



SISTEM UTILITAS



**Didiek Hari Nugroho, S.T., M.T., Ir. Sofiah, M.T.
Dr. Yuniar, S.T., M.Si, Akbar Ismi Aziz Pramito, S.T., M.T**

SISTEM UTILITAS

**Didiek Hari Nugroho, S.T., M.T., Ir. Sofiah, M.T.
Dr. Yuniar, S.T., M.Si, Akbar Ismi Aziz Pramito, S.T., M.T**



SISTEM UTILITAS

Tim Penulis:

**Didiek Hari Nugroho, Sofiah,
Yuniar, Akbar Ismi Aziz Pramito**

Desain Cover:

Usman Taufik

Sumber Ilustrasi:

www.freepik.com

Tata Letak:

Handarini Rohana

Proofreader:

Aas Masruroh

ISBN:

978-623-500-775-5

Cetakan Pertama:

Februari, 2025

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

by Penerbit Widina Media Utama

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:

WIDINA MEDIA UTAMA

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 360/JBA/2020

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: @penerbitwidina

Telepon (022) 87355370

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji Syukur kepada Allah S.W.T. atas limpahan hidayah nya, Rahmat dan inayah-Nya sehingga buku ini berhasil disusun sebagai panduan komprehensif untuk memahami dan mengelola sistem utilitas dalam industri. Sistem Utilitas merupakan komponen penting yang mendukung operasi sehari-hari dalam berbagai sektor industri, mulai dari manufaktur, kimia, energi, hingga pengolahan. Keberhasilan suatu industri sangat bergantung pada bagaimana sistem utilitas direncanakan, dioperasikan, dan dipelihara secara efisien dan berkelanjutan.

Di era yang semakin mengedepankan efisiensi energi dan keberlanjutan, pengelolaan sistem utilitas menjadi salah satu tantangan utama bagi banyak perusahaan. Air, uap, udara terkompresi, energi listrik, gas, dan bahan bakar, semuanya memainkan peran yang sangat vital dalam proses produksi. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang cara kerja dan manajemen sistem utilitas sangat diperlukan untuk memastikan kelancaran operasional dan pengurangan biaya operasional, sambil mematuhi peraturan lingkungan yang semakin ketat.

Buku ini membahas berbagai topik terkait sistem utilitas, dimulai dari pengenalan sistem utilitas dalam industri hingga teknologi dan inovasi terbaru dalam pengelolaan sumber daya. Pembaca akan diperkenalkan dengan prinsip dasar, teknologi yang digunakan, serta aspek-aspek pengelolaan dan pemeliharaan yang harus diperhatikan untuk menjaga sistem utilitas berjalan dengan baik. Selain itu, buku ini juga mengupas isu keberlanjutan dalam manajemen utilitas, mengingat semakin pentingnya perhatian terhadap dampak lingkungan dan penghematan energi di dunia industri saat ini.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam menyusun buku ini, termasuk rekan-rekan di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah berbagi pengetahuan dan pengalaman mereka. Semoga buku ini dapat memberikan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan praktik terbaik dalam pengelolaan sistem utilitas.

Palembang, Januari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB 1 PENGANTAR SISTEM UTILITAS DALAM INDUSTRI	1
A. Definisi dan Konsep Dasar Sistem Utilitas	1
B. Peran Sistem Utilitas dalam Industri	2
C. Jenis-jenis Utilitas dalam Lingkungan Industri	3
D. Standar dan Regulasi Sistem Utilitas	4
BAB 2 SISTEM AIR BERSIH DAN AIR INDUSTRI	7
A. Kebutuhan Air Bersih dan Air Industri	7
B. Proses Pengolahan Air Bersih	7
C. Sistem Distribusi Air dalam Industri	8
D. Teknologi dan Peralatan Pengolahan Air	10
E. Pengolahan Kualitas Air dan Pengujian	11
BAB 3 SISTEM AIR BUANG DAN PENGOLAHAN LIMBAH	13
A. Jenis-jenis Air Buang Industri	13
B. Proses Pengolahan Limbah Cair	14
C. Sistem Pembuangan dan Pengolahan Limbah	16
D. Teknologi Pengolahan Limbah Ramah Lingkungan	18
E. Pengendalian Pencemaran dan Kepatuhan Regulasi	19
BAB 4 SISTEM UDARA TERKOMPRESI	23
A. Fungsi Udara Terkompresi dalam Industri	23
B. Komponen dan Prinsip Kerja Sistem Udara Terkompresi	24
C. Pemilihan Kompresor dan Sistem Pipa Distribusi	26
D. Pemeliharaan dan Efisiensi Sistem Udara Terkompresi	28
E. Studi Kasus Penggunaan Udara Terkompresi	29
BAB 5 SISTEM TENAGA LISTRIK	33
A. Kebutuhan dan Sumber Energi Listrik dalam Industri	33
B. Sistem Distribusi Tenaga Listrik	35
C. Pengelolaan dan Pengendalian Kualitas Daya	37
D. Efisiensi Energi dan Penghematan Daya	40
E. Keselamatan dan Pencegahan Kebakaran Listrik	43
BAB 6 SISTEM UAP DAN KONDENSAT	47
A. Prinsip Dasar Sistem Uap	47
B. Proses Pembuatan dan Penggunaan Uap dalam Industri	47
C. Sistem Distribusi Uap dan Pemulihan Kondensat	48
D. Efisiensi Energi dalam Sistem Uap	50

E. Pemeliharaan Sistem Uap dan Pencegahan Korosi	51
BAB 7 SISTEM PENDINGIN (COOLING SISTEM)	55
A. Fungsi dan Jenis Sistem Pendingin	55
B. Proses Kerja Pendingin dan Refrigerasi	56
C. Teknologi Cooling Tower dan Chiller	58
D. Pengendalian Suhu dan Efisiensi Energi	60
E. Pemeliharaan dan Keselamatan Sistem Pendingin	62
BAB 8 SISTEM PEMANAS (HEATING SISTEM)	67
A. Jenis dan Kebutuhan Sistem Pemanas dalam Industri	67
B. Sumber Energi Pemanas (Boiler, Heater)	69
C. Sistem Distribusi Panas	72
D. Efisiensi Energi dan Pengendalian Suhu	75
E. Pemeliharaan dan Pengelolaan Risiko Sistem Pemanas	77
BAB 9 SISTEM GAS DAN BAHAN BAKAR	81
A. Jenis-jenis Gas dan Bahan Bakar Industri	81
B. Sistem Distribusi Gas dan Penyimpanan Bahan Bakar	83
C. Teknologi Pengolahan Gas Industri	85
D. Manajemen Risiko dan Keselamatan pada Sistem Gas	87
E. Efisiensi dan Penghematan Energi	90
BAB 10 SISTEM PENGELOLAAN LINGKUNGAN DAN BERKELANJUTAN	95
A. Peran Utilitas dalam Pengelolaan Lingkungan	95
B. Teknologi Pemantauan Emisi dan Limbah	96
C. Prinsip Green Utility dan Efisiensi Sumber Daya	98
D. Implementasi Keberlanjutan dalam Sistem Utilitas	100
E. Regulasi dan Standar Lingkungan dalam Sistem Utilitas	102
BAB 11 PEMELIHARAAN DAN MANAJEMEN SISTEM UTILITAS	105
A. Peran Pemeliharaan dalam Keberlangsungan Sistem	105
B. Jenis-jenis Pemeliharaan (Preventif, Prediktif, Korektif)	106
C. Teknik dan Alat Pemeliharaan Utilitas	108
D. Pengelolaan Risiko dan Keselamatan Kerja	110
E. Analisis Kinerja dan Efisiensi Utilitas	112
BAB 12 TEKNOLOGI MASA DEPAN DALAM SISTEM UTILITAS	117
A. Revolusi Industri 4.0 dan Sistem Utilitas	117
B. Digitalisasi dan IoT dalam Manajemen Utilitas	118
C. Teknologi Ramah Lingkungan untuk Sistem Utilitas	120
D. Penerapan Big data dan AI dalam Pengelolaan Utilitas	122
E. Trend Masa Depan dan Tantangan Sistem Utilitas	125
DAFTAR PUSTAKA	128
TENTANG PENULIS	134

