunakan sebagai media pemanas untuk proses pemanasan dalam berbagai industri. Ini dapat mencakup pemanasan ruangan, pemanasan air untuk proses industri, atau pemanasan dalam proses kimia.

3. Proses Industri

Banyak industri menggunakan uap sebagai sumber panas untuk berbagai proses produksi. Misalnya, dalam industri kimia, petrokimia, dan industri makanan, uap dapat digunakan dalam reaktor atau penukar panas untuk menghasilkan produk tertentu.

4. Sterilisasi dan Pasteurisasi

Dalam industri makanan dan farmasi, uap dapat digunakan untuk sterilisasi alat, wadah, atau produk. Proses pasteurisasi pada produk makanan juga sering melibatkan penggunaan uap untuk membunuh mikroorganisme patogen.

5. Penggerak Mekanis

Uap dapat digunakan sebagai sumber energi untuk menggerakkan mesin dan peralatan mekanis, seperti turbin uap atau mesin uap. Mesin ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk penggerak generator atau mesin industri.

6. Proses Penukar Panas

Dalam penukar panas, uap dapat digunakan untuk memanaskan fluida lainnya atau mentransfer panas dari satu tempat ke tempat lain dalam proses industri.

7. Pembersihan dan Pemadam Api

Uap dapat digunakan dalam pembersihan industri dan pemadam api. Pemadaman api menggunakan uap dapat efektif untuk memadamkan api dalam beberapa situasi.

8. Pemanfaatan Energi Panas Sisa

Uap panas sisa dari berbagai proses dapat dimanfaatkan kembali untuk memanaskan air atau fluida lainnya, meningkatkan efisiensi energi.

9. Desalinasi

Dalam beberapa proses desalinasi air laut, uap dapat digunakan untuk memisahkan garam dari air, menghasilkan air bersih.

Pemanfaatan uap dalam industri memerlukan peralatan khusus seperti boiler untuk menghasilkan uap, turbin atau mesin

untuk mengonversi energi uap menjadi energi mekanis, dan penukar panas untuk mentransfer panas dalam proses produksi. Keamanan dan efisiensi operasional peralatan ini sangat penting dalam penggunaan uap industri.

1.3.5 Demin Water

Demin water sendiri diperoleh melalui tahapan proses kimia, dengan campuran bahan kimia, demin water biasanya digunakan sebagai umpan ketel boiler, atau air yang dibuat untuk steam, demin water memiliki tingkat korosif yang sangat rendah sehingga sangat bagus untuk di jadikan steam karena tidak menimbulkan kerak pada dinding pipa, maupun dinding ketel, sehingga boiler dapat bekerja secara maksimal.

Demin Water (air demin) adalah air murni (H_2O) dengan kandungan mineral yang sangat kecil karena adanya proses proses demineralisasi (proses penghilangan mineral-mineral yang terlarut di dalam air). Demin water merupakan salah satu produk water treatmen plant yang diproses dengan metode pertukaran ion menggunakan ion exchange resin sebagai media penukar ion. Berkenaan dengan. penggunaan demin water akan meningkatkan efisiensi dengan cara membebaskan pipa-pipa saluran air dan uap pada sistem tersebut dari karat dan endapan yang mengganggu yang dapat menimbulkan kebocoran maupun tersumbatnya saluran pipa.

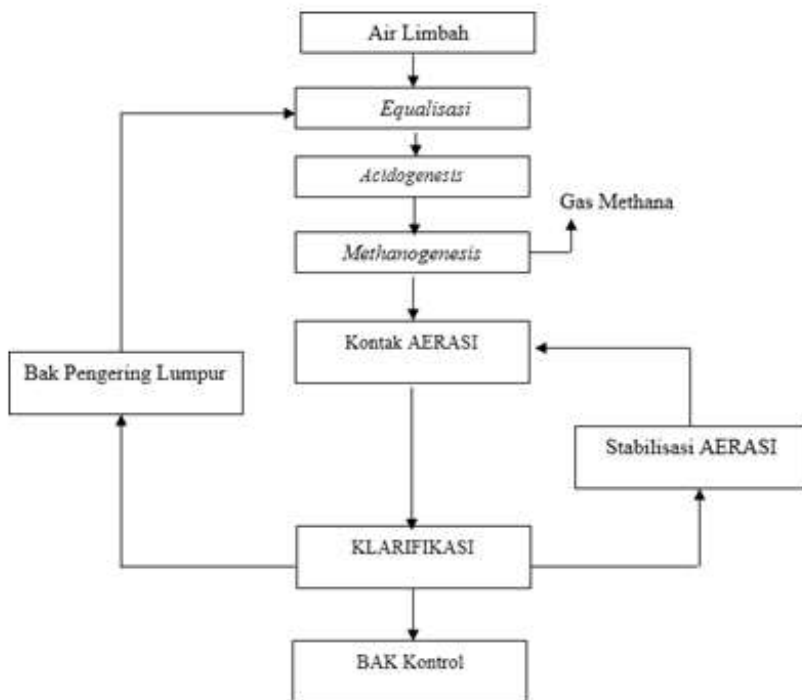
Ion exchange yang mempertukarkan ion di dalam air (larutan) dengan ion lain di dalam media resin diterapkan untuk menurunkan kesadahan. Air murni yang 176 sudah dihasilkan kemudian ditampung dalam tangki penampungan kemudian didistribusikan melalui pipa ke polisher water. Berikut standard demin water :

Tabel 1.1. Standart Demin Water

NO	Spesifikasi	Keterangan
1	pH	6 – 8
2	Conductivity	< 60 $\mu\text{s}/\text{cm}$
3	Kadar Silika	< 0.05 ppm
4	Kadar Fe	< 0.05 ppm
5	Kadar Klorida	0.3 ppm
6	SiO ₂	< 6 ppm

1.3.6 Sistem Pengolahan Limbah

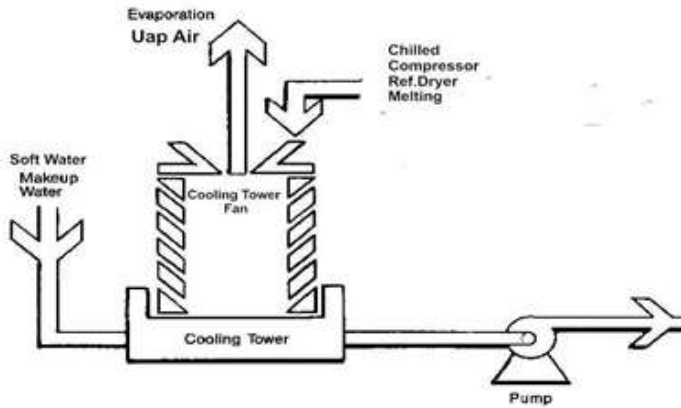
Pengolahan limbah didalam suatu industri sangat penting karena limbah yang dihasilkan didalam proses produksi dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yang berakibat terhadap kesehatan pekerja maupun warga yang berada pada lingkungan pabrik tersebut. Pengolahan limbah sendiri dapat dilakukan dengan memperlakukan air yang memiliki tingkat bahaya diproses sehingga air tersebut menjadi aman dihilangkan unsur-unsur kimia yang berbahaya sehingga dapat digunakan kembali, maupun dibuang. Sedangkan untuk bahan-bahan yang tidak dapat diolah dilakukan penyimpanan ditempat yang aman, jauh dari jangkauan orang, maupun dikirm ke pabrik pengolahan limbah.



Gambar 1.2. Alur Proses Pengolahan Limbah

1.3.7 *Cooling Water* (Air Dingin)

Cooling water dihasilkan oleh alat/mesin yang bernama *Cooling tower* yang mensirkulasikan air di *cooling tower* sehingga air tersebut temperaturnya turun bisa mencapai 22 derajat celcius. Fungsi dari *Cooling water* sendiri untuk mendinginkan komponen mesin, seperti sistem pendinginan oil, sistem pada *heat exchanger*. Kebutuhan akan air pendingin (*cooler water*) bisa di kategorikan kebutuhan umum dalam setiap mesin penggerak. Penggunaan cooler water dipabrik ini adalah untuk mendinginkan mesin-mesin pompa, compressor, refrigerant dryer, dan lain-lain. Untuk dapat digunakan kembali air pendingin dari alat-alat proses didinginkan kembali di *cooling tower*.



Gambar 1.3. Cooling Tower

1.3.8 Chiller water

Chiller water dihasilkan melalui mesin *chiller water* air yang digunakan pada *chiller water* dihasilkan dari *cooling tower*. Air *chiller water* memiliki temperatur yang lebih dingin mencapai 6 derajat celcius, secara fungsi hampir sama dengan *cooling water* untuk mendinginkan komponen mesin untuk menjaga agar tidak terjadi over heating (panas yang berlebih) sehingga dapat merusak mesin itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Ridwan, M et.al. 2017. *Ekonomi Mikro Islam. Medan* : Diklat.
- Susanto, H., 2016, Sistem Utilitas Pabrik Kimia. Bandung: Penerbit ITB

BAB 2

SUMBER AIR DAN SIFAT SIFATNYA

Oleh Neny Rochyani

2.1 Pendahuluan

Air adalah sumber kehidupan yang esensial bagi setiap bentuk makhluk hidup di Bumi. Ketersediaan air yang memadai dan berkualitas menjadi faktor kunci dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan mendukung kehidupan manusia. Oleh karena itu, penelitian tentang sumber air dan sifat-sifatnya memiliki implikasi luas terhadap keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

Ketidakseimbangan dalam distribusi air dan perubahan iklim global telah meningkatkan pentingnya pemahaman mendalam tentang sumber air dan sifat-sifatnya. Masalah kekeringan, penurunan kualitas air, dan perubahan ekosistem akuatik menunjukkan perlunya manajemen yang bijaksana terhadap sumber air untuk memastikan ketersediaan air yang berkelanjutan.

Bab ini ditujukan untuk memahami berbagai sumber air, mulai dari air permukaan hingga air tanah, beserta sifat-sifat fisika dan kimianya. Dengan memahami karakteristik unik dari setiap sumber air, kita dapat mengembangkan strategi yang lebih baik dalam menjaga dan memanfaatkannya.

Sifat kimia air, seperti kadar pH, oksigen terlarut, dan kandungan garam, memiliki dampak besar terhadap kesehatan ekosistem akuatik dan kegunaan air untuk konsumsi manusia. Pemahaman mendalam tentang sifat-sifat kimia ini memberikan pengetahuan untuk memonitor perubahan lingkungan dan menerapkan tindakan korektif yang diperlukan.

Sifat fisika air, termasuk suhu, turbiditas, dan warna, dapat memberikan informasi penting tentang kondisi lingkungan dan kemungkinan pencemaran. Hal ini dapat menjelaskan bagaimana sifat-sifat fisika air dapat mencerminkan kesehatan sumber air dan dampaknya terhadap kehidupan akuatik. Bab ini juga akan

mengidentifikasi tantangan-tantangan utama dalam pengelolaan sumber air, seperti perubahan iklim dan polusi, serta mengeksplorasi peluang dan inovasi dalam meningkatkan kualitas air dan pemanfaatan sumber air yang berkelanjutan.

2.2 Jenis-jenis Sumber Air

Sumber air adalah lokasi atau tempat di mana air dapat ditemukan atau diperoleh. Berbagai jenis sumber air memiliki peran penting dalam mendukung kehidupan dan memenuhi berbagai kebutuhan manusia. Dalam penjelasan ini, kita akan membahas beberapa jenis sumber air utama.

1. Air Permukaan:

Sungai: merupakan Aliran air yang mengalir dalam saluran tertentu. Sungai menyediakan sumber air penting untuk pertanian, konsumsi manusia, dan kehidupan akuatik.

Danau: merupakan Badan air besar yang terakumulasi di daerah rendah, dapat digunakan untuk menyimpan air, mengatur aliran sungai, dan memberikan habitat bagi berbagai jenis organisme.

Waduk: adalah Reservoir buatan manusia yang dibangun dengan maksud menyimpan air untuk keperluan irigasi, produksi listrik, dan penyediaan air minum.

2. Air Tanah:

Akuifer: merupakan Lapisan tanah atau batuan yang mampu menyimpan dan mengalirkan air. Akuifer menyediakan air tanah yang dapat diakses melalui sumur-sumur.

Sumur Bor: Sumur yang dibuat dengan mengebor ke dalam tanah atau batuan untuk mencapai akuifer dan mendapatkan air tanah.

3. Air Hujan:

Tangki Penampungan Air Hujan:

Struktur atau wadah yang dirancang untuk menangkap dan menyimpan air hujan. Air hujan yang ditampung dapat digunakan untuk irigasi, penyiraman taman, atau keperluan non-konsumsi.

4. Air Laut:
Desalinasi:
Adalah Proses menghilangkan garam dari air laut untuk menghasilkan air tawar. Metode ini dapat meningkatkan ketersediaan air di daerah-daerah yang kekurangan sumber air tawar.
5. Air Sungai Bawah Tanah:
Sungai Bawah Tanah:
Merupakan Aliran air di bawah tanah yang mengikuti saluran geologi tertentu. Meskipun tidak selalu terlihat secara fisik, sungai bawah tanah dapat menjadi sumber air yang signifikan.
6. Air Sungai Saluran:
Sungai Saluran Irigasi:
Saluran buatan manusia yang digunakan untuk mengalirkan air dari sungai atau danau ke area pertanian untuk irigasi.
7. Air Mata Air:
Mata Air Artesis:
Mata air yang muncul secara alami dari tekanan air artesis di bawah tanah. Mata air ini dapat memberikan sumber air yang bersih dan jernih.
8. Air dalam Atmosfer:
Uap Air:
Air dalam bentuk gas yang terkandung dalam atmosfer. Proses pengembunan dan presipitasi melibatkan perubahan keadaan air ini.

2.3 Sifat Kimia Air

Air adalah zat yang sangat kompleks secara kimia, dan sifat-sifat kimianya memainkan peran kritis dalam keberlanjutan ekosistem dan kehidupan manusia. Berikut adalah penjelasan detail tentang sifat kimia air:

1. Kadar pH:

Kadar pH mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Skala pH berkisar dari 0 (sangat asam) hingga 14 (sangat basa), dengan nilai 7 dianggap netral.

pH memengaruhi keseimbangan kimia dalam air dan dapat mempengaruhi kelarutan mineral serta aktivitas biologis dalam ekosistem akuatik.

2. Kandungan Oksigen Terlarut (DO):

Merupakan Kandungan oksigen yang larut dalam air, diukur dalam satuan ppm (bagian per juta).

DO kritis untuk kelangsungan hidup organisme akuatik. Perubahan suhu, tekanan, dan polusi dapat memengaruhi DO, dengan rendahnya DO dapat menyebabkan "zona mati" di perairan.

3. Kandungan Garam:

Adalah Kandungan total garam dalam air, termasuk garam-garam anorganik seperti natrium dan klorida.

Kadar garam mempengaruhi potabilitas air dan dapat memengaruhi organisme akuatik. Air payau dan air asin memiliki kadar garam yang lebih tinggi.

4. Kandungan Karbon Dioksida (CO₂):

Merupakan Gas yang terlarut dalam air sebagai hasil dari pertukaran gas dengan atmosfer.

Kandungan CO₂ mempengaruhi keasaman air dan proses fotosintesis di dalam ekosistem akuatik.

5. Komposisi Ion:

Air mengandung berbagai ion seperti H⁺, OH⁻, Ca²⁺, Na⁺, dan lainnya.

Keseimbangan ion memainkan peran dalam keasaman dan basa air, membentuk ikatan kimia dalam reaksi biologis dan kimia.

6. Kandungan Nutrien:

Air dapat mengandung nutrien seperti nitrat, fosfat, dan sulfur. Kandungan nutrien mempengaruhi pertumbuhan alga dan tanaman air, namun kelebihan nutrien dapat menyebabkan eutrofikasi dan masalah kesehatan ekosistem.

7. Toksisitas dan Pencemaran:

Kandungan zat-zat berbahaya seperti logam berat dan senyawa kimia industri.

Zat-zat ini dapat meracuni organisme akuatik, mencemari air, dan membahayakan kesehatan manusia yang mengonsumsi air tersebut.

8. Reaksi Kimia:

Air dapat berpartisipasi dalam berbagai reaksi kimia, termasuk reaksi asam-basa, oksidasi-reduksi, dan kompleksasi.

Reaksi ini dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem dan ketersediaan nutrien.

2.4 Sifat Fisika Air

Air memiliki sifat fisika yang khas, dan pemahaman tentang sifat-sifat ini menjadi kunci untuk mengeksplorasi dinamika ekosistem dan menjaga keberlanjutan sumber daya air. Berikut adalah penjelasan detail tentang sifat fisika air:

1. Suhu Air:

Suhu air mencerminkan tingkat panas atau dinginnya air dan dapat bervariasi secara signifikan di berbagai lokasi dan kedalaman. Suhu air memengaruhi kelarutan zat dalam air, laju metabolisme organisme akuatik, dan pola aliran air.

2. Densitas:

Densitas air berubah dengan suhu; air memiliki densitas tertinggi pada suhu 4 derajat Celsius.

Perubahan densitas dapat mempengaruhi sirkulasi air di perairan dan distribusi nutrien.

3. **Turbiditas:**
Tingkat kekeruhan atau keabuan air, disebabkan oleh partikel-padat yang mengambang.
Turbiditas dapat mempengaruhi penetrasi cahaya matahari dan memengaruhi fotosintesis serta kesehatan ekosistem akuatik.
4. **Warna Air:**
Berasal dari absorpsi dan dispersi cahaya oleh partikel dan zat terlarut dalam air.
Warna air dapat memberikan indikasi tentang kualitas air dan kontaminasi oleh zat-zat organik atau anorganik.
5. **Tekanan Air:**
Tekanan air meningkat seiring dengan kedalaman air.
Tekanan air memengaruhi perubahan bentuk dan perilaku organisme laut, serta distribusi kehidupan laut di kedalaman.
6. **Kedalaman Air:**
Jarak vertikal dari permukaan air hingga dasar perairan.
Kedalaman air memengaruhi distribusi suhu, pencahayaan, dan kelangsungan hidup organisme yang tergantung pada kedalaman.
7. **Pergerakan Air:**
Arus air, gelombang, dan pasang-surut adalah contoh pergerakan air.
Pergerakan air memengaruhi distribusi nutrisi, dispersi larva organisme laut, dan transportasi materi di dalam ekosistem akuatik.
8. **Bentuk Fisik Air:**
Dalam bentuk cair, padat (es), dan gas (uap air).
Perubahan fase air memainkan peran penting dalam siklus hidrologi dan transfer energi di Bumi.

2.5 Pengelolaan Sumber Air

Pengelolaan sumber air adalah serangkaian tindakan dan strategi yang bertujuan untuk memastikan ketersediaan air yang memadai, kualitas air yang baik, dan keberlanjutan ekosistem akuatik. Berikut adalah penjelasan detail tentang pengelolaan sumber air:

1. Pemantauan Kualitas Air:

Kegiatan pemantauan terhadap parameter kualitas air seperti pH, oksigen terlarut, dan kandungan nutrisi.

Menilai kesehatan ekosistem dan mendeteksi potensi pencemaran, memungkinkan pengambilan keputusan yang tepat.

2. Konservasi Air:

Praktik dan kebijakan untuk mengurangi konsumsi air dan memastikan penggunaan air yang efisien.

Mengurangi pemborosan air, mendorong kesadaran akan pentingnya konservasi, dan memastikan ketersediaan air jangka panjang.

3. Manajemen Daerah Aliran Sungai (DAS):

Pendekatan holistik untuk pengelolaan sumber daya air di seluruh DAS, mempertimbangkan aspek hidrologis, ekologis, dan sosial.

Mencegah erosi tanah, melindungi kualitas air, dan mendukung keberlanjutan ekosistem sungai.

4. Pencegahan Pencemaran:

Implementasi tindakan untuk mencegah masuknya bahan pencemar ke sumber air.

Meminimalkan dampak pencemaran terhadap air tanah, sungai, dan danau, melibatkan regulasi industri dan pengelolaan limbah.

5. Pengelolaan Sumber Air Tanah:

Pengaturan eksploitasi air tanah dan melibatkan teknik irigasi yang hemat air.

Menjaga keberlanjutan akuifer, mencegah penurunan permukaan air tanah, dan mengurangi risiko intrusi air asin.

6. Teknik Irigasi yang Efisien:

Penerapan teknologi irigasi yang meminimalkan pemborosan air dan meningkatkan efisiensi penggunaan air di pertanian.

Mengoptimalkan produksi tanaman sambil mengurangi tekanan terhadap sumber air.

7. Rehabilitasi Ekosistem Akuatik:

Upaya untuk memulihkan ekosistem sungai, danau, dan pantai yang terdegradasi.

Meningkatkan keanekaragaman hayati, mendukung peran ekosistem sebagai penyedia air dan habitat.

8. Partisipasi Masyarakat:

Melibatkan masyarakat dalam proses pengambilan keputusan dan implementasi program pengelolaan sumber air.

Meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan sumber air, serta mendukung kebijakan dan praktik berkelanjutan.

9. Penggunaan Teknologi:

Pemanfaatan teknologi terkini untuk pemantauan, pengukuran, dan manajemen sumber air.

Meningkatkan akurasi pemantauan kualitas air, efisiensi pengelolaan, dan pengambilan keputusan berbasis data.

2.6 Tantangan dan Solusi dalam Pengelolaan Sumber Air dan Sifat-sifatnya

Pengelolaan sumber air dan pemahaman terhadap sifat-sifatnya menghadapi sejumlah tantangan kompleks yang dapat mempengaruhi ketersediaan dan kualitas air. Berikut adalah penjelasan detail tentang tantangan dan solusi terkait sumber air dan sifat-sifatnya:

Tantangan:

1. Perubahan Iklim:

Perubahan iklim dapat menyebabkan pola curah hujan yang tidak terduga, peningkatan suhu, dan perubahan ekstrem iklim. Menyebabkan ketidakstabilan pasokan air, kekeringan, dan meningkatkan risiko bencana alam.