1

PENGANTAR SISTEM UTILITAS DALAM INDUSTRI

A. DEFINISI DAN KONSEP DASAR SISTEM UTILITAS

Sistem utilitas dalam konteks industri merujuk pada berbagai infrastruktur pendukung yang menyediakan layanan esensial untuk operasi sehari-hari, seperti air, listrik, udara terkompresi, gas, sistem pendingin, dan pemanas. Sistem ini tidak hanya mendukung proses utama dalam industri tetapi juga memainkan peran penting dalam efisiensi energi, pengelolaan biaya, dan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan.

Sistem utilitas meliputi berbagai elemen yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan energi, transportasi media kerja, dan pengelolaan limbah di seluruh fasilitas industri. Elemen-elemen tersebut melibatkan infrastruktur seperti jaringan pipa, sistem distribusi energi, alat pengolahan limbah, dan alat pengendalian lingkungan yang dirancang untuk mendukung keseluruhan proses produksi secara aman dan efisien. Sistem utilitas yang dikelola dengan baik dapat meningkatkan kinerja operasional industri melalui efisiensi energi dan pengurangan dampak lingkungan. Pengelolaan sistem utilitas berkelanjutan harus memperhatikan kebutuhan sumber daya, perencanaan kapasitas, dan pemantauan berkelanjutan untuk mencapai efisiensi yang optimal dan kepatuhan terhadap regulasi.

Sistem utilitas dibagi menjadi beberapa katagori utama:

1. Sistem air: memasok air bersih dan pengolahan limbah air untuk berbagai keperluan industri.
2. Sistem listrik: menyediakan energi listrik untuk operasi peralatan dan pencahayaan.
3. Sistem udara terkompresi: udara bertekanan yang digunakan sebagai sumber daya penggerak dalam berbagai proses.
4. Sistem uap dan pemanas: uap dan pemanas digunakan untuk proses-proses yang memerlukan energi termal.
5. Sistem pendingin: memastikan suhu optimal untuk peralatan dan proses tertentu, termasuk pendinginan produk dan mesin.

Setiap jenis sistem utilitas tersebut memiliki standar operasional tertentu serta memerlukan perawatan dan pemantauan untuk menjaga efisiensi dan menghindari kerusakan yang dapat mengganggu operasional industri secara keseluruhan (Bausch & Schwenker, 2009). Sistem utilitas semakin kompleks seiring dengan kemajuan teknologi, seperti pengadopsian *internet of things* (IoT) dan *big data* untuk memantau performa utilitas secara *real-time*. Hal ini memungkinkan industri untuk meningkatkan efisiensi energi, meminimalkan pemborosan, dan mematuhi standar keberlanjutan (Wang, Yang, Zhang, & Xu, 2017)

2

SISTEM AIR BERSIH DAN AIR INDUSTRI

A. KEBUTUHAN AIR BERSIH DAN AIR INDUSTRI

Air bersih digunakan untuk kebutuhan sehari-hari seperti minum, memasak, mencuci, dan kebutuhan higienis lainnya. Kebutuhan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jumlah penduduk, pola hidup, iklim, dan ketersediaan air di suatu wilayah. Menurut studi dari Gleick (1996), jumlah air yang dibutuhkan untuk memenuhi standar kebutuhan hidup sehat adalah sekitar 50-100 liter per orang per hari. Selain itu, Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menetapkan bahwa kebutuhan minimal air bersih untuk menjaga kesehatan dasar adalah 20 liter per hari per orang, tetapi untuk kualitas hidup yang lebih baik diperlukan 50 liter atau lebih per orang per hari (Gleick, 1996).

Air industri diperlukan untuk berbagai proses produksi, termasuk pendinginan, pembersihan, dan sebagai bahan baku dalam beberapa industri, seperti industri kimia dan makanan. Kebutuhan air industri terus meningkat seiring dengan perkembangan ekonomi dan teknologi. Penggunaan air di sektor industri sangat bervariasi tergantung jenis industri. Misalnya, industri petrokimia memerlukan lebih banyak air dibandingkan industri elektronik. Menurut data dari *global water partnership* (GWP), sekitar 20% dari total penggunaan air dunia adalah untuk kebutuhan industri, dan angka ini diperkirakan akan meningkat di negara-negara berkembang.

Pengelolaan air yang efisien sangat penting untuk memenuhi kebutuhan air bersih dan industri tanpa membebani sumber daya alam. Menurut Bouwer (2000), strategi konservasi air dapat mengurangi permintaan air dengan menerapkan teknologi hemat air dan penggunaan air daur ulang dalam industri. Misalnya, industri tekstil dan makanan dapat mengimplementasikan teknik daur ulang air untuk mengurangi konsumsi air segar dalam proses produksi. Pengelolaan air yang baik akan membantu menjaga keseimbangan antara kebutuhan air bersih masyarakat dan air industri, sekaligus mendukung keberlanjutan sumber daya air untuk masa depan.

B. PROSES PENGOLAHAN AIR BERSIH

Proses pengolahan air bersih bertujuan untuk menghilangkan kontaminan dari air baku (air yang belum diolah) agar memenuhi standar kesehatan untuk keperluan konsumsi dan penggunaan rumah tangga. Proses ini umumnya meliputi beberapa tahap yang melibatkan teknologi fisik, kimia, dan biologi.

1. Koagulasi dan flokulasi

Pada tahap awal, koagulasi dilakukan dengan menambahkan bahan kimia seperti alum (aluminium sulfat) atau besi sulfat untuk mengikat partikel tersuspensi menjadi flok (kumpulan partikel besar) agar mudah mengendap. Flokulasi adalah proses pengadukan

3

SISTEM AIR BUANG DAN PENGOLAHAN LIMBAH

A. JENIS-JENIS AIR BUANG INDUSTRI

Air buang industri atau limbah cair industri memiliki beragam jenis tergantung pada sumbernya dan jenis proses industri yang menghasilkan limbah tersebut. Air buang ini umumnya mengandung berbagai kontaminan fisik, kimia, dan biologis yang dapat berdampak negatif pada lingkungan jika tidak diolah dengan benar.

1. Limbah cair organik

Limbah cair organik berasal dari industri yang memproses bahan organik, seperti industri makanan dan minuman, tekstil, dan kertas. Air buang ini biasanya kaya akan bahan organik yang mudah terurai, seperti karbohidrat, protein, dan lemak. Menurut Manahan (2005), limbah cair organik cenderung memiliki *biological oxygen demand* (BOD) dan *chemical oxygen demand* (COD) yang tinggi, yang dapat mengurangi kadar oksigen dalam air jika dilepaskan langsung ke lingkungan.

2. Limbah cair anorganik

Limbah cair anorganik dihasilkan oleh industri yang mengolah bahan kimia anorganik, seperti industri logam, pertambangan, dan petrokimia. Air buang ini sering kali mengandung logam berat (misalnya, timbal, merkuri, dan kadmium), mineral, serta senyawa anorganik berbahaya lainnya. Menurut penelitian oleh Alloway (2013), limbah anorganik dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air serta memiliki dampak toksik pada organisme hidup jika terakumulasi dalam lingkungan.

3. Air limbah asam dan basa

Air limbah asam dan basa dihasilkan dari berbagai proses industri yang menggunakan bahan kimia asam dan basa, seperti industri pengolahan logam, farmasi, dan penyamakan kulit. Limbah ini memiliki pH yang sangat rendah atau sangat tinggi, sehingga perlu diolah untuk mencapai pH netral sebelum dibuang. Menurut Spellman (2008), pelepasan air limbah asam atau basa tanpa netralisasi dapat mengganggu keseimbangan pH air lingkungan dan mempengaruhi organisme akuatik.

4. Air limbah berminyak

Industri yang menggunakan atau menghasilkan minyak, seperti industri perminyakan, petrokimia, dan makanan, menghasilkan air limbah berminyak yang sulit diolah. Menurut Qasim (1999), air limbah berminyak mengandung senyawa hidrokarbon yang memerlukan pengolahan khusus, seperti penggunaan sistem pemisah gravitasi atau *biofilter*, agar minyak tidak mencemari lingkungan.

4

SISTEM UDARA TERKOMPRESI

A. FUNGSI UDARA TERKOMPRESI DALAM INDUSTRI

Udara terkompresi memainkan peran penting dalam berbagai industri karena memiliki aplikasi luas dan serbaguna. Berikut adalah beberapa fungsi utama udara terkompresi dalam industri:

1. Sebagai sumber energi untuk alat pneumatik

Udara terkompresi sering digunakan sebagai sumber energi untuk menggerakkan peralatan pneumatik, seperti bor, kunci pas, dan alat-alat lainnya yang digunakan dalam produksi, perakitan, dan pemeliharaan. Penggunaan udara terkompresi memungkinkan peralatan ini beroperasi lebih aman, efisien, dan lebih mudah dikendalikan dibandingkan dengan alat listrik.

2. Sistem kontrol dan otomasi

Dalam sistem kontrol industri, udara terkompresi digunakan untuk menggerakkan aktuator, silinder, dan katup yang mengontrol proses otomatis. Aplikasi ini banyak ditemukan dalam industri manufaktur, kimia, dan makanan. Udara terkompresi membantu dalam menjaga konsistensi, keandalan, dan efisiensi operasional.

3. Transportasi material dalam sistem *pneumatic*

Udara terkompresi dapat digunakan untuk memindahkan material seperti biji-bijian, bubuk, dan butiran kecil dalam industri kimia, farmasi, dan pangan. Sistem pneumatik memungkinkan perpindahan material dengan lebih cepat dan menjaga kebersihan material dari kontaminasi.

4. Penggunaan dalam proses pembakaran

Udara terkompresi juga digunakan dalam proses pembakaran untuk menghasilkan campuran udara-bahan bakar yang optimal, misalnya dalam *boiler* dan tanur industri. Proses ini meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi polusi (Smith, Ness, & Abbott, 2017).

5. Pendinginan dan pembersihan

Udara terkompresi dimanfaatkan untuk proses pendinginan peralatan dan pembersihan, terutama di lingkungan produksi yang berdebu atau kotor. Penggunaan udara bertekanan tinggi efektif untuk membersihkan bagian peralatan dari kotoran dan serpihan, yang bisa mengurangi risiko kerusakan.

5

SISTEM TENAGA LISTRIK

A. KEBUTUHAN DAN SUMBER ENERGI LISTRIK DALAM INDUSTRI

Kebutuhan dan sumber energi listrik dalam industri memainkan peran penting dalam operasional pabrik serta dalam mencapai efisiensi dan keberlanjutan energi. Kebutuhan listrik industri dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti proses produksi, teknologi yang digunakan, dan upaya untuk meningkatkan efisiensi energi. Sementara itu, sumber energi listrik dapat berasal dari jaringan listrik utama, energi terbarukan, atau sistem energi *hybrid* untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil.

1. Kebutuhan energi listrik dalam industri

Kebutuhan energi listrik dalam industri tergantung pada intensitas konsumsi energi dan jenis proses produksi yang berlangsung. Industri berat seperti baja, kimia, dan pertambangan umumnya membutuhkan listrik yang besar dibandingkan dengan industri ringan.

a. Intensitas energi dalam proses produksi

Industri baja, aluminium, dan kimia adalah contoh sektor yang memerlukan energi listrik dalam jumlah besar untuk menjalankan proses seperti peleburan, elektrolisis, dan proses kimia lainnya. Misalnya, industri baja menggunakan listrik untuk proses peleburan dalam tungku listrik, yang memerlukan daya besar untuk mencapai suhu tinggi.

b. Automasi dan digitalisasi

Di banyak industri, kebutuhan listrik meningkat dengan adopsi automasi dan digitalisasi, seperti penggunaan robotika, sistem kontrol otomatis, dan perangkat IoT. Penggunaan mesin otomatis dan robot memerlukan suplai listrik yang stabil dan andal agar operasional tetap efisien.

c. Penggunaan HVAC dan sistem pendinginan

Banyak industri juga membutuhkan sistem pemanas, ventilasi, dan pendingin udara (HVAC) untuk menjaga kondisi lingkungan produksi, terutama dalam industri farmasi dan makanan yang memerlukan suhu tertentu untuk menjaga kualitas produk.

2. Sumber energi listrik dalam industri

Saat ini, industri mulai beralih dari energi listrik berbasis fosil ke sumber energi yang lebih ramah lingkungan, seperti energi terbarukan. Namun, beberapa industri tetap menggunakan sumber listrik konvensional karena stabilitas daya yang lebih tinggi.

a. Energi fosil sebagai sumber listrik utama sebagian besar industri masih mengandalkan listrik dari energi fosil karena keandalan pasokannya. Pembangkit listrik berbahan bakar fosil

6

SISTEM UAP DAN KONDENSAT

A. PRINSIP DASAR SISTEM UAP

Sistem uap adalah metode pengaliran energi termal dalam bentuk uap yang banyak digunakan di berbagai sektor industri, terutama pada pembangkit listrik, pemanasan proses, dan pemanas ruangan. Prinsip dasar dari sistem uap mencakup produksi, distribusi, dan penggunaan uap dalam aplikasi yang membutuhkan transfer panas efisien.