2. Pencemaran Air:

Pencemaran oleh limbah industri, pertanian, dan perkotaan dapat mengurangi kualitas air. Menyebabkan kerugian ekosistem akuatik, kesehatan manusia yang terpapar air yang tercemar, dan kerugian keberlanjutan.

3. Pertumbuhan Populasi:

Peningkatan populasi manusia meningkatkan permintaan akan air untuk konsumsi, pertanian, dan industri. Menyebabkan tekanan pada sumber air dan meningkatkan risiko kekurangan air di beberapa wilayah.

4. Eksploitasi Air Tanah Berlebihan:

Pengambilan air tanah yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan permukaan air tanah. Risiko intrusi air asin, penurunan kualitas air, dan kekeringan di wilayah-wilayah tertentu.

5. Kekurangan Infrastruktur:

Kurangnya infrastruktur air bersih dan sanitasi di beberapa daerah. Menyebabkan penyebaran penyakit air, kekurangan air bersih, dan ketidaksetaraan akses terhadap sumber air.

Solusi:

1. Teknologi Pengelolaan Air:

Penerapan teknologi canggih untuk pemantauan kualitas air, pengelolaan irigasi yang efisien, dan manajemen sumber air secara terpadu.

2. **Konservasi Air dan Kebijakan Efisiensi:**
Menerapkan kebijakan konservasi air, mendukung teknik irigasi yang efisien, dan mempromosikan penggunaan air yang hemat.
3. **Penanganan Pencemaran:**
Meningkatkan regulasi dan pengawasan terhadap limbah industri, menggalakkan praktek pertanian berkelanjutan, dan mengedepankan teknologi pengolahan air yang efektif.
4. **Manajemen DAS Terpadu:**
Menerapkan pendekatan manajemen DAS yang holistik, mempertimbangkan kebutuhan ekosistem, pertanian, dan masyarakat.
5. **Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat:**
Meningkatkan pendidikan masyarakat tentang penggunaan yang bertanggung jawab terhadap sumber air, serta mendukung kampanye kesadaran lingkungan.
6. **Adaptasi terhadap Perubahan Iklim:**
Mengembangkan strategi adaptasi, seperti pengelolaan air yang adaptif dan teknologi tahan iklim, untuk menghadapi perubahan iklim.

2.7 Kesimpulan

Pengelolaan sumber air memerlukan pendekatan holistik dan kolaboratif untuk mengatasi tantangan yang dihadapi. Solusi-solusi ini melibatkan inovasi teknologi, kebijakan yang bijaksana, serta partisipasi aktif dari masyarakat untuk memastikan ketersediaan dan keberlanjutan sumber air untuk generasi mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Gleick, P. H. 1993. *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. Oxford University Press.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Education.
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. 2017. *Earth Science*. Pearson.
- Viessman Jr., W., & Hammer, M. J. 2015. *Water Supply and Pollution Control*. Pearson.
- Mays, L. W. 2011. *Water Resources Engineering*. John Wiley & Sons.
- Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Rice, E. W., & Greenberg, A. E. (Eds.). 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association.

BAB 3

DASAR – DASAR PENGOLAHAN AIR

Oleh Andrie

3.1 Pengolahan Air

Pengolahan air dalam suatu pabrik sangat penting untuk memastikan air yang digunakan dalam berbagai proses tidak mengandung beberapa kontaminan yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia dan lingkungan sekitarnya (Sapkota *et al.*, 2021).

Air yang tidak diolah dengan baik kedepannya akan menjadi tempat ideal bagi pertumbuhan mikroorganisme serta pembentukan kerak, yang nantinya dapat merusak peralatan dan mengganggu efisiensi proses (Tchobanoglous and Theisen, 1993).

Kualitas dari air yang buruk nantinya akan dapat menghambat kinerja dari peralatan industri dan akan mengurangi efisiensi dari proses produksi, dan akhirnya dapat mempengaruhi produktivitas dan profitabilitas pabrik (Freese and Nozaic, 2007).

Banyak negara yang memiliki regulasi yang ketat terkait penggunaan air dalam sebuah industri. Pengolahan air yang baik sangat penting untuk mematuhi standar kualitas air yang ditetapkan oleh lembaga Pemerintah (Volentino, 2013).

Pengolahan air yang tepat kedepannya dapat membantu dalam menjaga keberlanjutan lingkungan dengan mengurangi dampak negatif pada sumber daya air dan ekosistem sekitar pabrik (Zhang and Ma, 2020).

3.2 Tujuan pengolahan air

Tujuan utama dalam pengolahan air dalam sebuah pabrik untuk menghasilkan air memenuhi standar kualitas tertentu dan aman digunakan dalam berbagai proses industri.

Beberapa tujuan khusus melibatkan penghilangan kontaminan, penyediaan air yang sesuai dengan keperluan produksi, serta memenuhi regulasi lingkungan.

1. Menghilangkan Kontaminan

Proses pengolahan air yang bertujuan untuk menghilangkan berbagai kontaminan seperti partikel padat, mikroba patogen, zat organik, logam berat, dan bahan kimia berbahaya dari air (Metcalf, Eddy and Tchobanoglous, 1991).

2. Mengoptimalkan Kualitas Air untuk Proses Produksi

Air yang digunakan dalam proses produksi harus memenuhi persyaratan tertentu agar tidak mempengaruhi kualitas produk akhir. Pengolahan air bertujuan untuk menyediakan air yang sesuai dengan kebutuhan sesuai dengan spesifikasi industri (Tchobanoglous and Theisen, 1993).

3. Mengurangi Risiko Pencemaran Lingkungan

Pengolahan air yang bertujuan dalam mencegah pencemaran lingkungan serta memastikan bahwa air yang dibuang ke lingkungan memiliki tingkat kontaminasi yang dapat diterima sesuai dengan regulasi lingkungan (Mara, Cairncross and Organization, 1989).

4. Memenuhi Standar dan Regulasi

Pengolahan air yang terkait standar kualitas air yang ditetapkan oleh Pemerintah atau lembaga regulasi terkait. Yang terkait dengan persyaratan parameter kualitas air seperti BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), pH, dan parameter lainnya (Acrylamide, 2009).

3.3 Sumber Air dan Pengambilan (*Intake*)

Sumber-sumber air yang biasanya digunakan dalam pengolahan air di pabrik sangat bervariasi tergantung dari letak geografis dari pabrik itu sendiri, serta kebutuhan spesifiknya. Adapun beberapa sumber air yang pada umumnya digunakan dalam pengolahan air sebuah pabrik meliputi:

1. Sungai atau Danau

Air sungai atau danau sering menjadi sumber utama dalam pengolahan air dalam sebuah pabrik (Metcalf, 2003).

2. Air Permukaan Lainnya

Jenis air permukaan seperti kolam atau waduk juga dapat digunakan sebagai sumber air dalam pengolahan air dalam

- beberapa industri (Tchobanoglus, Burton and Stensel, 2003).
3. Air Tanah
Air yang diperoleh dari sumur atau sumur bor juga dapat menjadi sumber air yang handal dalam pengelolaan air baku dalam sebuah industri (Davis and Cornwell, 2008).
 4. Air Limbah Daur Ulang
Penggunaan kembali (*Reuse*) dari air limbah dari proses produksi setelah melalui tahap pengolahan khusus (Tchobanoglus, Burton and Stensel, 2003).
 5. Air Hujan
Pabrik dapat mengumpulkan air hujan dari atap ataupun permukaan lainnya dan dapat digunakan setelah pengolahan (Henze *et al.*, 2002).
 6. Sumber Air Buatan
Beberapa pabrik dapat menggunakan air hasil penyulingan air laut atau sistem daur ulang air industri mereka sendiri (Davis and Cornwell, 2008).

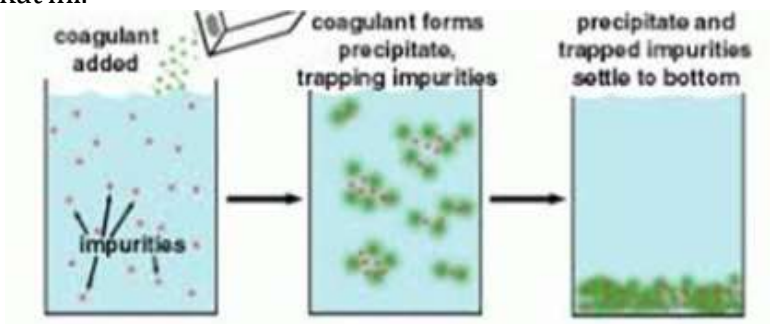
3.4 Koagulasi dan Flokulasi

Proses pengolahan air melalui proses koagulasi dan flokulasi merupakan salah satu langkah dalam proses pengolahan air, pengolahan air yang biasanya dilakukan proses ini adalah air yang terpolusi atau berupa limbah cair.

3.4.1 Koagulasi

Koagulasi merupakan sebuah langkah awal dalam proses pengolahan air yang melibatkan penambahan bahan kimia koagulan ke dalam air yang kemudian membentuk flok atau gumpalan partikel. Tujuan dari proses koagulasi untuk meningkatkan ukuran partikel yang sulit diendapkan secara alami, sehingga dengan proses koagulan dapat mengendapkan partikel yang terkandung dalam air dengan lebih efektif dan selanjutnya untuk meningkatkan efisiensi penghilangan partikel dan zat terlarut yang tidak diinginkan. Bahan yang biasanya digunakan dalam proses koagulasi seperti Aluminium sulfat (alum), besi klorida, atau polielektrolit (Hasan and Hassoon, 2021).

Untuk gambaran proses koagulasi dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.

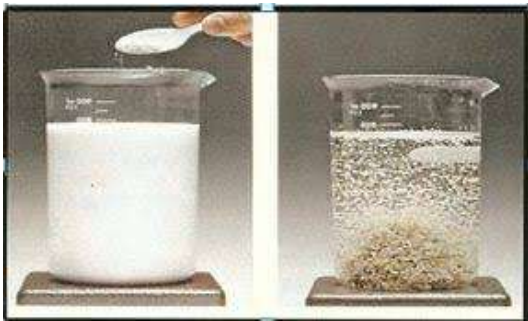


Gambar 3.1. Proses Koagulasi
Sumber: (Prabowo, 2021)

3.4.2 Flokulasi

Flokulasi merupakan langkah lanjutan dari proses koagulasi dalam proses pengolahan air. Pada tahap ini, air yang telah diberi koagulan akan mengalami pergerakan perlahan untuk membantu partikel-partikel yang telah menggumpal menjadi flok tumbuh menjadi flok yang lebih besar. Tujuan dalam pembentukan flok yang lebih besar dan padat adalah untuk mempermudah dalam proses pengendapan pada langkah selanjutnya (sedimentasi). Bahan flokulasi yang digunakan seperti Polielektrolit atau bahan kimia flokulasi tambahan dapat diberikan untuk membantu mempercepat pembentukan flok (Metcalf, 2003).

Untuk gambaran proses flokulasi dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut ini.

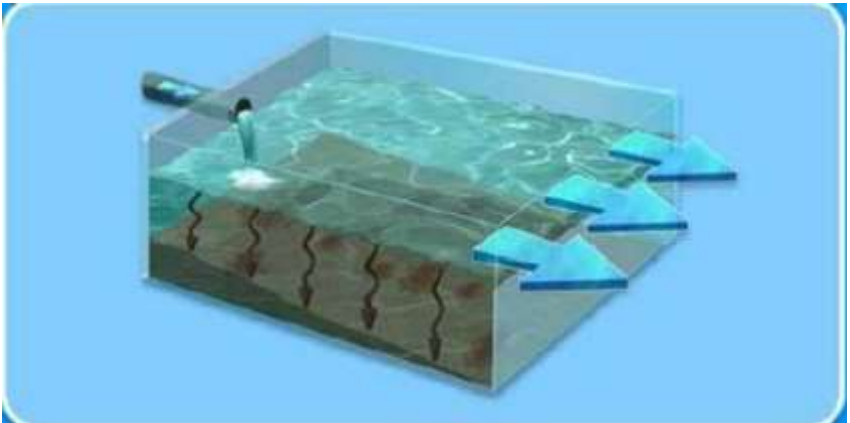


Gambar 3.2. Proses Flokulasi
Sumber : (Adywater.com, 2013)

3.5 Sedimentasi

Proses sedimentasi merupakan salah satu langkah penting dalam pengolahan air, dimana air yang mengandung flok atau partikel yang telah menggumpal akan dialirkan melalui bak sedimentasi untuk memisahkan flok yang lebih besar yang terdapat pada air. Tujuan dari proses ini untuk memisahkan flok atau partikel berat pada air yang dimana telah terbentuk di dua proses sebelumnya yaitu koagulasi dan flokulasi dan juga mendukung menghilangkan material padat yang lebih besar dari air (Metcalf, 2003; Davis and Cornwell, 2008).

Untuk gambaran mengenai proses sedimentasi pada pengolahan air dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3. Proses Sedimentasi

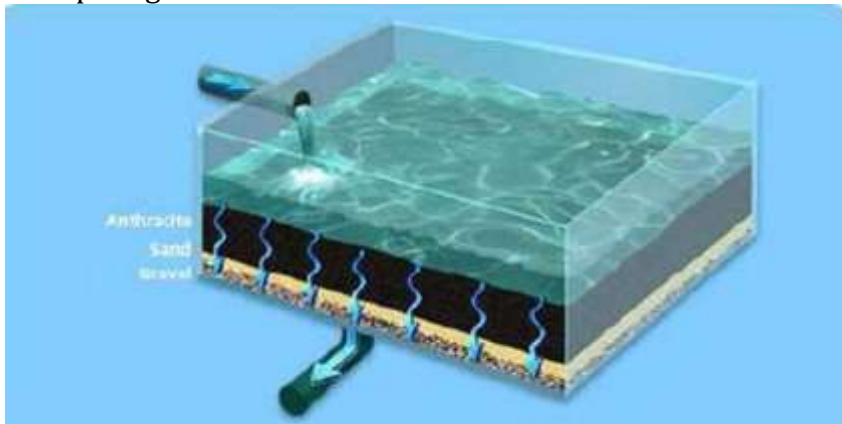
Sumber : (Aryansyah.wordpress.com, 2009)

3.6 Filtrasi

Filtrasi merupakan tahap penting dalam pengolahan air yang dimana pada proses ini dilakukan penyaringan air melalui media filter yang berfungsi untuk menghilangkan partikel-partikel halus dan mikroorganisme yang terkandung dalam air dan yang tersisa setelah proses sedimentasi. Tujuan dari proses filtrasi ini selain menghilangkan partikel-partikel halus dan mikroorganisme, juga memastikan kualitas air yang difilter telah sesuai dengan standar pengolahan air (Guyer and PE, 2017). Proses filtrasi pada proses pengolahan air juga memperhatikan media filter yang digunakan.

Media filter yang digunakan dapat berupa pasir, karbon aktif, atau bahan filter lainnya (Widayat, 2008).

Untuk gambaran proses filtrasi pada pengolahan air dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4. Proses Filtrasi

Sumber: (Aryansyah.wordpress.com, 2009)

3.7 Desinfeksi

Desinfeksi merupakan salah satu langkah yang penting dalam proses pengolahan air yang di dalamnya terdapat proses penambahan bahan kimia atau penggunaan teknologi tertentu dalam membunuh atau menonaktifkan mikroorganisme patogen yang masih terdapat dalam air setelah proses pengolahan sebelumnya (Clark and Hakim, 2019). Tujuan dari proses ini adalah untuk mencegah penyebaran penyakit melalui air dengan menghancurkan atau menonaktifkan mikroorganisme seperti bakteri, virus, dan parasit (Organization, 2022).

3.7.1 Metode Disinfeksi

Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam proses disinfeksi pengolahan air adalah sebagai berikut.

1. Klorinasi

Merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan. Klorin merupakan salah satu disinfektan yang efektif dan murah. Namun, apabila digunakan secara berlebihan dapat meninggalkan rasa dan bau yang tidak diinginkan pada air. (Hakimah, 2023)

2. Ozonisasi

Proses ozon merupakan oksiden yang kuat dan dapat membunuh mikroorganisme dengan cepat. Namun, proses ini terbilang mahal dan memerlukan peralatan khusus. (Crittenden *et al.*, 2012)

3. Radiasi Ultra Violet (UV)

Proses yang dapat membunuh mikroorganisme tanpa menambahkan bahan kimia ke dalam air. Namun, efektivitas dari proses ini dapat dipengaruhi oleh kekeruhan air dan memerlukan peralatan yang khusus. (Sofia, 2019)

4. Kloraminasi

Proses penambahan senyawa kloramin (campuran amonia dan klor) untuk memberikan efek disinfeksi lebih lama. (Rosyi, 2022)

3.7.2 Proses Disinfeksi

Beberapa aturan yang harus diperhatikan dalam proses disinfeksi diantaranya. (Novianti and Sulistyorini, 2022)

1. Penentuan dosis

Dosis disinfektan harus diatur dengan cermat sesuai dengan karakteristik air serta standar kualitas yang berlaku.

2. Waktu kontak

Air yang telah diberi disinfektan harus dibiarkan dalam waktu tertentu (waktu kontak) untuk memastikan efektivitas proses disinfeksi.

3. Pengawasan kualitas

Proses disinfeksi tetap di pantau secara teratur dan memastikan bahwa air yang dihasilkan telah memenuhi standar kesehatan.

3.8 Penyimpanan dan Distribusi Air

Proses penyimpanan air merupakan tahapan dalam menyediakan pasokan air yang konsisten dan dapat diandalkan. Air yang telah melalui proses pengolahan kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan sebelum didistribusikan ke berbagai area pabrik atau untuk konsumsi. Tujuan dalam penyediaan pasokan air

yang stabil ini adalah untuk memenuhi kebutuhan produksi dan proses pabrik serta sebagai cadangan air untuk kebutuhan darurat. (Association, 2003)

Tahapan Proses Penyimpanan Air

Beberapa tahapan dalam proses penyimpanan air adalah sebagai berikut. (Tchobanoglous, Burton and Stensel, 2003)

1. Tangki penyimpanan
Air yang diarahkan ke tangki penyimpanan harus memiliki kapasitas yang memadai untuk menampung pasokan air yang telah diolah.
2. Pengawasan kualitas
Kualitas air dalam tangki penyimpanan harus selalu dipantau secara teratur untuk memastikan bahwa air tetap memenuhi standar kesehatan dan tidak terkontaminasi selama penyimpanan.
3. Pengendalian aliran
Sistem pengendalian aliran air mengatur pasokan air yang masuk kedalam tangki penyimpanan agar tetap dalam kondisi optimal.

Tahapan Proses Distribusi Air

Beberapa tahapan yang harus diperhatikan dalam proses distribusi air adalah sebagai berikut. (Association, 2003)

1. Jaringan distribusi
Air yang dialirkan melalui sistem jaringan pipa yang terhubung ke tangki penyimpanan harus memperhatikan jenis pipa yang digunakan seperti baja, PVC, atau HDPE tergantung pada kebutuhan dan kompatibilitas air yang diolah.
2. Pengaturan tekanan
Sistem distribusi juga dilengkapi dengan peralatan pengaturan tekanan seperti pompa atau katup dalam memastikan air dapat mengalir dengan baik ke berbagai area pabrik.

3. Pemantauan konsumsi

Konsumsi air harus dipantau untuk mengidentifikasi pola penggunaan dan mendeteksi kebocoran atau permasalahan lainnya.

4. Kebersihan dan pemeliharaan

Jaringan distribusi air juga secara berkala diperiksa dan dibersihkan untuk mencegah kontaminasi dan memastikan kelancaran aliran air.

DAFTAR PUSTAKA

- Acrylamide, O. C. 2009. 'National Primary Drinking Water Regulations', *Kidney*, 2(4-D), pp. 0–7.
- Adywater.com. 2013. *Pengertian Koagulasi dan Flokulasi dalam Pengolahan Air*. Available at: <https://www.adywater.com/2013/09/jual-koagulan-dan-flokulan.html>.
- Aryansyah.wordpress.com. 2009. *Sedimentasi*. Available at: <https://aryansah.wordpress.com/tag/sedimentasi/>.
- Association, A. W. W. 2003. *Water transmission and distribution*. American Water Works Association.
- Clark, R. M. and Hakim, S. 2019. 'Public–Private Partnerships and Their Application to US Drinking Water Systems', *Public Private Partnerships: Construction, Protection, and Rehabilitation of Critical Infrastructure*, pp. 281–289.
- Crittenden, J. C. et al. 2012. *MWH's water treatment: principles and design*. John Wiley & Sons.
- Davis, M. L. and Cornwell, D. A. 2008. *Introduction to environmental engineering*. McGraw-Hill.
- Freese, S. D. and Nozaic, D. J. (2007) 'Chlorine based disinfectants: how do they compare', *Water Science and Technology*, 55(10), pp. 403–411.
- Guyer, J. P. and PE, R. A. (2017) *An Introduction to Water Treatment*. Guyer Partners.
- Hakimah, D. Z. N. (2023) 'Review Jurnal: Analisis Pengaruh Desinfeksi Pada Pengolahan Air Minum', *Prosiding Sains dan Teknologi*, 2(1), pp. 542–547.
- Hasan, A. A. and Hassoon, A. F. (2021) 'The Efficacy of the Return Sludge in Removing Undesirable Materials from the Karbala Unified Water Project', in *2021 4th International Iraqi Conference on Engineering Technology and Their Applications (IICETA)*. IEEE, pp. 230–235.
- Henze, M. et al. (2002) *Wastewater treatment: biological and chemical process*. Springer.