1. **Produksi uap:** uap dihasilkan dengan memanaskan air pada tekanan tertentu dalam *boiler* hingga mencapai titik didihnya, menghasilkan uap jenuh atau super panas. Ketika air berubah fase menjadi uap, ia menyerap sejumlah besar energi dalam bentuk panas laten, yang kemudian dapat dilepaskan saat uap tersebut mengalami kondensasi.
2. **Distribusi uap:** setelah dihasilkan, uap didistribusikan melalui jaringan pipa ke lokasi-lokasi di mana panas diperlukan. Distribusi uap yang efisien memerlukan isolasi yang baik untuk mengurangi kehilangan panas serta penggunaan katup, perangkat uap, dan pengatur tekanan untuk mengontrol aliran dan tekanan uap dalam sistem.
3. **Penggunaan uap:** uap digunakan dalam berbagai proses, misalnya pemanasan langsung, pemanasan tidak langsung melalui *heat exchanger*, dan sebagai media penggerak turbin dalam pembangkit listrik. Dalam penggunaan ini, uap memberikan energi panasnya kepada sistem, lalu mengembun kembali menjadi air yang dapat dikembalikan ke *Boiler* untuk diproses ulang. Siklus ini dikenal sebagai siklus uap.
4. **Kontrol dan efisiensi energi:** sistem uap modern dilengkapi dengan teknologi kontrol yang memungkinkan pengaturan optimal suhu dan tekanan, sehingga meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi. Teknologi ini mencakup sensor, pengatur aliran otomatis, dan pemantauan digital yang dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan meningkatkan ketahanan operasional sistem uap.

B. PROSES PEMBUATAN DAN PENGGUNAAN UAP DALAM INDUSTRI

Proses pembuatan dan penggunaan uap dalam industri adalah sistem yang penting untuk berbagai aplikasi yang memerlukan pemanasan dan penggerak mekanis, seperti pada industri kimia, makanan, tekstil, dan pembangkit listrik. Berikut ini adalah tahapan umum dalam pembuatan dan penggunaan uap dalam industri:

1. Pembuatan uap di *boiler*

Pembuatan uap dimulai dengan mengisi *boiler* dengan air yang dipanaskan menggunakan bahan bakar seperti batu bara, gas, atau listrik. Pada suhu tertentu, air mencapai titik didih dan berubah menjadi uap. Jika suhu terus ditingkatkan setelah titik didih, uap menjadi super

7

SISTEM PENDINGIN (*COOLING SISTEM*)

A. FUNGSI DAN JENIS SISTEM PENDINGIN

Sistem pendingin berfungsi untuk mengatur suhu komponen atau mesin agar tetap berada dalam batas aman, mencegah *overheating*, serta memastikan performa optimal dan masa pakai yang lebih lama. Dalam berbagai aplikasi, seperti otomotif, peralatan industri, hingga perangkat elektronik, sistem pendingin membantu menjaga kestabilan suhu yang berperan penting bagi efisiensi dan keandalan operasional.

1. Fungsi utama dari sistem pendingin:

- a. Mencegah *overheating*
Panas berlebih (*overheating*) dapat merusak komponen internal mesin atau perangkat. Sistem pendingin membantu menghilangkan panas ini secara efektif, menjaga suhu pada tingkat aman, dan mencegah kerusakan.
- b. Menjaga efisiensi mesin
Mesin yang bekerja pada suhu optimal cenderung memiliki efisiensi yang lebih tinggi. Sistem pendingin memastikan suhu tetap stabil, sehingga kinerja mesin bisa berjalan optimal dan efisiensi bahan bakar tetap terjaga.
- c. Mengoptimalkan umur komponen
Suhu yang berlebihan bisa mempercepat keausan komponen mesin. Dengan mengatur suhu, sistem pendingin berperan dalam memperpanjang umur komponen dan mengurangi frekuensi perbaikan atau penggantian suku cadang.
- d. Mengatur suhu operasional
Beberapa sistem pendingin juga dirancang untuk mempertahankan suhu minimum agar mesin bisa beroperasi dengan baik sejak awal, terutama pada kondisi cuaca dingin.

2. Jenis-jenis sistem pendingin

- a. Pendinginan udara (*air cooling system*)
Sistem ini menggunakan aliran udara untuk menghilangkan panas dari permukaan mesin atau komponen. Biasanya digunakan pada mesin kecil atau motor yang memiliki sirip pendingin. Udara yang bergerak melewati sirip akan membawa panas keluar dari mesin. Sistem pendinginan udara cocok untuk motor kecil dan perangkat elektronik yang tidak memerlukan pendinginan intensif.
- b. Pendinginan cairan (*liquid cooling system*)
Pada sistem ini, cairan seperti air atau campuran etilen glikol digunakan untuk menyerap panas dari mesin. Cairan yang panas kemudian dialirkan ke radiator untuk didinginkan sebelum kembali ke mesin. Sistem pendinginan cairan sering digunakan

8

SISTEM PEMANAS (*HEATING SISTEM*)

A. JENIS DAN KEBUTUHAN SISTEM PEMANAS DALAM INDUSTRI

Sistem pemanas dalam industri sangat penting untuk mendukung proses produksi yang membutuhkan pengaturan suhu, baik untuk menjaga kualitas produk maupun untuk efisiensi operasional. Berikut adalah jenis-jenis sistem pemanas yang digunakan dalam industri beserta kebutuhan masing-masing:

1. Sistem pemanas uap (*steam heating systems*)

a. Jenis:

Sistem ini menggunakan uap yang diproduksi oleh *boiler* untuk memanaskan media atau bahan dalam proses industri. Uap dapat digunakan untuk pemanasan langsung atau tidak langsung, seperti pada pemanasan air atau pengolahan bahan (Chattopadhyay, 2001).

b. Kebutuhan:

- Proses kimia: banyak reaksi kimia memerlukan suhu tertentu yang dapat dipertahankan dengan menggunakan uap.
- Pemrosesan makanan: untuk memanaskan dan memasak bahan makanan, uap sering digunakan dalam pemanasan ruang atau autoklaf.
- Pemanas ruangan: uap juga digunakan untuk pemanas ruangan di industri besar.

2. Sistem pemanas air (*water heating systems*)

a. Jenis:

Pemanas air menggunakan energi dari pembakaran bahan bakar atau energi listrik untuk memanaskan air. Pemanas air ini sering digunakan dalam industri untuk berbagai proses, seperti pemanasan ruang, pengolahan makanan, dan industri kimia.

b. Kebutuhan:

- Proses industri: pemanas air digunakan untuk mempertahankan suhu tertentu dalam proses industri yang memerlukan air panas, seperti dalam proses pembersihan atau pencucian.
- Proses termal: dalam banyak proses termal, air panas diperlukan untuk menjaga suhu reaksi dalam reaktor kimia atau aplikasi lainnya.

3. Sistem pemanas udara (*air heating systems*)

a. Jenis:

Sistem pemanas udara memanaskan udara melalui elemen pemanas listrik, gas, atau minyak, dan mendistribusikan udara panas ke ruang yang membutuhkan pemanasan (Stoecker & Jones, 1982).

9

SISTEM GAS DAN BAHAN BAKAR

A. JENIS-JENIS GAS DAN BAHAN BAKAR INDUSTRI

Jenis-jenis gas dan bahan bakar industri memainkan peran penting dalam berbagai sektor, termasuk manufaktur, pembangkit listrik, transportasi, dan pemanas. Pemilihan bahan bakar yang tepat bergantung pada faktor-faktor seperti efisiensi, emisi, biaya, dan ketersediaan. Berikut adalah beberapa jenis gas dan bahan bakar yang umum digunakan dalam industri:

1. Gas alam (natural gas)

Gas alam adalah salah satu bahan bakar yang paling banyak digunakan dalam industri karena kandungan energi yang tinggi dan emisi yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil lainnya.

- Penggunaan: pembakaran untuk pemanasan, pembangkit listrik, dan proses industri seperti pembuatan baja, kaca, dan keramik.
- Keuntungan: emisi CO₂ yang lebih rendah, efisiensi tinggi.

2. Liquefied petroleum gas (LPG)

LPG adalah campuran gas propana dan butana yang dicairkan pada tekanan tinggi. Bahan bakar ini digunakan dalam industri untuk pemanasan, pembakaran, dan sebagai bahan baku kimia.

- Penggunaan: proses pemanasan, pengeringan, pembakaran untuk *boiler*, mesin industri, dan aplikasi domestik.
- Keuntungan: mudah disimpan dan digunakan dalam jumlah besar.

3. Batubara

Batubara telah digunakan sejak lama sebagai bahan bakar utama dalam pembangkit listrik dan proses industri, terutama di sektor manufaktur baja dan semen.

- Penggunaan: pembakaran dalam *boiler* industri, pembangkit listrik, dan pembuatan produk seperti semen dan baja.
- Keuntungan: biaya lebih murah dan ketersediaan melimpah.
- Tantangan: emisi karbon yang sangat tinggi, berkontribusi pada perubahan iklim.

4. Minyak bumi (diesel dan bensin)

Minyak bumi adalah bahan bakar fosil yang sering digunakan dalam industri untuk mesin-mesin pembangkit tenaga dan transportasi. Diesel dan bensin digunakan dalam kendaraan berat, truk, dan pembangkit energi kecil.

- Penggunaan: mesin diesel industri, kendaraan, pembangkit listrik kecil, serta mesin untuk alat berat.

10

SISTEM PENGELOLAAN LINGKUNGAN DAN BERKELANJUTAN

A. PERAN UTILITAS DALAM PENGELOLAAN LINGKUNGAN

Utilitas, seperti penyedia layanan air, listrik, gas, dan pengelolaan limbah, memiliki peran penting dalam pengelolaan lingkungan. Mereka berfungsi sebagai penghubung antara kebutuhan masyarakat dan upaya pelestarian lingkungan. Dalam konteks keberlanjutan, utilitas memainkan peran strategis dengan mengadopsi teknologi ramah lingkungan, mengelola sumber daya secara efisien, dan mendukung mitigasi serta adaptasi terhadap perubahan iklim. Berikut ini adalah beberapa peran utama utilitas dalam pengelolaan lingkungan:

1. Pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan

- Air: penyedia utilitas air berkontribusi dalam pelestarian lingkungan dengan menerapkan teknologi efisiensi air, seperti pemantauan kebocoran jaringan dan daur ulang air limbah. Contoh: penggunaan teknologi *smart water meters* untuk mengurangi pemborosan air.
- Energi: peralihan ke energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, atau hidroelektrik mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menurunkan emisi karbon (IEA, 2021).

2. Pengelolaan limbah dan daur ulang

- Limbah padat: utilitas pengelolaan sampah berperan dalam mengurangi penumpukan limbah di TPA dengan menerapkan hierarki pengelolaan limbah: *reduce, reuse, recycle*. Contoh: kota San Francisco berhasil mencapai target pengurangan limbah melalui program "zero waste".
- Limbah berbahaya: utilitas juga memiliki tanggung jawab untuk memproses limbah berbahaya secara aman, seperti limbah medis dan limbah industri.

3. Penyediaan teknologi ramah lingkungan

Utilitas memainkan peran kunci dalam mengintegrasikan teknologi inovatif yang mendukung keberlanjutan, seperti:

- *Grid pintar (smart grid)*: sistem ini meningkatkan efisiensi distribusi energi, mengurangi kehilangan daya, dan memungkinkan integrasi energi terbarukan (Fang, Misra, Xue, & Yang, 2012).
- Teknologi pengolahan limbah: pemanfaatan limbah untuk menghasilkan energi, seperti *waste-to-energy* atau biogas.

11

PEMELIHARAAN DAN MANAJEMEN SISTEM UTILITAS

A. PERAN PEMELIHARAAN DALAM KEBERLANGSUNGAN SISTEM

Pemeliharaan memiliki peran krusial dalam menjamin keberlangsungan sistem, baik di sektor industri, fasilitas publik, maupun infrastruktur lainnya. Keberlanjutan sistem tidak hanya berkaitan dengan performa operasional tetapi juga efisiensi biaya, keandalan, keamanan, dan dampak terhadap lingkungan. Berikut adalah beberapa peran utama pemeliharaan dalam keberlangsungan sistem:

1. Menjamin keandalan operasional

Pemeliharaan memastikan bahwa sistem dan peralatan dapat beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Dengan menjaga peralatan tetap dalam kondisi optimal, risiko gangguan operasional akibat kerusakan dapat diminimalkan. Contoh: pada industri manufaktur, program pemeliharaan preventif mengurangi *downtime* yang tidak terduga, meningkatkan produktivitas, dan menjaga kelangsungan proses produksi (Mobley, 2002).

2. Mengoptimalkan efisiensi energi dan sumber daya

Pemeliharaan yang tepat dapat mengurangi konsumsi energi dan memaksimalkan efisiensi sumber daya. Peralatan yang tidak terpelihara cenderung bekerja di bawah kapasitas optimal, yang meningkatkan konsumsi energi dan biaya operasional (Harris & McCaffer, 2013). Contoh: pemeliharaan rutin pada sistem HVAC meningkatkan efisiensi energi, sehingga menurunkan jejak karbon fasilitas.

3. Mengurangi biaya jangka panjang

Pemeliharaan preventif dan prediktif membantu mencegah kerusakan besar yang memerlukan biaya tinggi untuk perbaikan atau penggantian. Hal ini juga memperpanjang umur peralatan, menunda investasi besar pada peralatan baru. Data Pendukung: studi menunjukkan bahwa investasi pada pemeliharaan prediktif dapat mengurangi biaya pemeliharaan hingga 30% dibandingkan dengan pendekatan korektif (Kobbacy & Murthy, 2006).

4. Meningkatkan keamanan dan kesehatan kerja

Sistem yang tidak terpelihara dengan baik meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Pemeliharaan memastikan bahwa semua perangkat berfungsi sesuai standar keselamatan, sehingga melindungi karyawan dan lingkungan sekitar. Contoh: inspeksi dan pemeliharaan teratur pada sistem tekanan tinggi seperti *boiler* mencegah kebocoran atau ledakan yang membahayakan (Smith R. , 2005).

12

TEKNOLOGI MASA DEPAN DALAM SISTEM UTILITAS

A. REVOLUSI INDUSTRI 4.0 DAN SISTEM UTILITAS

Revolusi Industri 4.0 menghadirkan perubahan besar dalam cara sistem utilitas dirancang, dioperasikan, dan dikelola. Dengan memanfaatkan teknologi digital, otomatisasi, dan konektivitas, sistem utilitas menjadi lebih efisien, transparan, dan adaptif terhadap kebutuhan yang berkembang. Berikut adalah pengaruh utama Revolusi Industri 4.0 terhadap sistem utilitas:

1. Digitalisasi proses operasional

Revolusi Industri 4.0 memperkenalkan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi operasional sistem utilitas, seperti distribusi energi, air, dan gas (Lee, Bagheri, & Kao, 2015).