- Mara, D. D., Cairncross, S. and Organization, W. H. (1989) *Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture: measures for public health protection*. World Health Organization.
- Metcalf, L. (2003) 'Wastewater engineering: treatment and reuse. Metcalf & Eddy Inc', McGraw-Hill Inc., New York. Mohammed, AN and ElBably, MA (2016). *Technologies of domestic wastewater treatment and reuse: options of application in developing countries*. *JSM Environ Sci Ecol*, 4(3), p. 1033.
- Metcalf, L., Eddy, H. P. and Tchobanoglous, G. (1991) *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse*. McGraw-Hill New York.
- Novianti, S. and Sulistyorini, L. (2022) 'Gambaran Pengolahan Air Baku menjadi Air Minum di Sumur PDAM X', *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, 12(4), pp. 921–928.
- Organization, W. H. (2022) *Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda*. World Health Organization.
- Prabowo, R. (2021) 'Analisis Produktivitas Marvin E . Mundel dan Aplikasi Lean Manufacturing (Studi Kasus PT . Abadi Water - Pandaan) Rony Prabowo Jurusan Teknik Industri , Fakultas Teknologi Industri', in *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan I (SENASTITAN I)*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, pp. 275–284.
- Rosyi, A. (2022) 'PENGARUH VARIASI CAMPURAN PASIR DAN KLOOR PADA CHLORINE FILTER TERHADAP SISA KLOOR AIR PENCUCIAN DI RUMAH PEMOTONGAN AYAM IPINX'S CHICKEN'S SLEMAN'. Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Sapkota, M. *et al.* (2021) 'Assessment of water quality using multivariate statistical approaches in Jagadishpur Reservoir, Lumbini Province, Nepal', *Sustainable Water Resources Management*, 7, pp. 1–12.
- Sofia, D. R. (2019) 'Perbandingan hasil disinfeksi menggunakan ozon dan sinar ultra violet terhadap kandungan mikroorganisme pada air minum isi ulang', *Agroscience*, 9(1), pp. 82–92.

- Tchobanoglous, G. and Theisen, H. (1993) 'Integrated solid waste management: engineering principles and management issues'.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. and Stensel, H. D. (2003) 'Wastewater engineering: treatment and reuse', *American Water Works Association Journal*, 95(5), p. 201.
- Volentino, D. (2013) 'Kajian Pengawasan Pemanfaatan Sumberdaya Air Tanah di Kawasan Industri Kota Semarang', *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 1(3), pp. 265–274.
- Widayat, W. (2008) 'Teknologi pengolahan air minum dari air baku yang mengandung kesadahan tinggi', *Jurnal Air Indonesia*, 4(1).
- Zhang, J. and Ma, L. (2020) 'first_pagesettingsOrder Article Reprints Open AccessEditor's ChoiceArticle Environmental Sustainability Assessment of a New Sewage Treatment Plant in China Based on Infrastructure Construction and Operation Phases Emergy Analysis', *Wastewater Treatment and Reuse*, 12(484), pp. 1–23. doi: <https://doi.org/10.3390/w12020484>.

BAB 4

PENGOLAHAN SECARA KIMIA

Oleh Atika Nandini

4.1 Pendahuluan

Air yang digunakan dalam pabrik, seperti air proses, air umpan boiler, air pendingin dan lainnya diperoleh dari air sungai. Untuk mendapatkan spesifikasi air sesuai dengan kebutuhan dilakukan pengolahan dengan beberapa tahap. Pengolahan yang dilakukan setelah pemompaan dari sungai adalah penjernihan, penyaringan, desinfektasi, demineralisasi, dan deaerasi.

Pengolahan air tersebut dilakukan baik secara fisika maupun secara kimia. Proses pengolahan air secara kimia merupakan proses yang melibatkan penambahan bahan kimia untuk mengubah atau destruksi kontaminan. (Sushanti, 2018).

Tujuan pengolahan secara kimia antara lain :

1. Pengendapan zat-zat terlarut dengan memakai koagulan. Koagulan merupakan zat-zat kimia yang mampu menetralkan muatan partikel koloid yang memiliki fungsi untuk mengikat partikel-partikel tersebut. Contohnya seperti Alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), Ferro Sulfat ($\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Ferric Sulfat ($\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$), Sodium Aluminate (NaAlO_2), Amonia Alum, dan Chlorinated Copperas.
2. Penghilangan zat-zat racun dan bibit penyakit
3. Menghilangkan bau dan rasa

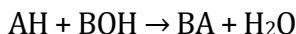
4.2 Pengolahan Secara Kimia

Pengolahan air limbah secara kimia merupakan pengolahan air limbah dengan penambahan bahan kimia (baik berbentuk padat, cair maupun gas) kedalam air limbah. Beberapa proses pengolahan air limbah secara kimia akan dijabarkan pada subbab dibawah ini, dan untuk masing-masing proses pengolahan mempunyai tujuan tertentu.

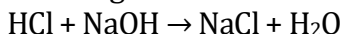
4.2.1 Proses Netralisasi

Proses netralisasi bertujuan untuk melakukan perubahan derajat keasaman (pH) air limbah. Proses ini dilakukan pada awal proses (pengkondisian) air limbah sebelum dilakukan proses lanjutan atau pada akhir proses sebelum air limbah dibuang ke lingkungan dalam rangka memenuhi standar baku mutu air limbah yaitu pH 6-9.

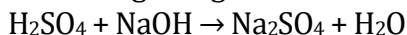
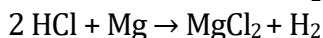
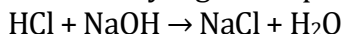
Beberapa air limbah memiliki derajat keasaman (pH) asam dan basa, dalam proses netralisasi diharapkan pH air limbah menjadi netral atau berkisar 6-9. Berbagai reaksi yang terjadi pada proses netralisasi :



A dan B mewakili monovalen kation dan anion, sedangkan BA merupakan garam yang terbentuk. Contoh reaksi netralisasi yaitu natrium hidroksida dengan asam klorida seperti berikut:



Dimana Na merupakan B dan Cl merupakan A, pada reaksi tersebut akan dihasilkan garam yaitu NaCl. Berbagai reaksi netralisasi yang lain dapat ditulis seperti berikut :



Reaksi yang terjadi pada netralisasi ada yang bersifat eksotermis (*the enthalpy of neutralization*) seperti reaksi antara natrium hidroksida dengan asam klorida, dan bersifat endotermis yaitu natrium karbonat dengan asam asetat.

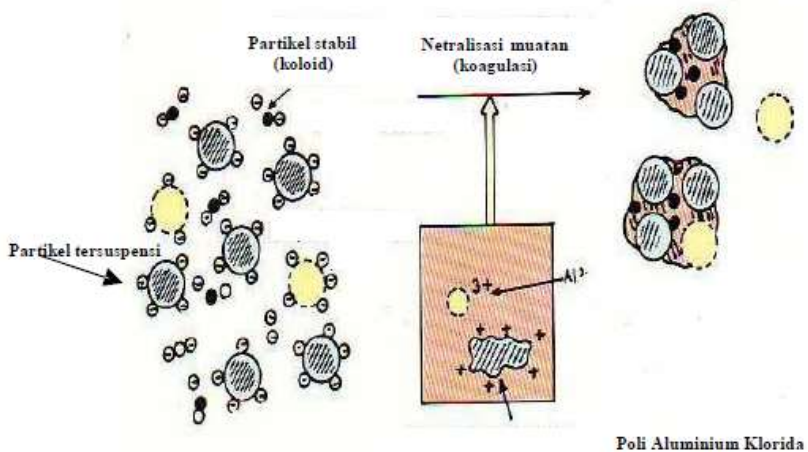
Pada air limbah yang bersifat asam, dibutuhkan basa untuk netralisasi dan sebaliknya. Pada netralisasi air limbah dapat pula terbentuk padatan sehingga dibutuhkan proses pemisahan padatan.

4.2.2 Proses Koagulasi dan Flokulasi

Air limbah pada umumnya mengandung padatan tersuspensi, partikel koloid (berukuran < 1 mikron), bahan terlarut (berukuran < nanometer). Padatan-padatan dalam air pada umumnya bermuatan negatif dan padatan-padatan tersebut sangat sulit dipisahkan secara fisik (sedimentasi dan filtrasi dengan media

padat) dan dapat dilakukan secara kimia melalui proses koagulasi-flokulasi

Koagulasi adalah proses pencampuran koagulan atau pengendap ke dalam limbah cair dengan kecepatan rotasi berlebihan dalam waktu singkat. Koagulan adalah bahan kimia yang dibutuhkan dalam limbah cair untuk membantu proses pengendapan partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap secara gravimetri. Proses koagulasi dapat dilihat pada Gambar 1.

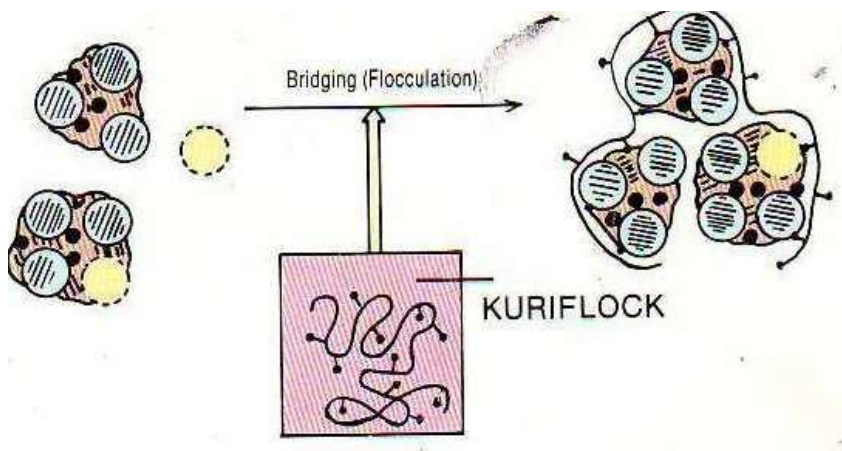


Gambar 4.1. Proses koagulasi.

Tujuan koagulasi adalah untuk mengubah partikel-partikel koloid dalam limbah cair yang tidak dapat mengendap menjadi mudah diendapkan. Hal ini karena proses pencampuran koagulan ke dalam limbah cair, menyebabkan partikel koloid yang memiliki padatan ringan dan ukuran kecil menjadi lebih berat dan besar (flok) sehingga mudah untuk mengendap. Proses koagulasi dapat dilakukan melalui tahap pengadukan antara koagulan dan limbah cair dan netralisasi muatan. Prinsip koagulasi adalah limbah cair mengandung partikel-partikel koloid yang sebagian besar bermuatan listrik negatif. Partikel-partikel ini umumnya cenderung untuk saling tolak menolak satu sama lainnya sehingga tetap stabil dalam bentuk suspensi atau koloid dalam air. Netralisasi muatan negatif padatan dilakukan dengan memasukkan koagulan

bermuatan positif ke dalam air yang diamati melalui pengadukan cepat (Anggraini, 2018).

Flokulasi adalah penghilangan kekeruhan air melalui penggumpalan partikel-partikel kecil menjadi partikel-partikel besar. Gaya antarmolekul yang diterima dari agitasi adalah salah satu elemen yang berpengaruh pada laju pembentukan partikel flok. Salah satu unsur yang berpengaruh terhadap tercapainya proses flokulasi adalah pengadukan yang lambat, keadaan ini memberikan kemungkinan bagi partikel-partikel untuk bersentuhan membentuk suatu kombinasi. Pengadukan lambat ini dilakukan dengan hati-hati karena flok-flok besar akan mudah pecah pada kecepatan tinggi. Gambar 4.2 berikut adalah proses flokulasi.



Gambar 4.2. Proses Flokulasi

Proses destabilisasi partikel dilakukan dengan penambahan bahan kimia yang bermuatan positif yang dapat menyelimuti permukaan partikel sehingga partikel tersebut dapat berikatan dengan partikel lainnya. Partikel yang telah berikatan akan mudah untuk dipisahkan secara fisik (sedimentasi, flotasi, dan filtrasi). Proses flokulasi dibutuhkan untuk penggabungan partikel dengan menggunakan bahan kimia sehingga mempercepat waktu pengendapan partikel (flok).

Pada proses koagulasi (destabilisasi) dibutuhkan bahan kimia yang mampu merubah muatan partikel, perubahan muatan

partikel dapat dilakukan dengan berbagai bahan kimia tetapi bahan kimia yang bervalensi 3 (trivalent) sepuluh kali lebih efektif dibanding dengan bervalensi 2 (divalent) (Cahyo, 2015). Bahan kimia yang sering dipergunakan dalam proses koagulasi seperti tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 4.1. Jenis Bahan Kimia sebagai Koagulan

Koagulan	Rumus Senyawa	Berat molekul (g/mol)
Aluminium sulfat	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$	666,7
Fero sulfat	$\text{Fe} (\text{SO}_4) \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	278,0
Kalsium hidroksida	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	56 sebagai CaO
Feri klorida	FeCl_3	162,1
Feri sulfat	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	400

Sumber: Ketut Sumada, Pengolahan Air Limbah Secara Kimia

Berbagai parameter perancangan sedimentasi untuk koagulasi berdasarkan jenis koagulan yang dipergunakan seperti tercantum dalam tabel berikut :

Tabel 4.2. Parameter Perancangan Sedimentasi berdasarkan jenis koagulan

Jenis Koagulan	Laju alir limpahan (gallon/hari-ft ²)	Waktu tinggal (jam)
Aluminium	500 - 800	2 – 8
Besi	700 - 1000	2 – 8
Kapur-Soda	700 - 1500	4 – 8

Sumber: Ketut Sumada, Pengolahan Air Limbah Secara Kimia

Flokulasi merupakan suatu peristiwa penggabungan partikel-partikel yang telah mengalami proses destabilisasi (koagulasi) dengan penambahan bahan kimia (flokulan) sehingga terbentuk partikel dengan ukuran lebih besar (macrofloc) yang mudah untuk diendapkan. Beberapa jenis bahan kimia yang berfungsi sebagai flokulan seperti tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 4.3. Jenis flokulan

Sumber flokulan	Jenis flokulan
Flokulan Mineral	Silika aktif
	Tanah liat (koloid) : bentonit
	Logam hidroksida (aluminium dan ferri hidroksida)
Flokulan organik	Turunan pati (pati singkong, dan kentang)
	Polisakarida
	Kitosan
	Gelatin dan alginat
Flokulan sintetis	Polyethylene-imines (cationic)
	Polyamides-amines (cationic)
	Polyamines (cationic)
	Polyethylene-oxide (nonionic)
	Komponen karboksil dan sulfonate (anionic)
	Polyacrylamide (nonionic)

Sumber: Ketut Sumada, Pengolahan Air Limbah Secara Kimia

Flokulan sintetis merupakan flokulan yang diproduksi dengan berbagai kebutuhan sehingga flokulan ini diproduksi bermuatan negatif (anionic), bermuatan positif (cationic) dan netral (nonionic), flokulan bermuatan negatif dapat bereaksi dengan partikel bermuatan negatif seperti garam-garam dan logam-logam hidroksida, sedangkan flokulan yang bermuatan positif akan bereaksi dengan partikel bermuatan negatif seperti silika maupun bahan-bahan organik, tetapi hukum itu tidak berlaku secara umum karena flokulan negatif dapat mengikat tanah liat yang bermuatan negatif.

Dalam proses koagulasi-flokulasi beberapa hal yang perlu diperhatikan :

1. Konsentrasi padatan yang terkandung dalam air limbah. Konsentrasi padatan atau zat terlarut dalam air limbah akan mempengaruhi kebutuhan konsentrasi koagulan yang dibutuhkan dalam pengolahan air limbah, pada umumnya

- jika konsentrasi padatan atau zat terlarutnya tinggi akan dibutuhkan konsentrasi koagulan yang lebih kecil (diperlukan penelitian pendahuluan)
2. Jenis koagulan yang dipergunakan. Jenis koagulan yang akan diaplikasikan tergantung pada karakteristik air limbahnya, hal ini disebabkan karena jenis koagulan tertentu akan bekerja baik pada derajat keasaman (pH) air limbah tertentu.
 3. Kecepatan putaran pengaduk (jika menggunakan tangki berpengaduk). Kecepatan putaran pengaduk pada pengolahan dengan tangki berpengaduk berpengaruh terhadap ukuran flok yang terbentuk, kecepatan putaran pengaduk dapat memecah flok yang sudah terbentuk. Untuk proses koagulasi kecepatan putaran pengaduk sekitar 100 rpm, sedangkan pada proses flokulasi lebih lambat sekitar 50 rpm.
 4. Waktu pengadukan (waktu tinggal). Waktu pengadukan berkaitan dengan mekanisme pembentukan flok, semakin lama waktu pengadukan pembentukan floknya akan semakin sempurna dan mudah untuk diendapkan, tetapi jika terlalu lama terkadang flok yang sudah terbentuk akan pecah kembali.
 5. Jenis padatan (flok) yang dihasilkan. Jenis flok yang terbentuk tergantung pada jenis air limbah dan koagulan yang dipergunakan, pada pemakaian jenis koagulan tertentu akan menghasilkan flok tertentu, kekuatan flok tertentu dan berat jenis flok tertentu. Dalam proses pengolahan air limbah secara kimia yang diharapkan adalah terbentuk flok yang kuat dan mudah untuk diendapkan dan pengendapan membutuhkan waktu yang relatif cepat.
 6. Pengelolaan flok yang dihasilkan. Pada proses pengolahan air limbah secara kimia dihasilkan padatan (flok), flok yang dihasilkan perlu dilakukan pengelolaan sehingga tidak menghasilkan limbah padat meskipun jumlahnya tidak banyak. Dalam pengelolaan flok yang perlu diperhatikan adalah apakah flok dapat diolah kembali menjadi bahan kimia baru, produk baru dan sebagainya (Takwanto, 2018).

4.2.3 Gas Transfer

Pada pengolahan air limbah, peristiwa gas transfer (injeksi gas kedalam air limbah) sering terjadi seperti :

1. Injeksi gas chlor kedalam pengolahan air bertujuan untuk membunuh bakteri
2. Injeksi gas ozon kedalam pengolahan air limbah bertujuan untuk proses oksidasi
3. Injeksi udara kedalam pengolahan air limbah bertujuan untuk proses oksidasi, menjaga agar air limbah tidak berbau, menjaga kehidupan mikroorganisme (proses pengolahan air limbah secara biologi)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam injeksi gas/udara kedalam air limbah :

1. Kelarutan gas/udara tersebut didalam air limbah. Kelarutan gas/udara didalam air limbah sangat penting untuk diketahui, ini berkaitan dengan perhitungan berapa laju alir gas/udara yang diinjeksikan kedalam air limbah. Penentuan kelarutan gas/udara sangat tergantung kepada Tekanan dan Temperatur.
2. Distribusi gas/udara didalam air limbah. Pendistribusian gas/udara didalam air limbah bertujuan agar distribusi gas/udara merata pada setiap bagian air limbah, sehingga perlu pengaturan pemasangan distributor gas/udara yang baik.
3. Tekanan cairan (terkait dengan tinggi cairan diatas distributor gas/udara). Pemasangan distributor gas/udara pada bagian bawah air limbah akan mendapatkan tekanan hidrostatik dari air limbah tersebut, sehingga ketinggian air limbah diatas distributor perlu diperhatikan agar gas/udara dapat terdistribusi didalam air limbah dengan baik.
4. Ukuran gelembung gas/udara dalam air limbah. Ukuran gelembung gas/udara mempengaruhi proses kelarutan gas/udara, semakin kecil ukuran gelembung gas/udara semakin baik proses kelarutannya.

4.2.4 Presipitasi

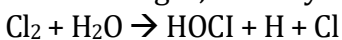
Presipitasi adalah pengurangan bahan-bahan terlarut dengan cara penambahan bahan - bahan kimia terlarut yang menyebabkan terbentuknya padatan – padatan. Dalam pengolahan air limbah, presipitasi digunakan untuk menghilangkan logam berat, sulfat, fluoride, dan fosfat. Senyawa kimia yang biasa digunakan adalah lime, dikombinasikan dengan kalsium klorida, magnesium klorida, aluminium klorida, dan garam - garam besi.

Adanya complexing agent, misalnya NTA (*Nitrilo Triacetic Acid*) atau EDTA (*Ethylene Diamine Tetraacetic Acid*), menyebabkan presipitasi tidak dapat terjadi. Oleh karena itu, kedua senyawa tersebut harus dihancurkan sebelum proses presipitasi akhir dari seluruh aliran, dengan penambahan garam besi dan polimer khusus atau gugus sulfida yang memiliki karakteristik pengendapan yang baik. Pengendapan fosfat, terutama pada limbah domestik, dilakukan untuk mencegah eutrophication dari permukaan. Presipitasi fosfat dari sewage dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu penambahan slaked lime, garam besi, atau garam aluminium (Anggraini, 2018).

4.2.5 Klorinasi

Klorinasi digunakan untuk mengurangi bakteri yang bersifat patogen. Mekanismenya yaitu dengan merusak enzim utama yang ada dalam sel bakteri sehingga dinding selnya menjadi rusak atau bahkan hancur. Akibatnya bakteri akan mati. Klorinasi dapat digunakan sebagai langkah akhir dalam pengolahan air limbah.

Dalam dunia perdagangan klorin sering digunakan karena murah dan mudah didapat. Dalam dosis rendah sudah efektif untuk membunuh bakteri namun tidak terlalu berbahaya bagi makhluk hidup. Klorin ada yang berbentuk gas dan ada pula yang berbentuk kristal garam hipoklorit. Untuk klorin yang berbentuk gas, reaksi yang terjadi yaitu



Sedangkan yang berupa garam-garaman seperti NaOCl dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ atau lebih dikenal dengan kaporit.



Daya bunuh HOCl sekitar 40-80 kali lebih kuat daripada OCl^- (Ginting, 2007).

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, A.N.,2018,*Proses Pengolahan dan Analisis Air Limbah Industri PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER)* Surabaya, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Surabaya.
- Cahyo, Y.I.,2015,*Analisis Fisika dan Kimia Limbah Cair di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER)* Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ginting, I.P., 2007, *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*, Edisi Pertama, Yrama Widya, Bandung.
- Takwanto, A., Mustain, A., dan Sudarminto, H.P., 2018, *Penurunan Kandungan Polutan pada Lindi dengan Metode Elektrokoagulasi-Adsorpsi Karbon Aktif*, Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol. 2, No. 1, 11-16.
- Sumada, K. 2012. *Pengolahan Air Limbah Secara Kimia*. Diakses pada tanggal 20 Desember 2023, dari <https://ketutsumada.blogspot.com/2012/04/pengolahan-air-limbah-secara-kimia.html>
- Sushanti, D., Purwanto, Y.M., dan Suprihatin, S.2018., *Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan IPAL Komunal di Kota Bogor*, Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol. 19, No.2, 229-237.
- Sulistia, S., Septisya, A.C. 2019, *Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran*, Jurnal Rekayasa Lingkungan, Vol.12, No.1, 41-57.