Contoh inovasi:

- a. *Smart grid*: sistem distribusi energi cerdas yang memanfaatkan teknologi digital untuk mengelola energi secara *real-time*, mengintegrasikan energi terbarukan, dan mengurangi kehilangan energi.
- b. *Digital grid*: replikasi digital dari infrastruktur utilitas untuk memantau dan mengoptimalkan performa secara virtual.

2. Internet of things (IoT) dalam sistem utilitas

IoT menjadi elemen kunci dalam sistem utilitas modern, memungkinkan konektivitas antara perangkat dan infrastruktur utilitas (Gubbi, Buyya, Marusic, & Palaniswami, 2013).

Aplikasi utama:

- a. Pemantauan Konsumsi: sensor IoT memberikan data *real-time* tentang konsumsi air, energi, atau gas.
- b. Prediktif *maintenance*: deteksi dini kerusakan infrastruktur untuk mengurangi gangguan layanan.
- c. Demand response: sistem yang menyesuaikan pasokan energi dengan permintaan secara otomatis.

3. Artificial intelligence (AI) dan *big data analytics*

AI dan analitik data besar memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem utilitas (Kusiak, 2018).

Manfaat:

- a. Optimalisasi distribusi: AI membantu mengelola distribusi energi atau air berdasarkan pola konsumsi.
- b. Peningkatan keamanan: algoritma AI dapat mendeteksi anomali dalam sistem, seperti kebocoran atau serangan siber.

DAFTAR PUSTAKA

- (AWWA), A. W. (2005). *Distribution System Requirements for Fire Protection*. AWWA Manual M31.
- (AWWA), T. A., & (ASCE), A. S. (2012). *Water Treatment Plant Design, 5th Edition*. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- (IEA), I. E. (2016). *Energy Efficiency 2016: Analysis and Outlooks to 2040*. OECD/IEA.
- (IRENA), I. R. (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2020*.
- (OSHA), O. S. (2020). *Pipeline Safety Standards: Gas Transmission and Distribution*. OSHA.
- (WHO), W. H. (2004). *Guidelines for Drinking-water Quality*. WHO.
- Alloway, B. J. (2013). Sources of Heavy Metals and Metalloids in Soils. In B. J. Alloway, *Heavy Metals in Soils* (pp. 11-50). Dordrecht: Springer.
- Ameta, S. C., & Ameta, R. (2018). *Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment, 1st Edition*. Elsevier.
- Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., & al, e. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 100*, 143-174.
- ASME, A.-1. . (2020). *Nondestructive Examination and Quality Control Central Qualification and Certification Program*. ASME.
- Bahadori, A. (2014). *Natural Gas Processing: Technology and Engineering Design*. Elsevier.
- Baker, R. W. (2004). *Membrane Technology and Applications*. John Wiley & Sons.
- Bausch, A., & Schwenker, B. (2009). *Handbook Utility Management*. Springer Science & Business Media.
- Binnie, C., Kimber, M., & Smethurst, G. (2002). *Basic Water Treatment*. Thomas Telford Publishing.
- Bolton, J. R., & Cotton, C. A. (2011). *The Ultraviolet Disinfection Handbook*. American Water Works Association.
- Boscherini, M., Storione, A., Minelli, M., Minelli, M., & Doghieri, F. (2023). New Perspectives on Catalytic Hydrogen Production by the Reforming, Partial Oxidation and Decomposition of Methane and Biogas. *Energies, 16*(17), 6375.
- Bouwer, H. (2000). Integrated water management: Emerging issues and challenges. *Agricultural Water Management, 45*(3), 217-228.
- Burnley, S. J. (2007). The use of chemical composition data in waste management planning – A case study. *Waste Management, 27*(3), 327–336.
- Cagno, E., Trianni, A., & Spallina, G. (2017). Drivers for energy efficiency and their effect on barriers: empirical evidence from Italian manufacturing enterprises. *Energy Efficiency, 10*, 855–869.

- Chattopadhyay, P. (2001). *Boiler Operation Engineering: Questions and Answers*. McGraw Hill Professional.
- Chen, C. P., & Zhang, C. Y. (2014). Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data. *Information Sciences*, 275, 314-347.
- Cheremisnoff, N. P. (2003). *Handbook of Solid Waste Management and Waste Minimization Technologies*. Butterworth-Heinemann.
- Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., & Tchobanoglous, G. (2012). *MWH's Water Treatment: Principles and Design*. John Wiley & Sons.
- Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., & Tchobanoglous, G. (2012). *MWH's Water Treatment: Principles and Design, 3rd Edition*. Wiley.
- Deegan, M. M., Dworzak, M. R., Gosselin, A. J., Korman, K. J., & Eric. (2020). Gas Storage in Porous Molecular Materials. *Chemistry – A European Journal, Volume 27, Issue 14*, 4531-4547.
- Demirbaş, A. (2001). Biomass Resource Facilities and Biomass Conversion Processing For Fuels And Chemicals. *Energy Conversion and Management* 42(11), 1357-1378.
- Devanny, J. S., Deshusses, M. A., & Webster, T. S. (1999). *Biofiltration for Air Pollution Control*. New York: CRC Press.
- Dincer, I., & Rosen, M. A. (1999). Energy, environment and sustainable development. *Applied Energy*, 64(1-4), 427-440.
- Domingos, P. (2015). *The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World*. Basic Books.
- Doty, S., & Turner, W. C. (2009). *Energy Management Handbook, Seventh Edition*. Fairmont Press.
- Dunn, B., Kamath, H., & Tarascon, J. M. (2011). Electrical energy storage for the grid: A battery of choices. *Science*, 334(6058), 928-935.
- Edwards, S. (2020). Energy management in compressed air systems in the food and beverage industry. *Journal of Food Engineering*.
- Eidan, A. A., Alshukri, M. J., Al-fahham, M., AlSahlani, A., & Abdulridha, D. M. (2021). Optimizing the performance of the air conditioning system using an innovative heat pipe heat exchanger. *Case Studies in Thermal Engineering*, 26.
- Eisenbud, M., & Gesell, T. F. (1997). *Environmental Radioactivity: From Natural, Industrial, and Military Sources*. Academic Press.
- Ejeian, F., Etedali, P., Mansouri-Tehrani, H.-A., Soozanipour, A., Low, Z.-X., Asadnia, M., . . . Razmjou, A. (2018). Biosensors for wastewater monitoring: A review. *Biosensors and Bioelectronics*, 118, 66-79.
- Elimelech, M., & Phillip, W. A. (2011). The future of seawater desalination: Energy, technology, and the environment. *Science*, 333(6043), 712-717.
- EPA. (1983). *Methods For Chemical Analysis of Water and Wastes*. OHIO: U S. Environmental Protection Agency Environmental Monitoring and Support Laboratory.