BAB 5

AIR PROSES

Oleh Muhrinsyah Fatimura

5.1 Pendahuluan

Penggunaan air proses dalam industri selama operasional dalam berbagai fase atau proses digunakan untuk menghasilkan produk akhir dari bahan baku. Dimana air yang digunakan dalam proses produksi dalam industri seperti pemanasan, pembersihan, pengolahan, pendinginan, pencucian bahan baku akan sangat berpengaruh terhadap kualitas produk akhir dan efisiensi dalam proses operasional (Fauzi *et al.*, 2018). Air yang di gunakan sebagai air proses memang air yang sudah bebas dari mineral dan zat kontaminan yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan pabrik jadi sebelum menjadi air proses harus di olah terlebih dahulu untuk menghilangkan kontaminannya. Penggunaan air proses secara benar dan berkelanjutan juga menjadi fokus penting dalam menjaga keberlanjutan lingkungan. Peran penting air proses terlihat dalam berbagai tahap produksi industri seperti fungsi utama yang dijalankan oleh air proses dalam industri yaitu (Murni, 2023):

1. Air proses berperan sebagai medium pemanasan dalam beragam sektor industri. Proses pemanasan ini diterapkan untuk mencapai suhu yang dibutuhkan dalam reaksi kimia, proses pemurnian, atau pemanasan produk akhir. Air panas digunakan untuk memanaskan berbagai jenis bahan, termasuk minyak, gas, atau cairan kimia.
2. Air proses juga berfungsi sebagai sarana pendinginan dalam berbagai aplikasi industri. Penggunaan air untuk pendinginan digunakan untuk mendinginkan mesin dan peralatan, serta menjaga suhu optimal dalam proses produksi. Contohnya adalah pendinginan yang diperlukan dalam pembangkit listrik, industri otomotif, dan industri kimia.

3. Air proses dipergunakan untuk tujuan pembersihan dan pencucian produk, peralatan, atau bahan baku. Contoh penerapannya meliputi pencucian produk makanan, pembersihan peralatan farmasi, dan pemisahan partikel padat dari cairan. Beberapa sektor industri, seperti industri makanan dan minuman, mengandalkan air proses dalam proses pengolahan bahan baku. Sebagai contoh, dalam industri minuman, air digunakan dalam tahapan pencampuran, fermentasi, dan pengolahan bahan baku lainnya.
4. Air proses dapat juga berperan sebagai sarana transportasi untuk mengalirkan bahan kimia atau zat padat dalam proses produksi.
5. Air berfungsi sebagai pelarut dalam beberapa reaksi kimia dan tahap produksi. Penggunaan air proses juga diperlukan untuk menjaga kebersihan dan keselamatan lingkungan kerja, termasuk dalam sistem pemadam kebakaran, fasilitas mandi darurat, dan pengendalian debu. Dalam beberapa industri,
6. Air proses dimanfaatkan untuk mengurangi dampak lingkungan, seperti dalam sistem pengendalian polusi udara atau pemurnian air limbah.

Dengan berbagai peran ini, air proses menjadi komponen kritis dalam proses industri modern. Manajemen yang baik terhadap penggunaan dan pemantauan air proses sangat penting untuk menjaga efisiensi produksi, kualitas produk, dan keberlanjutan lingkungan.

5.2 Kualitas Air Proses

5.2.1 Standar Kualitas Air

Standar Kualitas Air merujuk kepada pedoman atau pembatasan yang digunakan sebagai acuan dalam menilai kualitas air dengan fokus pada aspek keamanan kesehatan manusia serta menjaga perlindungan lingkungan. Standar ini diterapkan oleh pemerintah dan lembaga-lembaga regulasi untuk mengatur serta memonitor kualitas air pada berbagai jenis sumber air, seperti

sungai, danau, dan sumur. Standar Kualitas Air umumnya mencakup berbagai parameter atau unsur kualitas air yang secara rutin diukur dan dipantau. Beberapa parameter yang seringkali dimasukkan dalam pedoman ini meliputi (Kencanawati and Mustakim, 2017):

1. Parameter Fisik, seperti suhu air, tampilan, aroma, dan tingkat kekeruhan, digunakan untuk memberikan gambaran umum tentang karakteristik fisik air (Yulianti, 2016) .
2. Parameter Kimia melibatkan evaluasi senyawa kimia yang berada dalam air, termasuk logam berat (seperti timbal dan merkuri), zat kimia organik (seperti pestisida dan produk kimia industri), serta unsur hara (seperti nitrogen dan fosfor). Keberadaan kontaminan kimia ini bisa memiliki dampak negatif pada kesehatan manusia dan ekosistem jika melampaui batas yang telah ditetapkan (Widianto, 2003).
3. Parameter Biologis melibatkan analisis mikroorganisme dan organisme lain dalam air, seperti bakteri *E. coli* yang menunjukkan kemungkinan adanya pencemaran oleh tinja manusia atau hewan (Widianto, 2003).
4. Parameter Radioaktif sering kali juga mencakup pengukuran tingkat radiasi dalam air dalam beberapa standar (Widianto, 2003).

Semua parameter ini diukur dan dimonitor sebagai bagian dari Standar Kualitas Air untuk memastikan air memenuhi persyaratan keamanan kesehatan manusia dan perlindungan lingkungan. Standar Kualitas Air dapat berbeda-beda dari satu negara atau wilayah ke negara atau wilayah lainnya. Setiap negara atau pemerintahan daerah biasanya memiliki peraturan dan standar yang khusus disesuaikan dengan kebutuhan lokal dan kondisi lingkungan. Penetapan Standar Kualitas Air didasarkan pada penelitian ilmiah dan pertimbangan terkait kesehatan manusia dan ekosistem. Tujuannya adalah untuk melindungi kesehatan orang yang menggunakan air tersebut dan menjaga keberlanjutan lingkungan air. Kehadiran Standar Kualitas Air memiliki peran yang sangat penting dalam memastikan bahwa air yang kita gunakan aman dan sehat untuk berbagai keperluan, termasuk konsumsi, pertanian, dan industri. Upaya dalam mengawasi dan mematuhi

standar ini dilakukan untuk menjaga kualitas air yang optimal demi kepentingan masyarakat dan lingkungan.

5.2.2 Pengolahan Air Proses

Proses pengolahan air yang digunakan dalam industri kimia seperti penggunaan pada reaktor , air boiler memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keamanan dan efisiensi operasi mereka. Air yang harus digunakan dalam sistem ini harus memiliki tingkat kemurnian yang sangat tinggi dan bebas dari kontaminan untuk menghindari potensi kerusakan pada peralatan dan mengurangi risiko keselamatan yang terkait dengan reaksi yang terjadi. Berikut ini adalah tahapan umum dalam proses pengolahan air untuk keperluan reaktor dan boiler:

1. Penyaringan Kasar

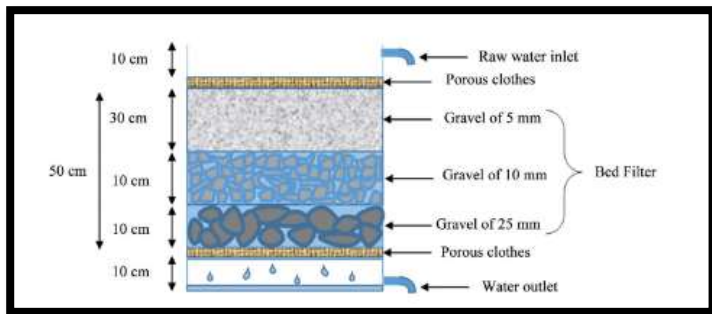
Air alami yang berasal dari sumber seperti sungai atau danau awalnya melalui proses penyaringan kasar seperti gambar 5.1 untuk menghilangkan partikel-partikel besar, seperti kerikil, pasir, dan potongan kayu.(Solutions, 2018).



Gambar 5.1. Penyaringan Kasar pada Pompa Intake
(PDAM-Ciamis, 2020)

2. Penyaringan Halus

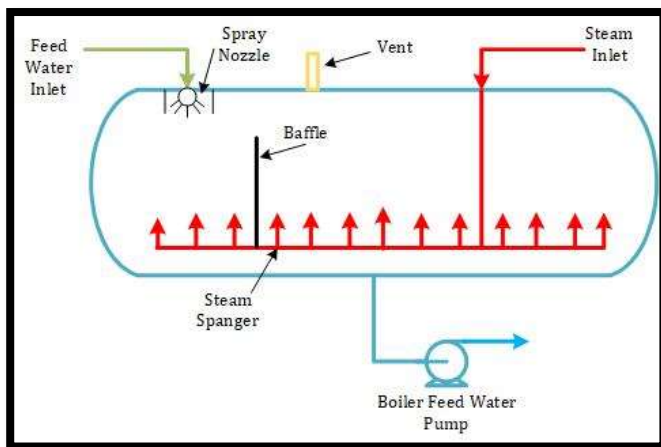
Setelah proses penyaringan kasar, langkah berikutnya adalah penyaringan yang lebih halus menggunakan media seperti pasir, karbon aktif, atau resin kation. Ini bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel kecil, materi organik, dan kontaminan lainnya dari dalam air (Solutions, 2018) seperti gambar 5.2.



Gambar 5.2. Media Penyaringan halus (Sosthene and Gahi, 2018)

3. Deaerasi

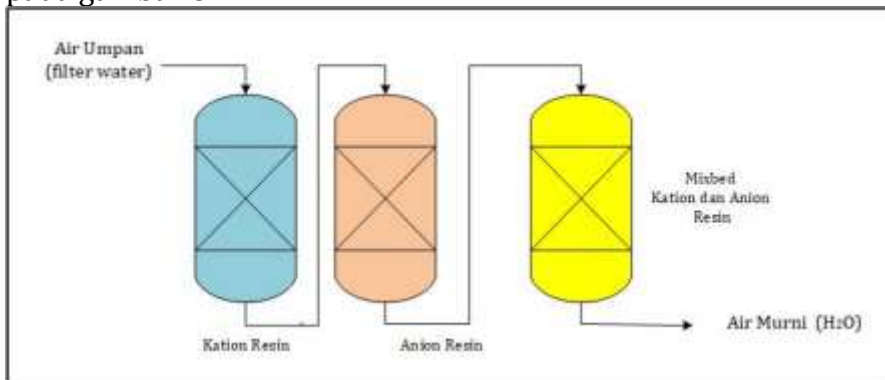
Deaerasi adalah tahap selanjutnya dalam pengolahan air, yang bertujuan untuk menghilangkan oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan reaktor dan boiler karena korosi, oleh karena itu, perlu dihilangkan seefisien mungkin. Proses deaerasi seringkali melibatkan pemanasan air dan mengalirkannya melalui kolom deaerasi atau tangki khusus untuk menghilangkan oksigen (deaerator) (Akpa and Moses, 2019) seperti pada gambar 5.3.



Gambar 5.3. Dearator peralatan penghilang oksigen yang terlarut dalam air dimana air proses digunakan untuk air umpan boiler

4. Demineralisasi

Proses demineralisasi untuk menghilangkan ion-ion terlarut seperti klorida, sulfat, dan karbonat. Proses ini sering melibatkan penggunaan resin kation dan anion untuk menukar ion-ion ini dengan ion hidrogen (H^+) dan ion hidroksida (OH^-), menghasilkan air yang sangat murni (Du Plooy and Pillay, 2015). proses demineralisasi dapat dilihat pada gambar 8.4



Gambar 5.4. Pengolahan Air Proses secara Ion Exchange Dalam Penghilangan TDS dalam Air atau Demineralisasi.

5. Disinfeksi

Air mungkin akan disinfeksi dengan bahan kimia seperti natrium hipoklorit atau diuapkan dengan ozon untuk membunuh bakteri, virus, dan mikroorganisme lainnya (Ratnawati and Sugito, 2013).

6. Pengendalian pH

pH air juga sangat penting karena pH yang tidak sesuai dapat menyebabkan korosi pada peralatan. pH air biasanya diatur pada tingkat yang tepat dengan menggunakan bahan kimia atau penyesuaian lainnya.

7. Total Dissolved Solids (TDS)

TDS perlu diawasi secara ketat karena tingkat TDS yang tinggi dapat menyebabkan masalah seperti penguapan berlebihan pada boiler. Jika TDS tinggi, mungkin diperlukan penggantian sebagian air dengan air demineralisasi baru (Abdalla, Musa and Babiker, 2017).

Terakhir, proses pengolahan air ini memerlukan pemantauan yang terus-menerus untuk memastikan bahwa air yang digunakan tetap memenuhi standar kualitas yang diperlukan dan aman untuk digunakan dalam reaktor dan boiler. Penting untuk diingat bahwa proses pengolahan air dapat bervariasi tergantung pada jenis reaktor atau boiler yang digunakan dan persyaratan spesifik dalam sistem tersebut. Keamanan dan kualitas air yang tinggi adalah kunci dalam menjaga operasi yang efisien dan aman untuk reaktor dan boiler.

5.2.3 Kontaminan yang Harus Dihilangkan

Proses pengolahan air bertujuan untuk mengeluarkan beragam kontaminan dari air baku sehingga air yang dihasilkan aman dan cocok untuk berbagai keperluan. Jenis kontaminan yang harus dihilangkan selama proses pengolahan air dapat bervariasi tergantung pada asal air dan tujuan penggunaannya. Berikut adalah beberapa contoh kontaminan yang umumnya harus dihilangkan selama proses pengolahan air (Spellman, 2013):

1. Partikel Kasar

Ini mencakup debu, pasir, batu, dan benda-benda besar lainnya yang dapat mencemari air.

2. Bakteri dan Mikroorganisme

Bakteri seperti *E. coli* dan mikroorganisme patogen lainnya harus dihilangkan untuk mencegah penyakit yang disebabkan oleh air yang terkontaminasi.

3. Zat Kimia Berbahaya

Ini mencakup senyawa kimia beracun seperti logam berat (timbal, merkuri), pestisida, bahan kimia industri, dan senyawa organik berbahaya.

4. Zat Organik

Senyawa organik dalam air, seperti humus dan bahan organik yang larut, harus dikeluarkan karena dapat mengganggu proses pengolahan dan membentuk senyawa berbahaya selama tahap desinfeksi.

5. Mineral Terlarut

Mineral seperti klorida, sulfat, natrium, dan karbonat dapat mengganggu berbagai proses industri dan merusak

peralatan seperti boiler. Oleh karena itu, mereka perlu dihilangkan atau dikurangi.

6. Zat Radioaktif

Air yang mengandung radionuklida berbahaya harus diolah untuk mengurangi atau menghilangkan tingkat radioaktivitasnya.

7. Bau dan Rasa

Kontaminan yang menyebabkan bau dan rasa yang tidak menyenangkan, seperti senyawa belerang, harus dihilangkan untuk meningkatkan kualitas air.

8. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut perlu dikurangi dalam air yang digunakan dalam boiler untuk mencegah korosi. Penghilangan oksigen terlarut dapat dilakukan dengan penambahan bahan kimia seperti Natrium Sulfite, Hydrazine sebagai *Oxygen Scavanger*. Penghilangan oksigen terlarut dapat juga dengan peralatan Deaerator penghilangan kadar oksigen menggunakan proses deaerasi seperti pada gambar 8.2.

9. Zat yang Menyebabkan Kekeruhan (Turbidity)

Zat-zat yang membuat air menjadi keruh atau berkekeruhan harus dihilangkan untuk membuat air menjadi jernih.

10. Zat Berwarna

Air yang mengandung zat berwarna harus diolah agar air menjadi transparan dan estetik.

11. TDS - Total Dissolved Solids

Konsentrasi total padatan (*Total Dissolved Solids*) dalam air perlu dikendalikan agar tidak terlalu tinggi, terutama dalam pengolahan air untuk keperluan industri atau komersial. Diagram proses penghilangan TDS seperti pada gambar 8.1.

Penting untuk dicatat bahwa jenis kontaminan yang harus dihilangkan dapat bervariasi berdasarkan kebutuhan khusus penggunaan air, standar kualitas air yang berlaku, dan sumber air. Oleh karena itu, sistem pengolahan air sering kali disesuaikan dengan kondisi dan persyaratan spesifik dari proses atau fasilitas tertentu untuk memastikan bahwa air yang dihasilkan aman dan sesuai dengan tujuannya.

5.3 Proses Penggunaan Air Proses dalam Industri

5.3.1 Pemanasan dengan Air Proses

Air proses, yang telah melalui proses pengolahan untuk menghilangkan kontaminan dan menjadikannya lebih murni, dapat digunakan sebagai media pemanas dalam berbagai aplikasi industri dan komersial. Penggunaan air proses sebagai air pemanas memiliki beberapa keunggulan, terutama karena sifat-sifatnya yang memungkinkan untuk mentransfer panas dengan efisien (Widarti, 2015) . Berikut adalah beberapa pemanfaatan air proses sebagai air pemanas:

1. Pemanasan Proses Industri

Air proses digunakan untuk pemanasan dalam proses industri yang melibatkan pemanasan fluida atau material tertentu. Contoh termasuk industri makanan, farmasi, dan kimia, di mana air proses dapat digunakan untuk menghangatkan cairan atau bahan yang digunakan dalam produksi.

2. Pemanasan Ruangan

Air proses dapat digunakan sebagai media pemanas dalam sistem pemanasan ruangan, termasuk sistem pemanasan lantai. Ini membantu menjaga suhu dalam ruangan tetap nyaman.

3. Pemanasan Air Panas Sanitasi

Air proses juga digunakan dalam pemanasan air panas untuk keperluan sanitasi di gedung-gedung komersial dan perumahan. Ini mencakup pemanasan air untuk mandi, mencuci tangan, atau keperluan dapur.

4. Pemanasan dalam Proses Produksi

Dalam beberapa industri seperti pembuatan kertas, tekstil, dan metalurgi, air proses digunakan untuk menghangatkan bahan mentah atau melarutkan zat tertentu dalam proses produksi.

5. Pemanasan untuk Pengeringan

Air proses dapat digunakan dalam mesin pengering yang digunakan untuk mengeringkan berbagai produk seperti pakaian, makanan, atau bahan kimia.

6. Pengkondisian Udara

Dalam sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), air proses dapat digunakan dalam pemanasan udara sebelum distribusi ke dalam bangunan.

7. Pemanasan dalam Pembangkit Listrik

Dalam konteks pembangkit listrik, air proses bisa dimanfaatkan dalam sistem pemanasan untuk mengubah air menjadi uap yang digunakan untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan energi listrik.

Penggunaan air proses sebagai sumber panas ini bergantung pada kebutuhan spesifik dari aplikasi tersebut. Salah satu keunggulan utama dari menggunakan air proses sebagai agen pemanas adalah karena kemampuannya dalam menghantarkan panas yang baik dan ketersediaannya yang melimpah. Namun, tetap dibutuhkan perawatan yang cermat serta pemantauan kualitas air untuk mencegah potensi masalah seperti korosi atau kontaminasi yang bisa merusak peralatan dan mengurangi efisiensi sistem pemanasan.

5.3.2 Pendinginan dengan Air Proses

Air proses bisa dimanfaatkan sebagai media pendingin dalam beragam aplikasi industri. Pendinginan merupakan tahap penting dalam menjaga suhu peralatan dan proses dalam berbagai sektor industri agar tetap beroperasi dalam kondisi yang optimal. Air proses, yang telah melalui tahap pengolahan untuk menghilangkan kontaminan dan meningkatkan kemurniannya, sangat cocok digunakan sebagai agent pendingin karena memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, seperti kemampuan konduktivitas panas yang unggul (Neller and Snow, 2002). Di bawah ini disajikan beberapa contoh penerapan air proses sebagai air pendingin.

Pendinginan Peralatan Industri Air proses digunakan untuk mendinginkan berbagai peralatan industri, seperti mesin, generator, kompresor, dan peralatan lainnya. Ini membantu menjaga suhu operasi peralatan dalam batas yang aman dan efisien.

1. Penukar Panas

Air proses dimanfaatkan dalam penukar panas (*heat exchanger*) untuk menarik panas dari proses atau peralatan

yang membutuhkan pendinginan. Hal ini termasuk dalam rangkaian tugas untuk menurunkan suhu fluida panas, gas, atau materi lain yang terlibat dalam proses produksi.

2. Pemadam Kebakaran

Air proses dapat digunakan dalam sistem pemadam kebakaran industri untuk disemprotkan dengan tujuan mematikan api atau menjaga suhu di area yang berpotensi terbakar.

3. Pendinginan Sirkuit Listrik

Dalam pembangkit listrik dan fasilitas listrik lainnya, sering kali digunakan air proses untuk melakukan pendinginan pada peralatan listrik seperti transformator, generator, dan sistem elektrik lainnya.

4. Pendinginan dalam Proses Kimia

Dalam industri kimia, air proses bisa dimanfaatkan untuk melakukan pendinginan pada reaktor kimia atau peralatan lain yang terlibat dalam proses produksi bahan kimia.

5. Pemanasan dan Pendinginan

Dalam proses manufaktur, air proses juga digunakan dalam proses yang melibatkan pemanasan dan pendinginan cepat pada material-material seperti logam selama tahap pembentukan dan pengolahan..

6. Pengkondisian Udara

Air proses dapat digunakan dalam sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) untuk mendinginkan udara dalam bangunan komersial, industri, atau rumah.

Keuntungan penggunaan air proses sebagai agent pendingin melibatkan kemampuan konduktivitas panas yang unggul, ketersediaan yang melimpah, dan biaya yang cukup terjangkau. Namun, menjaga kualitas air proses serta mencegah korosi atau kontaminasi menjadi hal yang sangat penting, terutama jika air akan bersentuhan dengan peralatan yang rentan terhadap kerusakan atau pencemaran. Oleh karena itu, monitoring dan perawatan sistem pendinginan yang menggunakan air proses menjadi kunci dalam menjaga kinerja yang optimal dan mencegah masalah teknis. Air proses yang telah melalui proses pengolahan untuk

menghilangkan kontaminan dan meningkatkan kemurniannya dapat diterapkan secara efektif dalam berbagai aplikasi pembersihan dan pencucian. Keunggulan utama air proses dalam konteks ini adalah kapasitasnya untuk membersihkan dengan efisien tanpa menambahkan kontaminan tambahan.