- EPA. (2016). *Air Pollution Control Technology Fact Sheet*. United States - Environmental Protection Agency.
- Escobar-Teran, F., Perrot, H., & Sel, O. (2023). Carbon-Based Materials for Energy Storage Devices: Types and Characterization Techniques. *Physchem*, 3(3), 355-384.
- Fang, X., Misra, S., Xue, G., & Yang, D. (2012). *Smart Grid — The New and Improved Power Grid: A Survey*. IEEE.
- Geiser, K. (2001). *Materials Matter: Toward a Sustainable Materials Policy*. MIT Press.
- Glasson, J., & Therivel, R. (2012). *Introduction To Environmental Impact Assessment, 4th Edition*. London: Routledge.
- Glaze, W. H., Kang, J. W., & Chapin, D. H. (1987). The Chemistry of Water Treatment Processes Involving Ozone, Hydrogen Peroxide, and Ultraviolet Radiation. *Ozone: Science & Engineering*, 9(4), 335–352.
- Gleick, P. H. (1996). Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs. *Water International*, 21(2), 83-92.
- Goswami, D. Y. (2015). *Principles of Solar Engineering, 3rd ed*. CRC Press.
- Goswami, D. Y. (2022). *Principles of Solar Engineering, 4th Edition*. Boca Raton: CRC Press.
- Gubbi, J., Buyya, R., & al, e. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660.
- Gungor, V. C., & al, e. (2013). Smart grid technologies: Communication technologies and standards. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 9(1), 28-42.
- Gunten, U. V. (2003). Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation. *Water Research*, 37(7), 1443-1467.
- Gupta, A., & Asher, M. G. (1998). *Environment and the Developing World: Principles, Policies and Management*. John Wiley & Sons.
- Hammer, M. J. (2008). *Water and Wastewater Technology*. Pearson/Prentice Hall.
- Hao, H. D., Zhai, T., Zhang, Y. F., & Lei, J. Y. (2013). Flue-Gas Desulfurization Technology and its Equipment. *Advanced Materials Research* 788, 466-470.
- Harris, F., & McCaffer, R. (2013). *Modern Construction Management, Seventh Edition*. WilleyBlackWell.
- Haug, R. T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. CRC Press.
- Higgins, L. R., Mobley, R. K., & Wikoff, D. (2008). *Maintenance Engineering Handbook, 7th ed*. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Holt, P., Barton, G., & Mitchell, C. (1999). Electrocoagulation as a Wastewater Treatment. *The Third Annual Australian Environmental Engineering Research Event* (pp. 1-6). Victoria: Castlemaine.
- IEA. (2020). *Renewable Energy Market Analysis: Outlook for Renewable Energy*. OECD/IEA.

- IEA. (2021). *Renewables 2021 Market Report*.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*.
- Jin, B. (2023). Impact of renewable energy penetration in power systems on the optimization and operation of regional distributed energy systems. *Energy*, 273, 127201.
- Jones, D. A., N Ahmed, N., & Kumar, P. (2018). Advancements in Cooling Tower Design and Performance for Industrial Applications. *Journal of Industrial Thermal Engineering*, 35(2), 189-197.
- Judd, S. (2010). *The MBR Book: Principles and Applications of Membrane Bioreactors for Water and Wastewater Treatment*. Butterworth-Heinemann.
- Kalogirou, E. N. (2017). *Waste-to-Energy Technologies and Global Applications, 1st Edition*. Boca Raton: CRC Press.
- Kletz, T. A. (1999). *Identifying and Assessing Process Industry Hazards, Fourth Edition*. Boca Raton: CRC Press.
- Kluczek, A., & Olszewski, P. (2017). Energy audits in industrial processes. *Journal of Cleaner Production*, 142(4), 3437-3453.
- Kobbacy, K. A., & Murthy, D. N. (2006). Complex System Maintenance Handbook. In U. Kumar, & A. Parida, *Maintenance Performance Measurement (MPM) System* (pp. 459–478). Springer.
- Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., & Birkie, S. E. (2018). Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, 175, 544-552.
- KPMG. (2020). *The Time Has Come: The KPMG Survey of Sustainability Reporting*. KPMG International.
- Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 508-517.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
- Li, X. (2022). Impact of high-efficiency motors on industrial energy savings. *Industrial Technology Journal*.
- Lin, L., & Wong, H. (2022). Digital control for steam efficiency and emission reduction. *Journal of Industrial Control Systems*, 33(4), 112-129.
- Lund, H., Østergaard, P. A., Connolly, D., & Mathiesen, B. V. (2017). Smart energy and smart energy systems. *Energy*, 137, 556-565.
- Manahan, S. E. (2005). *Environmental Chemistry. 8th Edition*. New York: CRC Press LLC.
- Manyika, J., & al, e. (2011). *Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity*. San Francisco: McKinsey Global Institute, CA, USA.
- Metcalf, & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Mobley, R. K. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance, second edition*. Butterworth-Heinemann.

- Mohitpour, M., Golshan, H., & Murray, A. (2007). *Pipeline Design & Construction: A Practical Approach, Third Edition*. New York: ASME Press.
- Nash, J., & Ehrenfeld, J. (1996). Code Green: Business Adopts Voluntary Environmental Standards. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 38(1), 16–45.
- Niu, S. S. (2024). *Process Control for Pumps and Compressors*. Springer.
- Ødegaard, H. (2006). Innovations in Wastewater Treatment: The Moving Bed Biofilm Process. *Water Science and Technology*, 53(9), 17–33.
- Olatunde, T., Okwandu, A., Akande, D. O., & Sikhakhane, Z. Q. (2024). Review of energy-efficient HVAC technologies for sustainable buildings. *International Journal of Science and Technology Research Archive* 6(2), 012-020.
- Patel, M. R. (2021). *Shipboard Electrical Power Systems, 2nd Edition*. Boca Raton: CRC Press.
- Perez, L., & Kim, S. (2021). Integration of solar energy in industrial systems for energy efficiency. *Renewable Energy Journal*.
- Perry, R. H., & Green, D. W. (2008). *Perry's Chemical Engineers' Handbook (8th ed.)*. McGraw-Hill.
- Porter, M. E., & Linde, C. V. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118.
- programme, U. e. (2017). *2017 UN World Water Development Report, Wastewater: The Untapped Resource*. UN environment programme.
- Qasim, S. R. (1999). *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation, Second Edition*. New York: Routledge.
- Roselli, C., & Sasso, M. (2020). *Geothermal Energy Utilization and Technologies 2020*. MDPI.
- Salt, D. E. (1998). Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology*, 49, 643–668.
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. (2003). *Chemistry for Environmental and Engineering Science. 5th Edition*. New York: McGraw Hill Inc.
- Shannon, M. A., Bohn, P. W., Elimelech, M., Georgiadis, J. G., Mariñas, B. J., & Mayes, A. M. (2008). Science and technology for water purification in the coming decades. *Nature*, 452, 301-310.
- Singh, S. N. (2011). *ELECTRIC POWER GENERATION: TRANSMISSION AND DISTRIBUTION, Second Edition*. New Delhi: PHI.
- Smith, J. M., Ness, H. C., & Abbott, M. M. (2017). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics. 8th ed.* McGraw-Hill.
- Smith, R. (2005). *Chemical Process: Design and Integration*. John Wiley & Sons.
- Sovacool, B. K., & Hirsh, R. F. (2009). Beyond batteries: An examination of the benefits and barriers to plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and a vehicle-to-grid (V2G) transition. *Energy Policy*, 37(3), 1095-1103.
- Spellman, F. R. (2008). *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations, 2nd Edition*. Boca Raton: CRC Press.

- Sroufe, R. (2003). Effects of Environmental Management Systems on Environmental Management Practices and Operations. *Production and Operations Management*, 12(3), 416–431.
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. ASQ Quality Press.
- Stoecker, W. F., & Jones, J. W. (1982). *Refrigeration and Air Conditioning*, 3rd ed. McGraw-Hill.
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World*. New York: Penguin.
- Taylor, C. F. (1985). *The Internal-Combustion Engine in Theory and Practice, Vol. 2: Combustion, Fuels, Materials, Design*, 2nd Revised ed. The MIT Press.
- Tsang, A. H. (2002). Strategic Dimensions of Maintenance Management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(1), 7-39.
- Veefkind, J. P., Aben, I., McMullan, K., Förster, H., Vries, J. d., Otter, G., . . . Haan, J. F. (2012). TROPOMI on the ESA Sentinel-5 Precursor: A GMES mission for global observations of the atmospheric composition for climate, air quality and ozone layer applications. *Remote Sensing of Environment*, 120, 70-83.
- Vidali, M. (2001). Bioremediation. An Overview. *Pure and Applied Chemistry*, 73(7), 1163–1172.
- Wang, L. (2014). Anaerobic Digestion of Organic Wastes. In *Sustainable Bioenergy Production* (pp. 1989–2001). CRC Press.
- Wang, W., Yang, H., Zhang, Y., & Xu, J. (2017). IoT-enabled real-time energy efficiency optimisation method for energy-intensive manufacturing enterprises. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 1-18.
- WHO. (2002). *Guidelines for drinking-water quality, second edition*. Geneva: World Health Organization.
- Yaws, C. L. (2009). *Transport Properties of Chemicals and Hydrocarbons*, 1st Edition. Elsevier.
- Zouboulis, A., Traskas, G., & Samaras, P. (2007). Comparison of single and dual media filtration in a full-scale drinking water treatment plant. *Desalination* 213(1-3), 334-342.

PROFIL PENULIS

Didiek Hari Nugroho



Lahir di Maumere, 30 Oktober 1980, adalah alumni Sarjana Teknik Kimia Universitas Indonesia dan Magister Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala. Selain itu juga merupakan alumni pada Program *Drilling, Production and Liquidified Natural Gas Applied Competencies* di Southern Alberta Institute of Technology (SAIT), Canada; Program IVLP di Wright State University (WSU), U.S.A; dan Program Wastewater Treatment di Environment Protection Training and Research Institute (EPTRI), India. Saat ini penulis berprofesi sebagai dosen di Program Studi D4 Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya.

Penulis pernah menjabat sebagai Wakil Direktur Bidang Akademik dan Kemahasiswaan (2012–2014), dan Wakil Direktur Bidang Kerjasama (2015–2017) di Politeknik Aceh. Sekarang, penulis aktif mengajar di Program Studi D4 Teknologi Kimia Industri, salah satunya mata kuliah Utilitas & Praktikum Utilitas. Selain mengajar, penulis juga aktif melakukan penelitian di bidang teknologi proses kimia dan pengolahan limbah industri. Beberapa penelitian yang telah dilaksanakan oleh penulis dibiayai oleh DRPM Kemdikbudristek dan hasil penelitiannya juga diterbitkan di beberapa jurnal ilmiah nasional maupun internasional, buku, dan HKI/paten. Penulis sering juga diundang baik sebagai pembicara maupun konsultan yang merupakan bagian dalam melaksanakan kegiatan Pengabdian kepada masyarakat.

Sofiah



Lahir di Kayuagung, 27 Juni 1962, adalah alumni Sarjana Teknik Kimia Universitas Sriwijaya (1981–1987), dan Magister Teknik Kimia Universitas Sriwijaya (2008–2010). Penulis aktif melakukan penelitian-penelitian bersama Mahasiswa sebagai dosen pembimbing serta hasil penelitian tersebut dibiayai oleh DRPM Kemedikbudristek dan telah di publikasikan pada Jurnal Internasional FIRST Politeknik Negeri Sriwijaya, serta dicatatkan dalam Hak kekayaan Intelektual (HKI). Saat ini Aktip Mengajar Pada Politeknik Negeri Sriwijaya Program D.III Teknik Kimia, Program D4 Teknik Kimia Industri Mata kuliah Teori dan Praktikum Sistem Utilitas serta Mengajar Utilitas di Program D4 Teknik Energi.

Yuniar



Dilahirkan di Palembang pada tanggal 21 Juni 1973. Pendidikan SD sampai SMA di tempuh di kota Palembang. Pada tahun 1991 setelah lulus dari jenjang SMA melanjutkan pendidikan pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya dan meraih gelar Sarjana Teknik pada tahun 1997. Penulis melanjutkan pendidikan S2 Rekayasa Proses Pangan di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2006. Setelah menyelesaikan S2, penulis melanjutkan kembali sebagai dosen. Di tahun 2019, penulis melanjutkan studi S3 Ilmu Teknik di Universitas Sriwijaya. Sampai sekarang, penulis aktif mengajar di Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Sriwijaya, salah satunya mata kuliah Utilitas & Praktikum Utilitas. Selain mengajar, penulis juga aktif melakukan penelitian di bidang fotokatalis untuk pengolahan limbah industri.

Akbar Ismi Aziz Pramito



Lahir di Palembang, 05 Mei 1993, adalah alumni Sarjana dan Magister Teknik Kimia Universitas Sriwijaya. Selain itu juga pernah bekerja di bagian water treatment di perusahaan kertas dibawah Sinarmas Group. Saat ini penulis berprofesi sebagai dosen di Program Studi D4 Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya. Sekarang, penulis aktif mengajar di Program Studi D4 Teknologi Kimia Industri, salah satunya mata kuliah Utilitas & Praktikum Utilitas. Selain mengajar, penulis juga aktif melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat di bidang teknologi proses kimia dan hasil penelitiannya juga diterbitkan di beberapa jurnal ilmiah Nasional.

SISTEM UTILITAS

Sistem utilitas adalah infrastruktur yang mengelola dan mendistribusikan sumber daya penting, seperti listrik, air, gas, dan telekomunikasi, yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Sistem ini bertujuan untuk memastikan pasokan sumber daya yang cukup, andal, dan efisien, mendukung kegiatan sosial, ekonomi, dan industri. Pengelolaan yang tepat pada sistem utilitas berkontribusi pada keberlanjutan dan kesejahteraan masyarakat.

Dalam operasionalnya, sistem utilitas melibatkan berbagai elemen, termasuk pemanfaatan teknologi canggih untuk memonitor dan mengendalikan distribusi sumber daya. Sistem ini memanfaatkan sensor pintar, perangkat IoT (Internet of Things), dan platform berbasis cloud untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi. Infrastruktur yang baik memungkinkan pemantauan real-time, perbaikan otomatis, dan respons cepat terhadap gangguan atau masalah.

Selain itu, sistem utilitas juga berfokus pada keberlanjutan dengan mengintegrasikan energi terbarukan dan mengurangi dampak lingkungan. Misalnya, sistem listrik dapat mengoptimalkan penggunaan energi matahari atau angin untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Pengelolaan limbah yang efisien juga menjadi bagian penting dari sistem utilitas modern, di mana pengolahan dan daur ulang limbah dilakukan untuk meminimalkan polusi.

Keamanan dan keandalan adalah faktor utama dalam sistem utilitas, karena gangguan pasokan dapat mengganggu kehidupan masyarakat. Oleh karena itu, pemeliharaan rutin, teknologi deteksi dini, dan manajemen risiko sangat diperlukan untuk memastikan keberlangsungan operasional. Secara keseluruhan, sistem utilitas berperan krusial dalam menjaga kualitas hidup masyarakat dan mendukung pembangunan yang berkelanjutan.