5.4 Penggunaan Air Proses Dalam Industri

Berikut adalah beberapa contoh penggunaan air proses dalam berbagai industri:

1. Industri Kimia

Air memiliki peran krusial dalam beragam proses kimia, mulai dari pencampuran, pembilasan, hingga pemisahan zat kimia. Di sektor industri kimia, air sering digunakan sebagai media pendinginan untuk menjaga suhu peralatan dan mengendalikan reaksi kimia (Widarti, 2015).

2. Industri Makanan dan Minuman

Air memegang peran utama dalam banyak produk makanan dan minuman seperti minuman berkarbonasi, jus, dan produk susu. Dalam proses pembuatan makanan, air digunakan untuk membersihkan peralatan, mencuci bahan mentah, serta menjadi komponen utama dalam berbagai tahap, termasuk pemasakan dan kegiatan pembersihan (Rahmani, 2019).

3. Industri Farmasi

Air menjalani proses pemurnian khusus dalam sektor farmasi guna digunakan dalam proses produksi yang sangat peka seperti pembuatan obat-obatan dan vaksin. Air bersih dan ultramurni (ultrapure water) digunakan untuk membersihkan peralatan dan bahan, serta dalam reaksi kimia yang memerlukan akurasi yang sangat tinggi (Supplies, 2022).

4. Industri Energi

Air dimanfaatkan dalam pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) untuk menghasilkan uap yang berfungsi sebagai tenaga penggerak turbin guna menghasilkan energi listrik (Abbas *et al.*, 2020). Dalam industri energi nuklir, air berperan sebagai medium pendingin dalam reaktor nuklir.

5. Industri Tekstil

Air digunakan dalam berbagai proses produksi tekstil, termasuk tahap pencucian serat, pewarnaan, dan penyelesaian kain. Proses pewarnaan seringkali mengonsumsi volume air yang signifikan (Muthu, 2019).

6. Industri Elektronik

Air yang memiliki kemurnian sangat tinggi memiliki peran yang kritis dalam produksi semikonduktor serta berbagai perangkat elektronik lainnya. Penggunaannya terfokus pada tahap pembersihan dan penyiramannya pada sirkuit tercetak (printed circuit boards) dan beragam komponen elektronik (Wang *et al.*, 2023).

7. Industri Minyak dan Gas

Air berperan dalam proses separasi minyak dan gas alam, dan juga digunakan sebagai media penggerak dalam beberapa jenis peralatan pengeboran minyak..

8. Industri Manufaktur Umum

Air dimanfaatkan dalam beragam proses membersihkan dan menghilangkan sisa dalam berbagai sektor manufaktur, termasuk industri logam, plastik, serta kayu (Den, Chen and Luo, 2018).

Penting untuk dicatat bahwa dalam berbagai industri, penggunaan air harus dikelola dengan bijak dan berkelanjutan untuk menghindari pengeboran sumber daya air, mengontrol polusi air, dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, H. *et al.* (2020) 'Analisa Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Tenaga Uap Di Pltu', *ILTEK: Jurnal Teknologi*, 15(2), pp. 103–106. doi:10.47398/iltek.v15i2.528.
- Abdalla, M., Musa, A. and Babiker, E. (2017) 'Effect of Boiler Feed Water Quality in Textile and Other Industries Faculty of Textile , University of Gezira . 2 Faculty of Textile , University of Gezira Textile industry is a complex industry due to including various mills such as spinning , weaving , ', 30(1), pp. 16–29.
- Akpa, J. and Moses, B. (2019) 'Development of Model for the Simulation of an Industrial Deaerator for Boiler Feed Water Production', *European Journal of Engineering and Technology*, 7(4), pp. 94–110. Available at: <http://www.chemicalengineeringsite.com/deaerators-purpose-principle>.
- Den, W., Chen, C.-H. and Luo, Y.-C. (2018) 'Revisiting the water-use efficiency performance for microelectronics manufacturing facilities: Using Taiwan's Science Parks as a case study', *Water-Energy Nexus*, 1(2), pp. 116–133. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wen.2018.12.002>.
- Fauzi, L.A. *et al.* (2018) 'Analisis Penggunaan Air Untuk Industri Di Tangerang (Water Use Analysis for Industry in Tangerang)', *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018*, pp. 58–64.
- Kencanawati, M. and Mustakim (2017) 'Analisis Pengolahan Air Bersih Pada WTP PDAM Prapatan Kota Balikpapan', *Jurnal TRANSUKMA*, 02(02), pp. 2502–1028. Available at:<http://transukma.uniba-bpn.ac.id/index.php/transukma/article/view/51/32>.
- Murni (2023) *Penggunaan Air untuk Industri*. Available at: <https://apureinstrument-com.translate.google/blogs/industrial-use-of-water>.
- Muthu, S.S. (ed.) (2019) 'Water in Textiles and Fashion', in *Water in Textiles and Fashion*. Woodhead Publishing, pp. i–ii. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102633-5.09991-7>.

- Neller, J. and Snow, D.A. (2002) '21 - Cooling towers', in Snow, D.A.B.T.-P.E.R.B. (Second E. (ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann, pp. 16–21. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-075064452-5/50076-6>.
- PDAM-Ciamis (2020) *Prasarana dan sarana air minum*. Available at: https://pdamciamis.co.id/uploads/ebuku/Prasarana_dan_Sarana_Air_Minum_-_Kementrian_PU.pdf.
- Du Plooy, C. and Pillay, N.S. (2015) 'Demineralised Water Production Planning', *Proceedings of the 33rd International Conference of the System Dynamics Society*, This paper, pp. 1–20.
- Rahmani, A. (2019) 'Pengelolaan Air dalam Industri Pangan', *Jurnal Teknik Kimia*, (December), pp. 1–13.
- Ratnawati, R. and Sugito, S. (2013) 'Proses Desinfeksi Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Menjadi Air Bersih Sebagai Air Baku Air Minum', *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 11(2), pp. 1–7. doi:10.36456/waktu.v11i2.815.
- Solutions, A.T. (2018) *Panduan Lengkap Jenis Penyaringan dalam Pengolahan Air Limbah*, <https://aosts-com.translate.goog>.
- Sosthene, K.M. and Gahi, N. (2018) 'Low Cost Filtration of Domestic Wastewater for Irrigation Purpose', *World Journal of Engineering and Technology*, 06(03), pp. 585–602. doi:10.4236/wjet.2018.63036.
- Spellman, F.R. (2013) *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations, Third Edition*. Taylor & Francis. Available at: <https://books.google.co.id/books?id=dXxcAgAAQBAJ>.
- Supplies, P. (2022) *The Importance of Purified Water Systems in the Pharmaceutical Industry*. Available at: <https://chemtech--us.com>.
- Wang, Q. et al. (2023) 'Water strategies and practices for sustainable development in the semiconductor industry', *Water Cycle*, 4, pp. 12–16. doi:<https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2022.12.001>.
- Widarti, S. (2015) 'Pengaruh Laju Alir Terhadap Efisiensi Kolom Resin Penukar Kation Komersil Dan Adsorpsi Ion Logam Berbeda Muatan', *Sigma-Mu*, 7(1), pp. 1–6. doi:10.35313/sigmamu.v7i1.833.

- Widianto, E. (2003) *Parameter Kualitas Air Macam-macam Parameter Kualitas Air dan Pengertiannya*, <https://envilife.co.id>.
- Yulianti, I. (2016) 'Analisis Sifat Fisis Kualitas Air Di Mata Air Sumber Asem Dusun Kalijeruk, Desa Siwuran, Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo', *Unnes Physics Journal*, 5(1), pp. 40–45.

BAB 6

AIR PENDINGIN

Oleh Iman Pradana A. Assagaf

6.1 Pendahuluan

Air pendingin adalah air yang digunakan untuk menghilangkan panas dari peralatan dan mesin di pabrik. Air pendingin dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk:

Air permukaan, seperti sungai, danau, dan laut. Air permukaan adalah sumber air pendingin yang paling umum digunakan. Namun, air permukaan dapat mengandung polutan yang dapat merusak peralatan dan mesin.

Air tanah, seperti sumur dan mata air. Air tanah lebih bersih daripada air permukaan, tetapi lebih mahal untuk diproses dan diangkut ke pabrik.

Air daur ulang, seperti air limbah dari proses pabrik. Air daur ulang dapat menjadi sumber air pendingin yang berkelanjutan dan hemat biaya.

6.1.1 Sumber Asal Air Pendingin

1. Air permukaan

Air permukaan adalah sumber air pendingin yang paling umum digunakan. Air permukaan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti sungai, danau, dan laut. Air permukaan memiliki kapasitas pendinginan yang tinggi dan mudah didapat. Namun, air permukaan juga dapat mengandung polutan, seperti logam berat, bakteri, dan bahan kimia. Polutan-polutan ini dapat merusak peralatan dan mesin, serta menyebabkan pencemaran lingkungan.

2. Air tanah

Air tanah adalah sumber air pendingin yang lebih bersih daripada air permukaan. Air tanah tidak mengandung polutan seperti logam berat dan bakteri. Namun, air tanah juga lebih mahal untuk diproses dan diangkut ke pabrik.

3. Air daur ulang

Air daur ulang adalah air limbah dari proses pabrik yang telah diolah kembali menjadi air yang dapat digunakan kembali. Air daur ulang dapat menjadi sumber air pendingin yang berkelanjutan dan hemat biaya. Air daur ulang tidak mengandung polutan seperti logam berat dan bakteri.

6.1.2 Peranan Air Pendingin

Air pendingin memiliki peran yang penting dalam berbagai proses industri. Air pendingin digunakan untuk menghilangkan panas dari peralatan dan mesin, sehingga dapat beroperasi dengan aman dan efisien. Air pendingin digunakan dalam berbagai proses industri, termasuk:

1. Pendinginan mesin, seperti mesin turbin, mesin uap, dan mesin listrik.
2. Pendinginan peralatan, seperti peralatan pemrosesan makanan, peralatan pembuatan obat-obatan, dan peralatan manufaktur.
3. Pendinginan bangunan, seperti pendinginan pabrik, pusat data, dan gedung pencakar langit.

6.1.3 Pengelolaan Air Pendingin

Air pendingin dapat menjadi sumber pencemaran air, jika tidak dikelola dengan benar. Air pendingin dapat mengandung kontaminan seperti logam berat, bakteri, dan bahan kimia. Kontaminan-kontaminan ini dapat merusak lingkungan, jika dibuang ke perairan umum.

Oleh karena itu, penting untuk mengelola air pendingin dengan hati-hati. Berikut adalah beberapa cara untuk mengelola air pendingin:

1. Melakukan perawatan berkala pada sistem air pendingin.
2. Perawatan berkala dapat membantu mencegah pertumbuhan bakteri dan penumpukan kontaminan.
3. Menggunakan bahan kimia untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri dan penumpukan kontaminan. Bahan kimia yang digunakan harus aman untuk lingkungan.
4. Memanfaatkan air daur ulang sebagai sumber air pendingin.

5. Air daur ulang dapat membantu mengurangi penggunaan air permukaan dan air tanah.
(Bowman, 2022; Patwardhan, 2008; Federation, 2008; Pal, 2017)

6.2 Sistem Pendingin

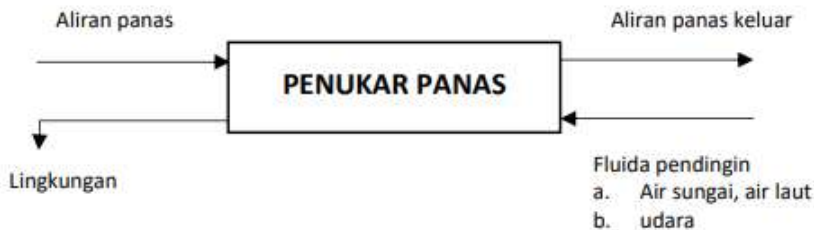
Sistem pendingin berfungsi untuk mendinginkan peralatan. Ini dilakukan untuk mengurangi panas berlebih yang dikeluarkan oleh peralatan sehingga peralatan tidak mudah rusak. Kelebihan panas dari suatu pabrik dapat dibuang ke lingkungan atau dapat dimanfaatkan kembali. Panas tersebut dapat dihasilkan dari berbagai sumber, seperti sistem reaksi eksotermis, panas yang dihasilkan oleh peralatan, pendinginan aliran, dan sebagainya. Pada unit pembangkit daya, uap yang keluar dari turbin perlu dikondensasikan sebelum dipompa kembali ke boiler. Jika panas tersebut tidak dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi, maka akan dibuang ke lingkungan. Pengeluaran panas ke lingkungan dapat dilakukan melalui tiga jenis siklus, yaitu siklus terbuka (*once-through system*), Sistem Sirkulasi (*Recirculated System*) dan siklus tertutup (*closed cycle*).

6.2.1 Sistem Terbuka (*Once-through system*)

Sistem terbuka (*Once Through System*) terjadi ketika air mengalir melewati penukar panas hanya satu kali. Karena umumnya jumlah air pendingin yang digunakan dalam besar, sehingga peningkatan suhu air yang keluar tidak begitu signifikan. Sistem ini umumnya digunakan pada industri yang berlokasi di sekitar pantai, dikarenakan jumlah air melimpah. Dari perspektif lingkungan, perlu diperhatikan batasan suhu air yang keluar. Ilustrasi dari sistem terbuka dapat dilihat pada gambar 6.1.

Sistem terbuka atau *once trough system* merupakan sistem pendinginan air yang sederhana. Suhu air pada sistem pendinginan ini umumnya rendah, maka proses penurunan suhu (pendinginan) dapat dicapai dengan cepat tanpa banyak masalah. Sistem terbuka dapat diterapkan pada berbagai macam keperluan, antara lain *Oil Cooler* skala kecil hingga kondensor pada unit utilitas yang besar. Sisi positif dari sistem sekali lewat adalah kesederhanaan dan fleksibilitasnya. Tingkat efektifitas dapat terlihat dari jumlah panas

yang tidak diinginkan dapat dihilangkan, dan suhu air yang relatif rendah memungkinkan pendinginan dengan permukaan perpindahan panas minimum.



Gambar 6.1. Ilustrasi Sistem Terbuka
(Sumber : (Indah Dhamayanthie, 2018))

Air yang digunakan dalam *once trough system* dapat berasal dari berbagai sumber seperti sungai, danau, sistem air kota, atau sumur. Air yang berasal dari danau maupun sungai cenderung bermasalah dengan padatan tersuspensi dan kontaminan, dimana jumlah serta jenis dari material turut berubah seiring dengan musim. Air tersebut pada umumnya mengandung kation logam dan mengandung ion pembentuk lapisan (*scale*). Karakteristik air ini, bersamaan dengan aliran dan variasi suhu pada sistem, membuat situasi yang mula - mulanya mungkin tampak sederhana menjadi tampak lebih kompleks.

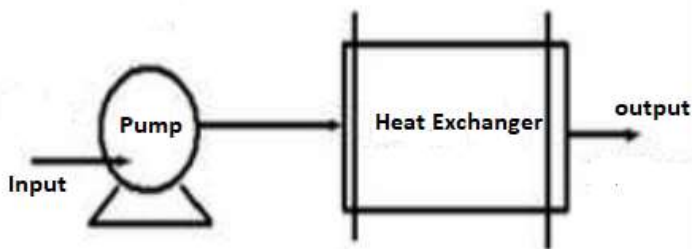
Secara umum, sistem terbuka dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori:

1. Sistem Pendingin Kecil
2. Sistem Pendingin Besar
3. Sistem Air Minum

Besar kecilnya suatu sistem bergantung dengan rentang aliran airnya, pada sistem kecil mencakup rentang aliran air dari beberapa galon hingga beribu ribu galon per menit. Jenis sistem ini biasanya untuk unit pendingin udara, kompresor udara, mendinginkan minyak, dan aplikasi lainnya. Pada sistem-sistem ini, pendekatan sekali lewat terbukti memberikan fleksibilitas yang signifikan dan efektif.

Penggunaan air sumur dipertimbangkan karena biasanya air ini hanya mengandung sedikit pertumbuhan mikroba serta zat tersuspensi. Selain itu, air sumur berpotensi rendah dalam pembentukan lendir mikrobiologi maupun terbentuknya *fouling*. Korosifitas air dapat diukur dengan menggunakan *indeks Stabilitas Ryznar* atau *Indeks Langelier*.

Sistem mencakup aliran air mulai dari 10.000 hingga lebih dari 100.000 galon per menit (gpm). Sistem-sistem ini bisa diterapkan pada berbagai macam industri dan seringkali ditemui pada unit utilitas skala besar. Sumber air yang digunakan untuk sistem pendingin besar berasal dari laut, sungai maupun danau yang volume airnya besar. Air tersebut tentunya memerlukan *pre treatment* karena mengandung bakteri dan padatan tersuspensi yang cukup banyak.



Gambar 6.2. diagram *once through*
(Sumber : (Indah Dhamayanthie, 2018))

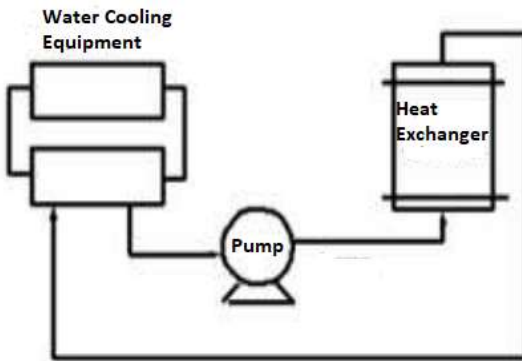
Manfaat dari penggunaan Sistem *Once Through*:

1. Tidak memerlukan *Cooling Tower*
2. Tidak memerlukan Pengolahan/*Pre-Treatment*

Penggunaan kolom atau tabung *Ion Exchange* untuk air baku dalam Boiler (*Boiler Feed Water*) dan Sistem Pendinginan (*Cooling System*) dapat meningkatkan efisiensi kedua sistem peralatan tersebut. Hal ini dicapai dengan membebaskan pipa-pipa saluran air dan uap dari korosi dan endapan yang dapat mengganggu. Proses ini membantu mencegah terjadinya kebocoran dan penyumbatan saluran dalam kedua sistem tersebut.

6.2.2 Sistem Tertutup (*Closed Through*)

Pada sistem terbuka, fluida pendingin hanya digunakan satu kali sebelum dibuang kembali ke lingkungan. Sementara pada pendinginan dengan siklus tertutup, fluida pendingin digunakan kembali dalam suatu siklus tertutup. Dimana, air menyerap kalor dari suatu fluida proses melalui *heat exchanger* (HE), dan selanjutnya melepaskan kalor tersebut melalui HE lainnya. Penerapan sistem ini dalam kehidupan sehari-hari salah satu contohnya adalah pada sistem pendinginan suatu radiator mobil. Aplikasi lainnya yaitu untuk menjaga kebersihan peralatan dan komponen, atau ketika terjadi kesulitan mendapat air dengan kualitas yang sesuai dalam jumlah besar.

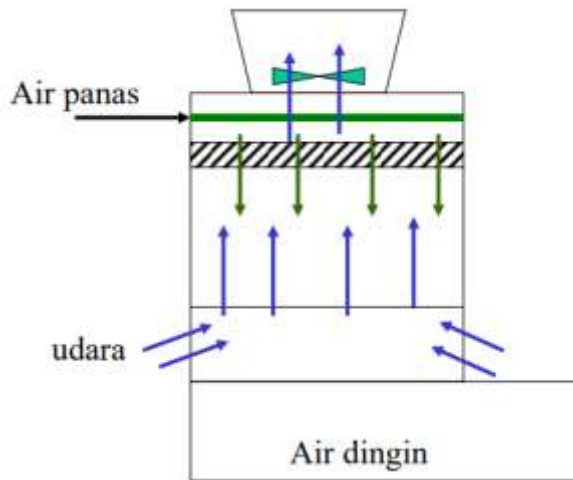


Gambar 6.3. Ilustrasi system tertutup
(Sumber : (Indah Dhamayanthie, 2018))

Untuk menurunkan suhu dalam suatu proses industri, biasanya dilakukan dengan menggunakan air tawar pendingin. Setelah menjadi panas, air tawar pendingin tersebut dikembalikan ke suatu "*Secondary Cooler*," yang umumnya berupa *Heat Exchanger* dengan bentuk plate. Air yang telah dingin selanjutnya disirkulasikan Kembali. Pendinginan air dilakukan pada *Secondary Heat Exchanger*, tanpa adanya loss akibat prose penguapan, dan tanpa kebutuhan untuk menambahkan air baru (*make up*).

6.2.3 Sistem Sirkulasi (*Recirculated System*)

Pada umumnya system ini melibatkan *cooling tower* (menara pendingin). Menara pendingin ini menggunakan air make-up dan dilengkapi dengan fasilitas *blowdown* serta sistem sirkulasi air. Air pendingin akan mengalami kenaikan suhu setelah menyerap kalor yang berasal dari suatu proses. Penurunan suhu dari air pendingin ini terjadi di dalam menara pendingin. Pada *cooling tower*, air dan udara akan dialirkan dengan keadaan *counter current*, di mana air dialirkan melalui bagian atas tower, sementara udara dialirkan dari bagian bawah ataupun samping tower. Hal ini sesuai dengan sifat alamiah air yaitu mengalir kebawah dan udara akan menyebar ke segala arah. Ilustrasi *cooling tower* dapat dilihat pada gambar 6.4. Adanya proses penguapan air seiring dengan penurunan suhu pada air pendingin. Hal ini menyebabkan peningkatan konsentrasi pada beberapa parameter kimia dalam air pendingin tersebut, termasuk nilai *total dissolved solid* (TDS).



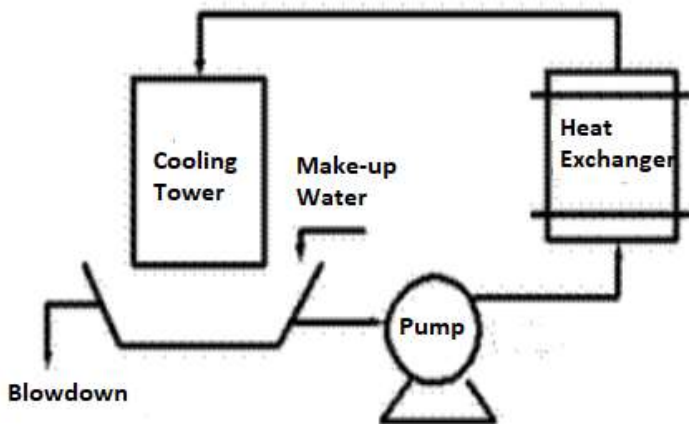
Gambar 6.4. Ilustrasi cooling tower
(Sumber : (Indah Dhamayanthie, 2018))

Karena kekurangan air dari sungai atau danau, industri daratan sering menggunakan sistem pendinginan resirkulasi. Yang perlu diperhatikan dalam sistem ini yaitu jumlah akumulasi dari zat pencemar yang telah melalui beberapa siklus. Oleh karena itu, perlu

dilakukan kegiatan *blowdown* secara berkala. *Blowdown* merupakan salah satu limbah industri yang perlu dioleh terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan untuk menghindari terjadinya pencemaran lingkungan.

Make up water yang berasal dari danau atau sungai, perlu dilakukan proses pre treatment seperti proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi. Hasil pemrosesan tersebut selanjutnya digunakan untuk mendinginkan proses lainnya dalam sebuah industri. Air pendingin yang telah mengalami kenaikan suhu, selanjutnya didinginkan di menara pendingin sebelum disirkulasikan kembali. Dalam rangka menjaga kualitas air, seperti mencegah pertumbuhan Algae/Bacteria dan pengendapan (*Scaling*), perlu dilakukan injeksi beberapa jenis bahan kimia tertentu. Kualitas air juga dijaga melalui mekanisme make-up dan blowdown.

Pengguna dari sistem ini umumnya suatu industry yang letaknya jauh dari laut. Spesifikasi material untuk peralatan yang menggunakan air tawar tidak perlu sebaik peralatan yang menggunakan air laut, karena air tawar cenderung kurang korosif dibandingkan dengan air laut.



Gambar 6.5. Sistem Sirkulasi (*Recirculated System*)
(Sumber : (Indah Dhamayanthie, 2018))

Cooling Water teruapkan sekitar 1-2 % Dari Air yang di olah. Kehilangan air akibat penguapan ini harus dikompensasi / diganti oleh *Make-up Cooling Water*.

Keuntungan system sirkulasi antara lain :

1. Jumlah kebutuhan *make up water* sedikit
2. Terjadinya korosi dapat di contro
(Paulus Zypo Manik, 2023; Indah Dhamayanthie, 2018; anwar, 2016)

6.3 Syarat Air Pendingin

Air pendingin merupakan jenis air yang melewati perangkat penukar panas dengan tujuan menyerap dan mengalihkan panas. Tantangan umum yang muncul dalam sistem air pendingin melibatkan masalah korosi, terbentuknya lapisan kerak dan endapan, serta terjadinya *fouling*. Ada beberapa persyaratan media (air) yang digunakan sebagai pendingin antara lain:

1. Air harus bersih tanpa partikel kasar (batu, kerikil), halus (pasir, tanah, lumut, mikroba, dan zat organik).
2. Tidak menyebabkan korosi; Korosi adalah proses elektrokimia di mana logam kembali ke bentuk oksidanya yang alami saat dibentuk secara alami. Ketika sistem air pendingin mengalami korosi, penyumbatan dan kerusakan pada sistem perpipaan terjadi. Beberapa faktor utama yang menyebabkan korosi adalah kondisi air pendingin itu sendiri, seperti oksigen atau gas yang terlarut lainnya, suspended solid, alkalinitas (pH), suhu, dan aktifitas mikroba.
3. Tidak mengandung bahan anorganik yang dapat mengganggu proses pertukaran panas di sistem pendingin atau mengubah komposisi air karena berreaksi terhadap perubahan suhu air. (Saud Mauli Tua, 2017)

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, S. 2016. Sistem Pendinginan Alternator pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Pltu) Asam-Asam. *Al Ulum: Jurnal Sains dan teknologi*, 107-114.
- B.H, A. 1997. *Teknologi Mekanik*. Jakarta: Erlangga.
- Bowman, C. F. 2022. *Engineering of Power Plant and Industrial Cooling Water Systems*. Boca Raton: CRC Press.
- Federation, W. E. 2008. *Industrial Wastewater Management, Treatment, and Disposal*. Virginia: WEF Press.
- Indah Dhamayanthie, D. F. 2018. PROSES PENGOLAHAN AIR PENDINGIN PADA UNIT UTILITAS AREA KARAWANG. *Jurnal Migasian*, 15-21.
- klksndj. (n.d.). *dkdjksd*.
- Pal, P. 2017. *INDUSTRIAL WATER TREATMENT PROCESS TECHNOLOGY*. Chennai: Butterworth-Heinemann.
- Patwardhan, A. (2008). *INDUSTRIAL WASTE WATER TREATMENT*. mumbai: Private Limited.
- Paulus Zypo Manik, D. 2023. Studi Penggunaan dan Pemeliharaan Cooling Water System di PLTA Asahan-1 PT PJB Services. *E-JOINT (Electronica and Electrical Journal of Innovation Technology)*, 4(01).
- Saud Mauli Tua, T. S. 2017. EVALUASI SISTEM AIR PENDINGIN DI INSTALASI RADIOMELURGI. *Hasil-Hasil Penelitian EBN*, 265-286.

BAB 7

PENGENDALIAN AIR PENDINGIN

Oleh Ismayati Sutina Azis

7.1 Pendahuluan

Pengaruh air pendingin pada efisiensi engine cukup besar. Selain efisiensi, air pendingin juga ikut berperan penting dengan umur pakai engine. Penelitian menunjukkan bahwa temperature air pendingin yang masuk dan keluar pada engine akan sangat mempengaruhi efisiensi dan umur engine.

Apabila temperatur air pendingin masuk engine terlalu tinggi, maka efisiensi mekanis engine akan menurun dan dikhawatirkan dapat terjadi over-heat pada engine. Sedang bila temperatur air terlalu rendah, maka efisiensi termal akan menurun (Handoyo, 1999).

Untuk menghindari masalah yang dapat ditimbulkan akibat air pendingin yang tidak dikontrol dengan baik sehingga perlu melakukan pengendalian terhadap air pendingin.

Adapun masalah umum yang terjadi pada air pendingin yaitu:

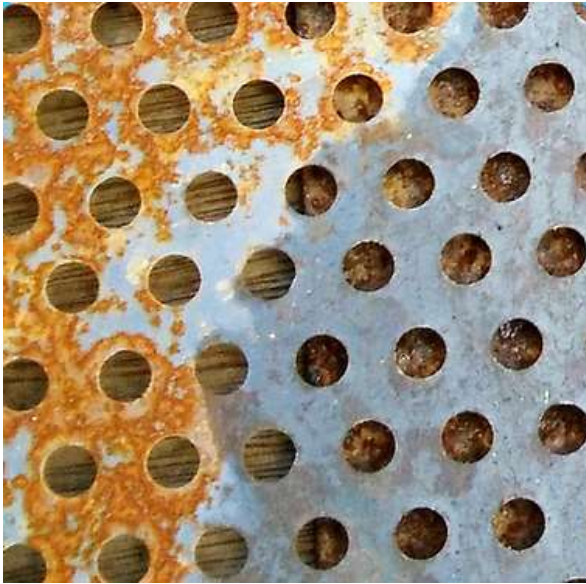
1. **Korosi**

Jika membahas tentang pengendalian air pendingin. Hal apa yang menjadi masalah yang paling utama dan masalah yang sering muncul?. Secara umum, kita akan menjumpai masalah yang sama yaitu korosi.

Korosi menjadi masalah umum dan sering kita jumpai pada mesin pendingin, hal ini dikarenakan korosi berhubungan langsung dengan pengaruh lingkungan. Korosi yaitu berarti proses kerusakan dari material ataupun menghancurkan material tersebut yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu akibat dari pengaruh lingkungan.

Tentunya jika bersangkutan dengan pengaruh lingkungan akan banyak asal yang ditimbulkan dari korosi ini yaitu

dapat menyebabkan penyumbatan, kebocoran, maupun kerusakan yang lain pada system air pendingin.



Gambar 7.1. Korosi pada Material Sistem Pendingin
(Sumber:
<https://www.harvestchemical.co.id/coolingwater>)

2. Scale

Scale adalah pengendapan mineral yang muncul dari air formasi yang diproduksi bersama minyak dan gas. Scale atau yang sering disebut dengan kerak dapat juga dijelaskan sebagai kumpulan senyawa anorganik yang mengendap dan membentuk lapisan kristal di permukaan suatu materi.

Bagaimana apabila terjadi endapan mineral pada suatu material?. Tentunya ini menjadi masalah pada proses pendinginan engine. Dari masalah pengendapan ini akhirnya menghasilkan kerak seperti gambar dibawah ini, yang nantinya dalam pengendalian air pendingin akan menjadi solusi untuk masalah scale.



Gambar 7.2. Scale pada Material Sistem Pendingin
(Sumber:
<https://www.harvestchemical.co.id/coolingwater>)

3. Fouling

Fouling juga merupakan masalah pada pengendalian air pendingin yang masuk pada kategori penumpukan. Berbeda dari scale, fouling terjadi akibat adanya tumpukan suspended solid yang berulang ulang. Pengendalian fouling dapat dilakukan melalui metode mekanikal atau dengan menerapkan perlakuan kimia.

4. Mikro Organisme

Pengaruh lingkungan seperti temperature yang mendukung berkembangnya mikro organisme seperti alga dan bakteri pada proses pengendalian air pendingin.

Temperature pada system air pendingin, pada temperature 25 sampai dengan 35 derajat celcius. Pada temperature tersebut sangat mendukung kontaminasi dan perkembangan dari mikro organisme yang tentunya menjadi masalah pada pengendalian air pendingin.

7.2 Cara Pengendalian Air Pendingin

Adanya permasalahan yang timbul pada sistem air pendingin seperti yang dibahas pada pendahuluan diatas, sehingga tentunya sangat penting untuk mengetahui cara pengendalian air

pendingin dari masalah tersebut. Dengan diketahuinya masalah dan penyebab dari masalah tersebut sehingga dapat dilakukan pengendalian

Adapun berikut cara pengendalian air pendingin diklasifikasikan berdasarkan masalah yang telah dibahas sebelumnya:

7.2.1 Pengendalian Korosi

Pencegahan korosi dilakukan dengan memasukkan bahan kimia yang berfungsi sebagai inhibitor. Inhibitor yang sering digunakan mencakup polifosfat, kromat, dikromat, silikat, ferrocyanide nitrat, dan molibdat.

Penting untuk memastikan dosis inhibitor yang akurat karena kinerja inhibitor hanya optimal saat konsentrasinya mencapai nilai tertentu. Ambang kritis merujuk pada tingkat minimum yang diperlukan agar suatu inhibitor dapat berfungsi secara efektif.

Penggunaan inhibitor lintas batas yang kritis meningkatkan biaya operasional. Jika kadar inhibitor turun dibawah batas kritis, bukan saja menjadi tidak efektif, tetapi dapat pula menyebabkan pitting (Setiadi, 2007)

7.2.2 Pengendalian Pembentukan Kerak

Endapan kerak kapur terbentuk melalui pengendapan dan pertumbuhan kristal pada permukaan yang bersentuhan dengan air. Pengendapan terjadi ketika konsentrasi melebihi batas kelarutan, baik dalam air maupun di permukaan.

Garam yang menyusun kerak pada permukaan perpindahan panas memiliki kelarutan yang berbanding terbalik dengan suhu. Meskipun senyawa-senyawa tersebut mungkin larut sepenuhnya dalam air bersuhu rendah, mereka menjadi jenuh dalam air bersuhu tinggi di dekat permukaan perpindahan panas dan mengendap.

Pergerakan tidak selalu terkait dengan suhu. Misalnya, kerak kalsium karbonat dan kalsium sulfat terbentuk pada permukaan yang tidak menerima panas ketika batas kelarutan dalam air terlampaui.

Permukaan logam menjadi tempat ideal untuk nukleasi kristal karena kekasaran permukaannya dan kecepatan air di dekatnya yang rendah. Korosi pada permukaan logam menghasilkan tingkat pH tinggi, mendukung pengendapan garam dalam air pendingin. Ketika endapan cangkang terbentuk, mereka memulai nukleasi lebih lanjut, mempercepat pertumbuhan kristal.

Bentuk batu kapur dipengaruhi oleh jumlah padatan terlarut dalam air. CaCO_3 adalah kerak umum pada sistem air pendingin, terjadi ketika kadar Ca dan alkalinitas air terlalu tinggi. Pengendalian gangguan ini bertujuan mencegah pembentukan endapan CaCO_3 dengan menjaga kadar Ca dan alkalinitas air rendah serta mencegah pembentukan kerak pada permukaan logam.

Pengendalian kerak dapat dilakukan dengan mengoperasikan sistem air pendingin dalam kondisi jenuh atau menggunakan bahan kimia. Mencegah terbentuknya endapan kerak dapat dilakukan dengan mengoperasikan kondisi kurang jenuh, di mana konsentrasi garam pembentuk kerak berada di bawah batas kelarutan. Penggunaan konsentrasi rendah dan/atau pH rendah cukup untuk beberapa garam, tetapi dalam banyak kasus, hembusan tinggi dan pH rendah diperlukan agar kandungan garam tidak melebihi batas kelarutan pada permukaan perpindahan panas.

Penting untuk menjaga kontrol yang tepat terhadap siklus pH dan konsentrasi, karena perubahan kecil pada kandungan kimia air atau beban panas dapat menyebabkan pembentukan kerak. Batu kapur dapat dihilangkan dengan zat pemisah dan pengkelat, yang membentuk senyawa kompleks mudah larut dari ion logam. Contohnya, asam etilendiamintetraasetat (EDTA) sebagai pengkelat untuk kekerasan kalsium dan polifosfat untuk besi.

Penghambat ambang batas mencegah pengendapan pada dosis jauh di bawah tingkat stoikiometri untuk sekuestrasi atau khelasi. Senyawa ini mempengaruhi kinetika nukleasi dan pertumbuhan kristal garam pembentuk kerak, memungkinkan kondisi jenuh tanpa pembentukan kerak.

Inhibitor adhesi bekerja melalui mekanisme adsorpsi, menghambat pertumbuhan kristal dengan menyerap kristal yang baru terbentuk. Penghambat ambang batas memperlambat atau mencegah laju pengendapan, dengan inhibitor adsorpsi mencegah

pertumbuhan lebih lanjut setelah kristal stabil muncul. Polimer akrilat dan senyawa fosfor organik (fosfonat) umum digunakan sebagai inhibitor kerak, bertindak sebagai penghambat ambang batas. Pemilihan bahan pengendali kerak tergantung pada komposisi endapan dan derajat kejenuhan, dan program pembuangan lumpur efektif menggunakan anti-presipitan dan dispersan. Dalam beberapa kasus, polimer dapat digunakan untuk menghambat kalsium fosfat pada pH mendekati netral.

7.2.3 Pengendalian Pembentukan Fouling dan Penghilangan Padatan Tersuspensi

Pada kasus pembentukan fouling yang disebabkan oleh mikroorganisme dapat dilakukan melalui pengendalian menggunakan beberapa zat kimia seperti klorin, klorofenol, garam organometal, ammonium kuarterner, dan berbagai jenis mikrobiosida atau biosida.

Klorin masih menjadi bahan kimia yang paling umum digunakan dalam konteks pengendalian untuk fouling. Adapun dosis efektif penggunaan klorin berkisar antara 0,3 hingga 1,0 ppm.

Banyak pendekatan yang telah dilakukan untuk pengendalian pembentukan fouling ini, termasuk penelitian eksperimen juga telah dilakukan. Adapun pengendalian untuk saat ini yang paling tepat untuk perlakuan ini yaitu penggunaan beberapa jenis biosida secara bersamaan akan menghasilkan kinerja yang lebih baik.

Selain itu, seringkali senyawa ini digunakan lagi bersamaan dengan klorin. Tentunya dengan pencampuran ini akan mengendalikan florin dengan leboh baik.

Masalah serius lainnya yang sering ditemui pada air pendingin adalah adanya padatan tersuspensi dalam air. Tentunya padatan ini juga menjadi masalah karena dapat menempel pada permukaan perpindahan panas, mengakibatkan terhambatnyanya perpindahan panas ke air pendingin. Sehingga diperlukan lagi pengendalian air pendingin lainnya agar agar tidak mengurangi efisiensi perpindahan panas.

Salah satu metode yang diterapkan untuk mengatasi padatan tersuspensi adalah dengan menyaring sebagian air yang bersirkulasi secara terus-menerus.

7.2.4 Pengendalian Lumut/Mikroorganisme

Pengendalian Lumut ataupun Mikroorganisme juga menjadi salah satu masalah pada air pendingin. Adapun cara pengendaliannya sebagai berikut :

1. Menghindari kontaminasi air pendingin dengan nutrisi dan padatan. Upaya yang dapat dilakukan seperti mencakup pemfilteran air sebelumnya yang diharapkan dapat meminimalkan kontaminasi nutrisi dan padatan yang dapat terbawa oleh air.
2. Penggunaan bahan anti-lumut/mikroorganiseme khusus sesuai dengan kondisi yang diperlukan dan memiliki fungsi untuk melakukan sterilisasi. Dalam hal pengendalian lumut, perlu memperhatikan kondisi lumut agar pemilihan bahan kimia yang sesuai dapat dilakukan, karena setiap agen pengendali lumut memiliki mekanisme kerja yang berbeda. Sterilisasi juga dapat menjadi pengendalian pada air pendingin yaitu dengan mengurangi potensi perlekatan mikroorganisme pada sistem air pendingin dengan memusnahkan mikroorganisme tersebut. Bahan kimia seperti senyawa klor, senyawa organik, nitrogen-belerang, dan sejenisnya memiliki efek sterilisasi. Mekanisme kerja bahan kimia tersebut melibatkan reaksi dengan radikal SH-sistein atau enzim mikroorganisme, dan klorinasi sering digunakan karena efektif dan ekonomis. Namun, konsentrasi sisa klorin dalam air pendingin perlu diatur maksimal 1 ppm (Cl_2) untuk menghindari korosi pada logam.
3. Mengurangi pertumbuhan mikroorganisme dengan memperlambat pertumbuhan lumut dalam sistem pendingin air sekunder. Penggunaan bahan kimia seperti senyawa nitrogen-sulfur organik dan senyawa amina dapat efektif, dengan perlakuan yang memerlukan penggunaan bahan kimia secara konstan dalam waktu yang relatif lama.

4. Efek anti-adhesi dapat dicapai dengan menggunakan bahan kimia seperti senyawa garam amonium kuaterner dan senyawa bromin. Bahan ini mencegah perlekatan mikroorganisme pada permukaan zat padat dengan merespons lendir mikroorganisme dan menetralkannya.
5. Pengikisan lumut melibatkan penggunaan bahan kimia seperti senyawa klorin, peroksida, dan senyawa amina untuk mengurangi daya rekat lumut, mengubah sifat lendir, dan membentuk gelembung, sehingga memungkinkan lumut terpisah secara alami.
6. Dispersi lumpur dapat dilakukan untuk mengurangi pembentukan gumpalan dan memecah gumpalan yang terbentuk. Bahan kimia yang mencegah adhesi dan erosi lumut juga digunakan untuk membubarkan lumut dan padatan tersuspensi bioflocculate.
7. Filtrasi tambahan melibatkan penyaringan sebagian air pendingin yang bersirkulasi untuk mengurangi penumpukan lumpur dan lumut serta menghilangkan padatan tersuspensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Cindy Mutiara, Septani dkk. 2013. *Air Pendingin Cooling Water*. Malang: Universitas Brawijaya.
https://www.academia.edu/5206679/Air_Pendingin_Cooling_Water_Makalah_Disusun_untuk_memenuhi_tugas_mata_kuliah_Utilitas
- Handoyo, Ekadewi. 1999. Pengaruh Temperatur Air Pendingin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel Stasioner di Sebuah Huller . Surabaya: Universitas Eka Petra.
- Harvesting Quality Chemistry Solutions. 2016. Cooling Water : Permasalahan dan Solusi
<https://www.harvestchemical.co.id/coolingwater>
- Munadhif, Noorman Rinato, dkk. 2019. Pengendalian Otomatis Cooling Water System pada Proses Pendinginan Turbin Gas. Journal of Science and Technology.
<http://journal.trunojoyo.ac.id/rekayasa>
- Sugeng Tirta Atmadja. 2010 . *PENGENDALIAN KOROSI PADA SISTEM PENDINGIN MENGGUNAKAN PENAMBAHAN ZAT INHIBITOR*. Semarang: Universitas Diponegoro.
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/article/view/1973>
- Sumarno, G. 2015. Perpindahan Panas pada Gas Turbine Closed Cooling Water Heat. Jurnal Teknik Energi.1(1): 85-86. 2023.
- Turang, D. A. O. 2015. Pengembangan Sistem Relay Pengendalian Dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile. Seminar Nasional Informatika 2015
- UPN Veteran Yogyakarta (p. 78) Alam, H. S., Sasso, J., & Djunaedi, I. 2016. An Illustration of Thermodynamic Modeling and Economic Analysus of Inlet Air Chilling System for Gas Turbine Power Augmentation.

BAB 8

AIR UMPAN BOILER

Oleh Dwi Setyorini

8.1 Boiler

Boiler merupakan suatu perangkat yang berfungsi untuk menghasilkan uap panas dengan cara memanaskan air melalui pembakaran bahan bakar.. Prinsip operasi dari boiler yaitu memanaskan air hingga mencapai titik didihnya, mengubahnya menjadi uap. Uap panas tersebut selanjutnya dimanfaatkan pada berbagai keperluan industri antara lain memanaskan crude untuk menghindari pembekuan pada proses produksi minyak dan lain - lain.

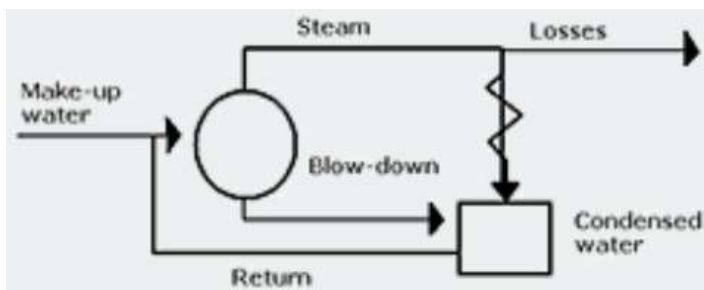


Gambar 8.1. Boiler

8.2 Air Umpun Boiler

Boiler feed water (BFW) atau biasa juga disebut dengan air umpan boiler merupakan air yang digunakan untuk pengoperasian alat boiler. Sistem feedwater bertugas menyediakan kebutuhan air umpan yang sesuai untuk boiler. Parameter utama dari feedwater melibatkan suhu, tekanan, dan kualitas air. Selain menyediakan air umpan, sistem juga menyemprotkan air untuk semprotan pada

kelompok air di superheater dan reheater. Komponen utama dari sistem feedwater mencakup tangki air umpan, pompa feedwater, dan water preheater bertekanan tinggi apabila dibutuhkan. Komposisi BFW terdiri bergantung pada kualitas make up water dan uap kondensasi (kondensat). Rangkaian sirkulasi air umpan boiler dapat dilihat pada gambar 8.2.



Gambar 8.2. Sirkulasi Air Umpan Boiler

Make up water merupakan sejumlah air yang dibutuhkan untuk melengkapi jumlah kondensat yang dikembalikan ke boiler. Sebagian besar industri menggunakan air baku (*raw water*) sebagai make up water. Dimana raw water di pretreatment terlebih dahulu dengan sand filters, mixed media filter serta kombinasi beberapa clarifiers. Selanjutnya air tersebut menjalani proses treatment tambahan antara lain demineralisasi, membran reverse osmosis, elektrodaionisasi, ultrafiltrasi, ataupun menggunakan sistem yang lain. Produk dari pemrosesan tersebut adalah air yang sangat murni atau biasa disebut dengan ultrapure water. Dimana air tersebut memiliki nilai konduktivitas rendah, untuk mengoptimalkan kinerja boiler.

Terdapat sisi positif dan sisi negatif dari penggunaan kondensat murni sebagai pengganti make-up water. Sisi positifnya yaitu pemakaian bahan kimia serta energi yang digunakan untuk menghasilkan make up water berkurang. Sedangkan sisi negatifnya, penggunaan kondensat dapat memicu kontaminasi siklus uap melalui potensi kebocoran kondensor. Selain itu, pengembalian kondensat yang tidak baik ke dalam boiler bisa mengakibatkan penurunan efisiensi transfer panas, peningkatan blowdown, dan

biaya yang terkait dengan air, energi, dan bahan kimia. Sehingga, diperlukan pemantauan kondensat memainkan peran penting untuk deteksi dini terhadap kebocoran pada kondensor, dan memberikan informasi yang berharga mengenai kinerja keseluruhan pengolahan air umpan boiler.

8.3 Sumber Air Umpan Boiler

8.3.1 Air Sumur

Secara umum, air sumur seringkali mengandung *Total Suspended Solid* (TSS) dan mineral-mineral terlarut yang berkontribusi pada *Total Dissolved Solid* (TDS). Oleh karena itu, jika air sumur hendak digunakan sebagai air umpan boiler, perlu dilakukan analisis dan perlakuan khusus terlebih dahulu.

8.3.2 Air PDAM

Secara kimiawi, air PDAM seringkali masih mengandung konsentrasi yang cukup tinggi dari unsur Ca (kalsium), Mg (magnesium), dan Cl (Klorin). Perlu dicatat bahwa Ca dan Mg merupakan faktor utama dalam pembentukan kerak, sementara klorin bersifat korosif terhadap logam besi. Jika air tersebut akan dimanfaatkan sebagai air umpan boiler, diperlukan *pretreatment* seperti, penggunaan karbon filter untuk menghilangkan klorin dan *water softener* untuk mengurangi kadar kesadahan (kandungan Ca dan Mg).

8.3.3 Air Permukaan

Air dari sungai, gunung, waduk maupun danau juga digunakan sebagai sumber air untuk air umpan boiler. Meskipun air ini umumnya memiliki kandungan mineral yang lebih rendah, namun seringkali memiliki kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi dan pH yang tidak stabil. Oleh karena itu, sebelum digunakan sebagai air umpan boiler, perlu dilakukan analisis air terlebih dahulu dan menerapkan *pretreatment* yang sesuai.

8.4 Syarat Air Umpan Boiler

Persyaratan kualitas air umpan boiler memiliki standar yang sangat tinggi. Secara umum, persyaratan air umpan boiler harus memastikan bahwa air tersebut bebas dari zat-zat yang dapat menyebabkan masalah seperti pembentukan kerak, korosi pada boiler, atau keluarnya air bersama uap (carryover). Selain itu, penentuan persyaratan air umpan boiler atau boiler feed water adalah agar boiler dapat beroperasi tanpa masalah dan untuk meningkatkan efisiensi, sehingga biaya operasional boiler dapat dioptimalkan.

Terdapat tiga syarat utama yang wajib dipenuhi oleh umpan air boiler, antara lain :

- 1. Air harus bebas dari pembentukan endapan atau kerak
- 2. Air harus bebas dari zat-zat yang bersifat korosif
- 3. Air tidak boleh menyebabkan terjadinya carry-over

Tabel 8.1. Parameter Kualitas Air Umpan 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 SiO2, Min
Hardness	Ppm	-
Silica	Ppm	150, Max
Besi	Ppm	2, Max
Phospat Residual	Ppm	20-50
Sulfite Residual	Ppm	20-50
pH Condensat	Unit	8.0-9.0

Selain itu, terdapat beberapa parameter yang sangat penting melibatkan: konduktivitas, pH, konsentrasi natrium dan silica, dan sebagai parameter korosi utama, kandungan oksigen. Proses demineralisasi air mentah atau air kondensat menjadi elemen kunci dalam pembuatan air umpan ketel. Mineral/garam yang larut dapat menumpuk pada permukaan *heater*, bilah turbin, atau inlet pipa. Hal ini dapat memicu terjadinya kerusakan yang signifikan. Fungsionalitas penukar ion dapat dimonitoring secara kontinyu dengan mengukur parameter tertentu, yaitu konduktivitas atau kandungan silikat. Parameter kualitas boiler feed water dapat dilihat pada table 8.1.

8.5 Monitoring Air Umpan Boiler

Kualitas air merupakan faktor utama yang memengaruhi kinerja serta umur boiler secara keseluruhan. Terdapat empat alasan utama yang menjelaskan urgensi kualitas air umpan boiler:

1. Air mengandung senyawa garam terlarut. Dimana, setelah air menguap, garam tersebut membentuk lapisan kerak di permukaan perpindahan kalor. Kerak ini memiliki kemampuan konduktivitas panas yang sangat rendah dibandingkan dengan baja, dengan koefisien perpindahan panas sekitar $1 \text{ kkal/m}^{\circ}\text{C/jam}$ dibandingkan dengan $15 \text{ kkal/m}^{\circ}\text{C/jam}$ pada baja. Fenomena ini dapat mengakibatkan akumulasi panas berlebih dan potensi kegagalan pada boiler. Selain itu, kerak dapat mempersempit area aliran, yang pada gilirannya meningkatkan penurunan tekanan pada abung boiler dan sistem perpipaan.
2. Kadar pH yang rendah atau kandungan oksigen terlarut dalam air dapat menyebabkan korosi pada material baja. Hal ini dapat mengakibatkan pembentukan lubang kecil atau penipisan pada dinding tabung baja, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kegagalan struktural dan tabung boiler dapat pecah.
3. Korosi yang terjadi pada pipa baja karbon pada umumnya dikarenakan adanya perpindahan lapisan oksida pelindung secara kontinyu ketika terjadi aliran tinggi.

4. Kotoran yang terdapat pada sistem air umpan (*feedwater*) diangkut menuju boiler dan mengendap di permukaannya. Hal ini mengakibatkan gangguan pada transfer panas, Sehingga terjadi penurunan efisiensi, serta meningkatkan risiko kegagalan pada tabung boiler. Dari boiler, *impurities* terbawa oleh uap dan dapat menyebabkan pembentukan kerak serta korosi pada bilah turbin. Endapan pada turbin akan mengakibatkan penurunan efisiensi, pengurangan daya output pabrik, dan pada akhirnya mengurangi keuntungan yang didapatkan.

Terlepas dari mana air tersebut berasal, permasalahan pada pengolahan air berpotensi untuk menyebar ke seluruh siklus uap apabila tidak segera diperbaiki. Proses demineralisasi air kondensat atau air baku menjadi unsur kritis dalam pembuatan air umpan boiler. Mineral atau garam terlarut yang mengendap di dalam pipa, permukaan pemanas, atau pada bilah turbin dapat mengakibatkan kerusakan yang signifikan. Pemantauan kandungan silika atau konduktivitas dipantau secara kontinu untuk mengetahui fungsi dari penukar ion. Menjaga dan menyelesaikan masalah pada peralatan pemrosesan air baku (*raw water*) ataupun kondensat adalah suatu langkah yang krusial untuk menjaga siklus tersebut.

8.6 Pengolahan Air Umpan Boiler

Pengelolaan air umpan boiler yang tepat merupakan aspek krusial dalam operasional dan pemeliharaan sistem boiler. Ketika uap dihasilkan, padatan yang larut dapat mengendap dan membentuk endapan di dalam ketel. Hal ini dapat mengakibatkan transfer panas yang tidak efisien dan menurunkan efisiensi boiler. Gas terlarut, seperti oksigen dan karbon dioksida, juga dapat bereaksi dengan logam dalam sistem boiler, menyebabkan korosi pada boiler.

Untuk melindungi boiler dari kontaminan tersebut, perlu dilakukan pengendalian atau penghapusan kontaminan tersebut, baik melalui metode pengolahan eksternal maupun internal seperti uraian di bawah ini :

1. Pengolahan eksternal

Pengolahan secara eksternal adalah suatu proses di mana *hardness* (Kandungan Ca dan Mg) dan partikel pengotor dalam air dihilangkan sebelum air masuk ke dalam boiler. Proses ini dapat melibatkan pemberian bahan kimia atau perlakuan mekanis terhadap air sebelum air tersebut digunakan dalam boiler. Pengolahan eksternal ini bertujuan untuk menghilangkan *impurities* berupa zat padat yang terkandung dalam air, mengatasi kandungan gas yang dapat menyebabkan korosi seperti CO_2 yang mampu menghasilkan asam ketika bereaksi dengan air, serta menghilangkan zat terlarut yang berpotensi membahayakan kinerja boiler.

2. Pengolahan

internal

Pengolahan internal merujuk pada perlakuan air boiler dengan menggunakan bahan kimia, yang sering disebut sebagai boiler chemical. Tujuan dari pengolahan internal ini adalah untuk mencegah korosi dan pengendapan dalam sistem boiler, serta menjaga kemurnian uap dengan baik.

Untuk memenuhi persyaratan air umpan boiler, diperlukan pengolahan air yang efektif. Pengolahan air untuk air umpan boiler umumnya mencakup empat tahap, yaitu: (1) Clarification and Filtration (2) Softening (3) Demineralization (4) Gas Treatment.

1. Clarification and Filtration

Tujuan dari proses pembersihan dan penyaringan mengikat *impurities* serta mengendapkannya dengan menambahkan koagulan dan flokulan. Koagulan bekerja dengan menetralkan muatan partikel, memudahkan partikel untuk bersatu dan mengendap. Flokulan bertindak sebagai rantai polimer panjang yang mengikat partikel-partikel koloid. Untuk penggunaan secara bersamaan, maka dimasukkan koagulan terlebih dahulu, disusul dengan flokulan

2. Softening

Tujuan dari proses pelunakan (*softening*) adalah untuk menghilangkan ion Ca dan Mg (kation) yang memiliki potensi untuk membentuk lapisan endapan (*scale*). Ion kation tersebut kemudian digantikan dengan ion Na yang

memiliki karakteristik lebih lunak, sehingga menciptakan air yang lebih lunak (*softened water*)

3. Demineralization

Tujuannya adalah untuk menghilangkan kation (Ca^+ , Mg^+) dan anion (CO_3^- , HCO_3^-) dalam air, dan hal ini dapat dicapai melalui dua metode, yaitu:

- a. Deionisasi menggunakan resin.
- b. Reverse osmosis melalui filtrasi membran.

4. Gas Treatment

Air umpan boiler harus bebas dari gas-gas yang dapat menyebabkan korosi, terutama gas oksigen yang memiliki potensi paling berbahaya. Untuk memenuhi standar ini, umumnya dilakukan treatment secara mekanik dan kimia.

Pendekatan mekanik melibatkan penggunaan deaerator, suatu sistem yang bekerja dengan memanaskan air umpan dan mengaduknya baik melalui penyemprotan maupun sistem tray. Pemanasan air umpan menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, memudahkan pelepasan gas. Pengadukan juga membantu memfasilitasi pelepasan gas dengan lebih efektif.

Dari segi kimia, umumnya digunakan oxygen scavenger boiler untuk mengurangi kadar oksigen terlarut. Dosis penggunaan bahan kimia boiler perlu dihitung dengan hati-hati agar hasilnya optimal. Penting untuk memastikan semua persyaratan air umpan boiler terpenuhi guna mencegah masalah boiler yang dapat merugikan, sehingga biaya operasional dapat dioptimalkan

DAFTAR PUSTAKA

- Hall, S. 2012. Boilers. In *Branan's Rules of Thumb for Chemical Engineers* (pp. 166–181). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387785-7.00009-8>
- Julianto, E., Fuazen, F., Gunarto, G., & Sarwono, E. 2021. PERFORMANCE ANALYSIS OF BOILER FEED WATER PUMP SULZER AT PLTU AT PT INDONESIA CHEMICAL ALUMINA. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 15(2), 103. <https://doi.org/10.24853/sintek.15.2.103-106>
- Luthy, R. G., & Walters, R. W. 1979. The Production, Management, and Chemistry of Coal Gasification Wastewaters. In *Analytical Methods for Coal and Coal Products* (pp. 189–246). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-399903-0.50013-1>
- Pan, H., & Xu, X. 2022. Research on Factors Affecting Boiler Feedwater Quality and Its Improvement. *Open Journal of Applied Sciences*, 12(06), 901–911. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2022.126062>
- Scoot, K. 1995. WATER PURIFICATION Water Treatment. In *Handbook of Industrial membranes* (pp. 521–572).
- Shokri, A., & Sanavi Fard, M. 2023. Principles, operational challenges, and perspectives in boiler feedwater treatment process. In *Environmental Advances* (Vol. 13). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100389>

BAB 9

MACAM-MACAM BOILER DAN TURBIN

Oleh Erlinda Ningsih

9.1 Pendahuluan

Boiler adalah bejana tertutup yang menyediakan sarana untuk panas pembakaran untuk ditransfer ke dalam air sampai menjadi air panas atau uap. Air panas atau uap di bawah tekanan kemudian dapat digunakan untuk mentransfer panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mentransfer panas ke suatu proses. Ketika air direbus menjadi uap, volumenya meningkat sekitar 1.600 kali, menghasilkan kekuatan yang hampir sama eksplosifnya dengan mesin.

Boiler menggunakan kombinasi metode radiasi, konduktif, dan konvektif untuk mentransfer panas. Perangkat ini terdiri dari sejumlah tabung yang membawa campuran air-uap melalui ketel untuk transfer panas maksimum. Industri proses menggunakan tiga jenis boiler: air tabung air, tabung limbah, dan tabung api.

Metode radiasi merupakan perpindahan panas dari benda panas ke benda dingin tanpa media penghantar. Metode konveksi, yaitu perpindahan panas oleh media pengangkut, seperti udara atau air dan metode konduksi, yaitu transfer panas dengan actual kontak fisik, molekul ke molekul.

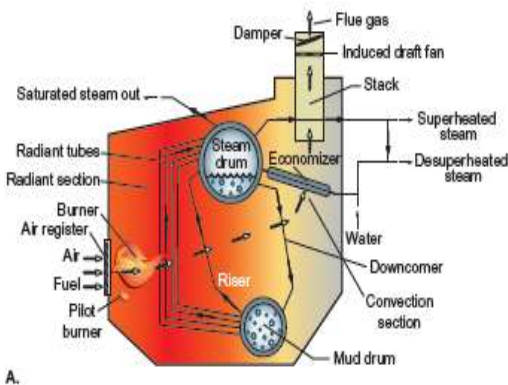
Boiler adalah sumber energi penting dalam industri proses karena dapat memasok uap untuk mengoperasikan peralatan proses dan menghasilkan uap yang digunakan selama proses berlangsungnya fasilitas. Contoh peralatan proses yang menggunakan uap termasuk turbin, reaktor, kolom distilasi, kolom stripper, dan penukar panas.

9.2 Macam-Macam Boiler

Permukaan pemanas adalah apa saja bagian dari logam boiler yang memiliki gas panas pembakaran di satu sisi dan air di sisi lain. Apa saja bagian dari logam boiler yang benar-benar berkontribusi untuk membuat uap adalah permukaan pemanas. Jumlahnya permukaan pemanas dari boiler dinyatakan dalam meter persegi. Semakin besar permukaan pemanas yang dimiliki boiler, semakin banyak efisien itu menjadi. Jumlah uap yang dihasilkan ditunjukkan dalam ton air yang diuapkan menjadi uap per jam. Peringkat kontinu maksimum adalah penguapan per jam yang bisa dilakukan dipertahankan selama 24 jam. F & A berarti jumlah uap yang dihasilkan dari air pada suhu 100 °C menjadi uap jenuh pada suhu 100 °C.

9.2.1 Boiler Tabung Air

Boiler tabung air adalah yang paling banyak boiler yang paling umum digunakan dalam operasi proses. Dalam tabung air boiler, air disirkulasikan melalui tabung yang berjalan di antara drum uap bagian atas dan drum pengumpul air bagian bawah (drum lumpur). Sirkulasi air dibuat dengan menggunakan prinsip-prinsip kepadatan diferensial. Downcomer adalah saluran air yang lebih dingin yang mengalir dari drum atas ke drum bawah. Riser adalah saluran air yang lebih panas yang mengalir dari drum bawah ke drum atas.



Gambar 9.1. A. Gambar Diagram komponen ketel tabung air
B. Gambar Ketel tabung air.

Bagian pemanas boiler mirip dengan tungku. Seperti tungku, boiler berisi kotak api tempat pembakar berada dan bercahaya perpindahan panas terjadi. Lapisan tahan api khusus (bentuk insulasi seperti batu bata) digunakan untuk memantulkan panas kembali ke dalam kotak dan melindungi baja struktural di dalam boiler. Terletak di area kotak api boiler adalah tabung radiasi. Tabung radiasi dan tabung riser keduanya berisi air umpan boiler yang dipanaskan oleh panas radiasi dari pembakar dan direbus membentuk uap yang dikembalikan ke steam drum.

Pembakar adalah perangkat yang digunakan memasukkan, mendistribusikan, mencampur, dan membakar bahan bakar (misalnya, minyak, atau batu bara) untuk menghasilkan panas. Pembakar dapat berupa pembakar campuran awal (bahan bakar gas dan udara dicampur sebelum masuk ke ujung burner), pembakar gas mentah (gas tidak dicampur dengan udara), atau kombinasi. Register udara mengontrol aliran udara ke pembakar untuk mempertahankan rasio bahan bakar-ke-udara yang benar dan untuk mengurangi asap, jelaga, atau pembentukan NO_x (nitrogen oksida) dan CO (karbon monoksida). Kipas angin digunakan untuk mengontrol aliran udara di dalam boiler. Boiler tabung air memiliki cerobong di bagian atas boiler untuk membuang gas buang. Terkandung di dalam cerobong adalah peredam untuk mengatur aliran gas buang.

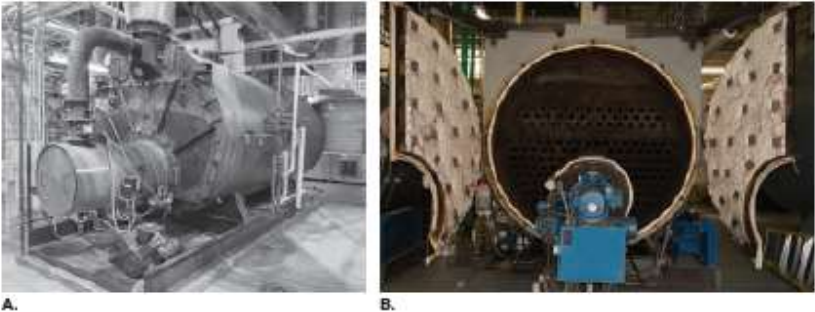
Drum uap di bagian atas boiler adalah tempat berkumpulnya semua uap yang dihasilkan sebelum keluar ketel. Tergantung pada desain boiler, air masuk ke drum uap atau drum lumpur dari economizer. Di bagian bawah boiler adalah drum lumpur, tempat endapan terakumulasi. Sedimen ini dihilangkan dengan blowdown intermiten, yang dilakukan secara manual. Superheater adalah seperangkat tabung yang terletak di arah outlet boiler yang meningkatkan (memanaskan) suhu aliran uap. Steam drum biasanya terhubung ke superheater melalui koil atau pipa.

Desuperheater adalah titik kontrol suhu di outlet aliran uap boiler yang mempertahankan suhu uap tertentu dengan menggunakan injeksi air umpan boiler melalui kontrol katup. Tujuan dari desuperheater adalah untuk menurunkan suhu uap.

9.2.2 Boiler Tabung Api

Fire tube atau boiler "api dalam tabung"; berisi tabung baja panjang yang melaluinya yang dilalui gas panas dari a tungku lewat dan di sekitarnya air yang akan diubah menjadi uap bersirkulasi. Api ketel uap, biasanya memiliki lebih rendah biaya awal, lebih hemat bahan bakar dan lebih mudah dioperasikan, tetapi boiler tabung api umumnya terbatas pada kapasitas 25 ton/jam dan tekanan 17,5 kg/cm².

Boiler tabung api mirip dengan penukar shell and tube. Tabung pembakaran yang dilengkapi dengan pembakar mentransfer panas melalui tabung dan keluar dari boiler. Tabung-tabung dalam api ketel tabung terendam dalam air dan dirancang untuk dipindahkan energi panas ke cairan melalui konduksi dan konveksi. Sedimen yang terkumpul di bagian bawah drum lumpur dihilangkan dengan blowdown air. Uap yang digunakan dalam fasilitas proses biasanya dikondensasi menjadi air. Kondensat ini dapat digunakan kembali sebagai air umpan boiler.



Gambar 9.2. Boiler Tabung Api

Pembakar berbahan bakar minyak atau gas menyediakan panas boiler. Peredam digunakan untuk mengatur aliran udara pembakaran. Gas pembakaran keluar cerobong boiler sebagai gas buang. Pasokan air umpan boiler adalah bagian penting dari uap generasi. Air umpan diolah untuk menghilangkan kontaminan yang dapat merusak peralatan sistem atau mengganggu efisiensinya operasi.

Economizer digunakan untuk memanaskan air umpan sebagai memasuki boiler. Air rias ditambahkan untuk mempertahankan yang tepat ketinggian air dalam sistem. Pengoperasian boiler yang benar tergantung pada pengendalian kualitas air umpan, mempertahankan ketinggian air tertentu dalam sistem, mengendalikan suhu dan tekanan boiler, dan menjaga efisiensi burner.

Teknisi proses bertanggung jawab untuk memantau operasi sistem boiler dan melakukan pemeliharaan preventif pada peralatan sistem boiler. Tugas-tugas umum termasuk memeriksa cerobong asap boiler; memeriksa pembakar dan pola nyala api; memeriksa tekanan bahan bakar, suhu, dan aliran udara pembakar; dan menjaga aliran uap yang tepat, suhu, dan tekanan. Masalah yang terkait dengan operasi boiler meliputi pelampiasan api burner pada tabung, hilangnya air umpan boiler, pengolahan air umpan yang tidak memadai, atau ketinggian air yang tinggi di dalam drum uap.

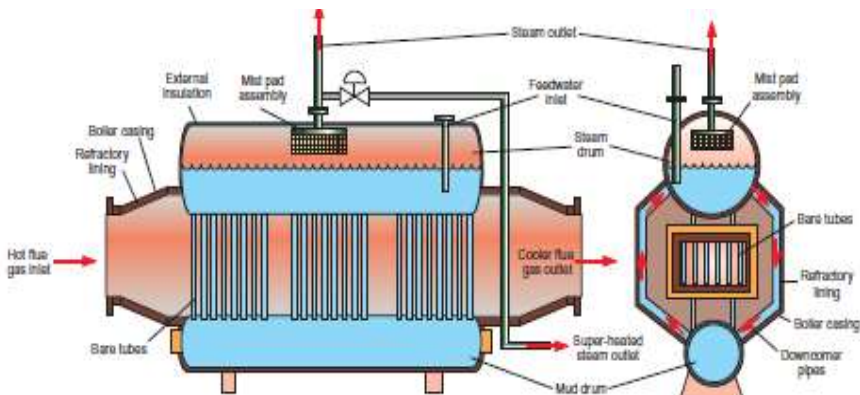
Perubahan aliran atau komposisi bahan bakar dapat meningkatkan endapan jelaga dan menyebabkan terlalu tinggi suhu pada tabung. Beberapa masalah merupakan konsekuensi dari usia peralatan dan desain. Masalah lain adalah akibat dari instrumen kerusakan instrumen, yang dapat disebabkan oleh hujan, debu, atau kelembapan. Melakukan perawatan pencegahan yang diperlukan, seperti memastikan bahwa hubungan peredam dilumasi dengan benar, dapat mencegah banyak kondisi masalah. Keselamatan boiler dibangun ke dalam prosedur pengoperasian. Seperti itu kasus dengan semua tungku atau pemanas berbahan bakar langsung, selalu ada potensi kebakaran atau ledakan di kotak api boiler.

9.2.3 Boiler Tabung Limbah

Boiler limbah panas menggunakan panas berlebih atau limbah panas dari suatu proses untuk menghasilkan uap. Limbah panas boiler memiliki dua fungsi: untuk menghasilkan uap dan untuk menyediakan pendinginan untuk suatu proses secara berurutan untuk melanjutkan atau memulihkan panas yang seharusnya dilepaskan ke atmosfer, hilang sejumlah besar energi yang dapat digunakan. Gambar 9.3 menunjukkan boiler limbah

panas yang dapat digunakan untuk memulihkan energi panas limbah dan mendinginkan aliran gas buang dari knalpot turbin.

Boiler limbah panas meningkatkan efisiensi dan menghemat uang dengan memungkinkan uap diproduksi melalui penggunaan gas limbah. Penggunaan gas limbah sebagai sumber panas mengurangi jumlah uang yang dihabiskan untuk bahan bakar burner dan mengurangi dampak lingkungan. Karena tugas yang dibutuhkan boiler limbah panas, konstruksi biasanya berdinding tebal dan dirancang untuk menahan tekanan dan suhu tinggi. Boiler limbah panas biasanya adalah penukar panas tipe single-pass, floating-head yang mengalami sejumlah besar ekspansi dan kontraksi tubesheet.



Gambar 9.3. Boiler Tabung Limbah

Di banyak tungku, boiler limbah panas berada di saluran keluar tungku. Desain ini memulihkan panas dengan menghasilkan uap dan dengan demikian mendinginkan aliran gas buang yang keluar dari cerobong tungku. Karena itu, boiler limbah panas kadang-kadang disebut sebagai generator uap.

9.3 Potensi Bahaya Boiler

Operasi sistem boiler memiliki dampak langsung dan segera terhadap pengoperasian peralatan proses lainnya, seperti kolom distilasi dan turbin. Ketel harus beroperasi dengan baik untuk menghasilkan energi uap pada tekanan yang stabil. Kegagalan untuk mempertahankan operasi boiler yang normal dapat mengakibatkan

hilangnya produksi, kualitas produk yang terganggu, dan biaya tinggi untuk memperbaiki atau mengganti komponen yang gagal atau rusak.

9.3.1 Usia Peralatan atau Desain

Jenis peralatan boiler yang paling rentan terhadap kegagalan akibat penuaan termasuk pompa air umpan boiler, katup blowdown, dan perpipaan sistem. Selain itu, hubungan pada stack damper dapat aus karena pelumasan yang tidak memadai atau dari pengumpulan debu dan pasir. Pembekuan dan pergerakan tanah dapat meretakkan peralatan beton fondasi dan menyebabkan korosi eksternal pada komponen struktural. Tabung yang aus atau rusak penyangga dapat menimbulkan masalah tegangan pada tabung boiler.

9.3.2 Air dan Kontaminan Lain

Air dan kontaminan dapat menyebabkan kerusakan instrumen dan masalah lain yang dapat mengaktifkan pengunci ketel dan membuat ketel trip. Misalnya, air dapat mengembun di kabel penginderaan tekanan di kotak api dan menyebabkan kerusakan pembacaan tekanan, secara otomatis mematikan boiler. Umur tabung dalam boiler juga dapat dipengaruhi secara signifikan oleh kualitas air umpan. Untuk Misalnya, pengolahan air umpan yang tidak tepat dapat membuat endapan garam di dalam tabung. Garam ini endapan garam ini menyebabkan korosi tabung dan titik panas, yang menyebabkan kegagalan tabung prematur.

9.3.3 Faktor Eksternal

Faktor-faktor lain yang berkontribusi terhadap masalah boiler termasuk gangguan pasokan air, kegagalan listrik, cuaca dingin, dan gangguan proses hilir. Sebagai contoh, jika pengguna uap besar tiba-tiba berhenti mengambil uap, tekanan header uap dapat meningkat, menyebabkan perubahan tekanan yang tiba-tiba dan masalah penginderaan instrumen lebih cepat daripada pembakaran boiler kontrol dapat merespons. Faktor lainnya adalah cuaca dingin, yang dapat menyebabkan air dalam proses dan saluran utilitas membeku dan menyumbat saluran. Gangguan di unit pemrosesan

hulu dapat menyebabkan bahan bakar yang tidak sesuai spesifikasi dikirim ke boiler.

Potensi bahaya lain yang terkait dengan pengoperasian boiler termasuk potensi paparan bahan kimia air umpan, uap, air panas, panas radiasi, dan kebisingan. Teknisi proses harus mengenakan alat pelindung diri yang sesuai dan menghindari kontak kulit dengan bahan blowdown, yang dapat mengandung bahan kimia berbahaya.

9.4 Turbin Uap

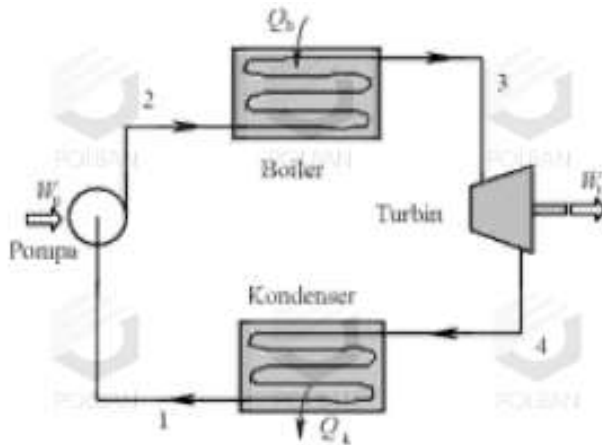
Turbin uap dianggap sebagai generator yang andal dan serbaguna untuk industri dan pembangkit listrik. Turbin uap, bersama dengan boiler, dapat dijalankan dengan berbagai bahan bakar, mulai dari sampah, limbah pertanian, biomassa, batu bara, hingga tenaga nuklir. Uap yang dilepaskan dapat diekstraksi dan digunakan pada berbagai suhu dan tekanan. Dengan berkembangnya teknologi manufaktur, material, pengendalian, dll. Kapasitas pembangkit listrik lebih besar, tekanan dan suhu kerja lebih tinggi, interval antar overhaul lebih lama, dan keandalan lebih tinggi.

Produsen turbin memperkenalkan banyak inovasi pada kuartal terakhir abad, termasuk sistem pembuangan multiflow, rotor padat, bantalan kecepatan tinggi, diameter bilah rotor yang semakin besar, dan berbagai sistem kontrol canggih telah diciptakan. Saat ini, produsen turbin uap besar yang terkenal tersebar di tiga benua dari Eropa adalah: ALSTOM Power, ABB Penggabungan Kraftwerke dan GEC Alsthom, Siemens Power Generation dan anak perusahaannya Siemens Westinghouse Power Corporation dari Jepang, Hitachi, Mitsubishi Heavy Industries, Toshiba, Perusahaan General Electric Amerika Serikat. Sebagian besar pabrikan ini dapat memproduksi turbin uap dengan keluaran antara 800 dan 1200 MW.

9.4.1 Termodinamika Pembangkit Daya Tenaga Uap

Turbin adalah mesin yang mengubah energi fluida menjadi daya poros, saat fluida mengalir secara kontinyu melalui sudu-sudu yang berputar. Turbin uap memanfaatkan energi fluida berupa

entalpi uap yang mempunyai tekanan dan temperatur tinggi. Uap yang digunakan bersama boiler, pompa, dan kondenser dalam bentuk siklus Rankine sederhana dengan tinjauan termodinamika.



Gambar 9.4. Skema Siklus Rankine Sederhana

Secara termodinamik efisiensi pembangkit daya uap dapat ditingkatkan dengan meningkatkan temperatur dan tekanan operasi dan melakukan modifikasi siklus. Berdasarkan cara kerjanya turbin uap dapat dibagi menjadi;

1. Turbin impuls satu tingkat (sederhana)
2. Turbin impuls kecepatan bertingkat (Turbin Curtis)
3. Turbin impuls tekanan bertingkat (Turbin Rateau)

9.5 Turbin Gas

Turbin gas adalah pengubah energi yang mengubah energi gas bersuhu tinggi menjadi energi gelombang mekanis bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi, dan cairan mengalir terus menerus melalui bilah yang berputar. Turbin gas biasa digunakan dengan kompresor dan ruang bakar (combustor atau ruang bakar) dalam siklus pembangkitan listrik yang dikenal dengan siklus Brayton atau siklus Joule.

Turbin gas adalah satu-satunya pilihan untuk menghasilkan listrik di pesawat, kecuali roket yang digunakan di luar angkasa. Selain dianggap bebas getaran, turbin gas dapat menangani gas

seperti gas alam, minyak solar, nafta, metana, minyak mentah , gas dengan nilai kalor rendah, bahan bakar minyak yang menguap, dan bahkan gas biomassa. Hal ini menjadikan turbin gas sebagai pilihan pertama untuk pembangkit listrik di anjungan lepas pantai.

Seiring dengan kemajuan teknologi material, turbin gas telah mampu beroperasi pada suhu yang lebih tinggi. Kekurangan dari turbin gas adalah tidak dapat digunakan pada daya rendah karena tidak dapat menggunakan bahan bakar padat dan efisiensinya rendah terutama pada daya rendah. Namun saat ini, bila menggunakan gas alam, efisiensi turbin uap bisa mencapai 45% digunakan bersama dengan pembangkit uap dengan HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*) atau WHRB (*Waste*).

9.6 Turbin Air

Turbin adalah mesin yang mengubah atau mengekstrak energi fluida yang mengalir terus menerus menjadi tenaga poros. Kincir air mengubah energi air berupa energi potensial dan kinetik air menjadi tenaga gelombang. Turbin air sebanyak buah yang biasanya digunakan pada pembangkit listrik tenaga air berupa buah pembangkit listrik tenaga air.

PLTA memiliki keunggulan dibandingkan yang menggunakan PLTU dan pembangkit listrik lainnya:

1. Mempunyai Efisiensi tinggi
2. Pengoperasian yang fleksibel, tidak memerlukan waktu pengaktifan yang lama dan dapat dengan mudah beradaptasi terhadap perubahan beban. Dapat juga dioperasikan sebagai pompa, sehingga berfungsi seperti baterai.
3. Keausan yang relatif rendah
4. Bahan energi yang digunakan bersifat terbarukan dan tidak akan habis sepanjang kelestariannya dapat dipertahankan.
5. Tidak menyebabkan polusi udara.
6. Reservoirnya bisa digunakan sebagai cadangan air baku, pariwisata, perikanan maupun irigasi

Meskipun begitu, PLTA juga memiliki kekurangan-kekurangan diantaranya adalah;

1. Biaya investasi yang lebih besar
2. Memerlukan lahan yang cukup luas untuk reservoir air, sehingga sangat berpotensi untuk menimbulkan masalah sosial dan lingkungan, terutama jika terdapat danau alam, waduk atau danau buatan.
3. Suplai sumber energi PLTA berupa air pada ketinggian selalu ada, namun pada prakteknya umur waduk terbatas akibat sedimentasi dan berbagai aktifitas manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ir. Haryadi, MT, 2010, Bahan Ajar Boiler dan Turbin, Politeknik Negeri Bandung.
- Steam Boiler Room Questions & Answers, Third Edition by Stephen M. Elonka and Aled Higgins.
- Steam Boiler Operation by *James J. Jackson*, Prentice-Hall Inc, New Jersey, 1980.
- Boilers by *Carl D. Shields*, McGraw Hill Book Company, U.S, 1961.
- Industrial Heat Generation and Distribution -NIFES Training Manual Issued For CEC – India Energy Bus Project.
- Practical Boiler Water Treatment by *Leo I. Pincus*, McGraw Hill Inc, New York, 1962.
- Technical Papers, Boiler Congress-2000 Seminar, 11 & 12 January 2000.
- Industrial Boilers by *David Gunn and Robert Horton*, Longman Scientific & Technical, New York
- Steam Generation, Distribution and Utilisation by TERI, GTZ and EMC
- Efficient Operation of Boilers by National Productivity Council
- www.eren.doe.gov
- www.oit.doe.gov/bestpractices
- www.pcra.org
- www.energy-efficiency.gov.uk
- www.actionenergy.org.uk
- www.cia.org.uk
- www.altenergy.com
- Chapter 14, Boilers, 0134891260.pdf

BIODATA PENULIS



Ir. Rini Aprilia Lestari, S.T

Tenaga Kependidikan Dan Asisten Dosen
Sekolah Tinggi Teknik Multimedia Internasional Malang

Penulis lahir di Jakarta, 29 Tahun silam. Penulis adalah tenaga kependidikan dan Asdos di Sekolah Tinggi Teknik Multimedia Internasional Malang. Penulis menyelesaikan pendidikan S-1 Jurusan Teknik Industri dan lulus pada tahun 2016, kemudian untuk memperkuat bidang keilmuan di bidang Teknik. Penulis melanjutkan pendidikan Profesi Insinyur dan lulus pada tahun 2023. Penulis juga saat ini sedang menempuh pendidikan Pascasarjana Manajemen (S-2).

Saat ini penulis menjabat sebagai Wakil Ketua Biro Administrasi Akademik Sekolah Tinggi Teknik Multimedia Internasional Malang dan aktif dalam menulis buku dengan harapan agar dapat memberikan kontribusi yang positif bagi bangsa dan negara.

E-mail penulis: riniaprilia08@gmail.com

BIODATA PENULIS



Neny Rochyani

Dosen Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang

Penulis lahir di Palembang tanggal 09 Juni 1971. Menikah dengan Gonan Sumadi dan telah dikaruniai dua orang putra Muhammad AufarNurhasyim Arrambani dan Ahmad Fadlan Abdullah Latif Alghazali (alm). Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik kimia Fakultas Teknik, Universitas PGRI Palembang. Menyelesaikan pendidikan S1, S2 pada Jurusan Teknik kimia dan melanjutkan S3 pada program studi ilmu lingkungan dengan bidang kajian utama adalah agro industri energi. Menyandang Insinyur profesional Madya (IPM) dan ASEAN Eng. Penulis dalam menekuni bidang penulisan karya ilmiah, sampai dengan saat ini telah menghasilkan karya ilmiah utamanya penelitian yang berhubungan dengan materi ilmu kimia dan lingkungan dengan kajian utama pada restorasi dan pendalaman karakteristik lingkungan objek penelitian sebagai kekuatan dalam pengelolaan lingkungan dengan pendekatan bidang teknik kimia. Dalam ranah penulisan buku, sampai dengan saat ini telah menghasilkan buku materi ajar dan modul paktikum yang dipakai dan diaplikasikan pada lingkungan perguruan tinggi.

BIODATA PENULIS



Andrie, ST., M.Eng.

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik, Universitas Islam Makassar Al Gazali

Penulis lahir di Atapange tanggal 14 Oktober 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Islam Makassar Al Gazali. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Sistem Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjahmada. Penulis menekuni bidang Menulis dibidang pengelolaan air serta penanganan air limbah.

BIODATA PENULIS



Atika Nandini, S.T., M.S.

Dosen Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknik

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 06 Oktober 1993. Penulis adalah dosen tetap di Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Pada tahun 2011, penulis menempuh pendidikan sarjana (S-1) di Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Setelah lulus program sarjana pada tahun 2015, penulis melanjutkan studi program pascasarjana (S-2) dengan mendapatkan beasiswa pada Chemical Engineering Department-National Cheng Kung University (NCKU) di Taiwan. Kini penulis aktif dalam melakukan publikasi baik pada Jurnal nasional maupun Prosiding seminar. Bidang keahlian dari penulis yang saat ini digeluti adalah Bioteknologi, Biomass dan Energi serta Fermentasi.

BIODATA PENULIS



Muhrinsyah Fatimura

Dosen tetap di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik,
Universitas PGRI Palembang

Penulis yang lahir pada tanggal 1 Juni 1975 di Palembang, saat ini menjalani karier sebagai dosen tetap di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Palembang. Beliau menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya pada tahun 1999, kemudian melanjutkan studi S2 di Jurusan Teknik Kimia BKU Teknologi Petrokimia Universitas Sriwijaya dan berhasil menyelesaikannya pada tahun 2012. Saat ini, penulis sedang mengejar gelar S3 dalam bidang Ilmu Teknik di Jurusan Teknik Kimia BKU Teknik Kimia Universitas Sriwijaya. Selain itu, penulis juga menjabat sebagai chief editor di jurnal redoks.

BIODATA PENULIS



Iman Pradana A. Assagaf, S.T., M.Eng

Dosen Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro
Politeknik ATI Makassar

Penulis lahir di Ternate tanggal 11 Oktober 1993 Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro, Politeknik Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Universitas Hasanuddin dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada. Penulis menekuni bidang Menulis pada bidang teknik mesin khususnya pengelasan.

BIODATA PENULIS



Ismayati Sutina Azis, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro
Politeknik ATI Makassar

Penulis lahir di Parepare tanggal 05 Maret 1991. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Manufaktur Industri Agro, Politeknik ATI Makassar. Menyelesaikan pendidikan pada Jurusan Teknik Mesin di Universitas Hasanuddin Makassar, S1 pada tahun 2013 dan S2 selesai pada tahun 2020.

BIODATA PENULIS



Dwi Setyorini, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Kimia Mineral
Politeknik ATI Makassar

Penulis lahir di Sidoarjo tanggal 11 Februari 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Kimia Mineral, Politeknik ATI Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Kimia Institut Sepuluh Nopember pada tahun 2013 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Kimia Institut Sepuluh Nopember selesai tahun 2019.

BIODATA PENULIS



Erlinda Ningsih, ST.MT

Dosen Jurusan Teknik Kimia ITATS

Penulis lahir di Bangkalan tanggal 09 Juni 1984. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Menyelesaikan Pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Kimia dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Kimia. Penulis menekuni bidang Energi terbarukan dan material maju.