

DUMMY

BAB

22

**Teknik Dan Strategi
Optimalisasi Sistem Termal
Dan Energi**

BAB 22

TEKNIK DAN STRATEGI OPTIMALISASI SISTEM TERMAL DAN ENERGI



Gambar 22. 1 Ilustrasi Bab 22 ([google.com/imghp](https://www.google.com/imghp))

22.1. Pentingnya Optimalisasi

Dalam era yang semakin menuntut efisiensi energi dan keberlanjutan, pengembangan dan optimalisasi sistem termal menjadi faktor krusial dalam mencapai tujuan tersebut. Sistem termal memainkan peran penting dalam berbagai sektor industri, mulai dari pembangkit listrik hingga manufaktur, dan bahkan pemanasan bangunan. Efisiensi energi dan kinerja yang lebih baik dalam sistem termal memiliki dampak positif yang signifikan pada lingkungan, ekonomi, dan masyarakat secara keseluruhan.

Optimalisasi sistem termal merupakan kunci utama dalam mengurangi konsumsi energi yang tidak efisien. Sistem termal yang tidak dioptimalkan sering kali menghasilkan kerugian energi yang

signifikan melalui kehilangan panas berlebihan, gesekan, atau pemborosan lainnya. Dengan merancang dan mengoperasikan sistem termal secara optimal, insinyur dapat mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Sistem termal yang dioptimalkan juga berdampak langsung pada peningkatan kinerja dan produktivitas dalam berbagai industri. Efisiensi yang lebih tinggi berarti bahwa jumlah energi yang dibutuhkan untuk mencapai *output* yang sama dapat dikurangi. Ini dapat mengarah pada produktivitas yang lebih baik, penghematan biaya operasional, dan peningkatan daya saing. Dengan mengoptimalkan sistem termal, biaya operasional dapat dikurangi secara signifikan. Konsumsi energi yang lebih rendah berarti biaya bahan bakar dan listrik dapat ditekan, menghasilkan penghematan finansial yang penting bagi bisnis dan industri.

Dalam menghadapi peningkatan permintaan energi global dan keterbatasan sumber daya alam, optimalisasi sistem termal menjadi langkah kritis untuk memastikan pasokan energi yang berkelanjutan dan andal. Dengan efisiensi yang lebih tinggi, akan dapat memaksimalkan penggunaan sumber daya yang ada dan menghadapi tantangan energi masa depan dengan lebih baik. Efisiensi energi yang lebih tinggi dalam sistem termal dapat membantu mengurangi polusi udara dan dampak negatif lainnya pada lingkungan. Ini pada akhirnya berdampak positif pada kualitas udara yang dihirup dan kualitas hidup masyarakat secara keseluruhan.

Optimalisasi sistem termal juga berperan dalam mencapai tujuan keberlanjutan yang ditetapkan oleh berbagai regulasi pemerintah dan lembaga internasional. Dengan mematuhi standar efisiensi dan emisi yang lebih ketat, akan dapat menjaga reputasi bisnis dan mendukung upaya global untuk mengurangi dampak lingkungan. Pengembangan teknologi dan inovasi dalam optimalisasi sistem termal juga dapat membuka peluang baru dalam penggunaan sumber energi terbarukan, seperti tenaga surya, angin, biomassa, dan lainnya. Inovasi ini tidak hanya berdampak pada efisiensi, tetapi juga

pada diversifikasi sumber energi dan pemenuhan kebutuhan energi yang berkelanjutan. Dalam rangka mencapai efisiensi energi yang lebih baik dan kinerja yang lebih tinggi, optimalisasi sistem termal merupakan langkah yang tidak dapat diabaikan. Dengan memaksimalkan pemanfaatan energi, mengurangi kerugian, dan mengadopsi teknologi terkini, insinyur dapat menciptakan sistem termal yang berkontribusi secara positif pada tujuan keberlanjutan energi dan lingkungan global.

Konteks Keberlanjutan Energi dan Perlunya Penggunaan Sumber Energi yang Efisien dan Ramah Lingkungan

Dalam era modern yang diwarnai oleh perubahan iklim, ketergantungan pada sumber energi konvensional yang tidak terbarukan semakin menjadi perhatian utama. Konteks keberlanjutan energi menggambarkan kebutuhan mendesak untuk mengatasi tantangan energi global dan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh penggunaan sumber daya fosil. Penggunaan sumber energi yang efisien dan ramah lingkungan menjadi suatu keharusan guna mencapai tujuan keberlanjutan dan melindungi lingkungan alamiah manusia.

Sebagian besar sumber energi dunia masih berasal dari bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Namun, ekstraksi dan pembakaran sumber daya ini menghasilkan emisi gas rumah kaca yang menjadi penyebab utama perubahan iklim dan dampak lingkungan lainnya. Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan emisi polutan udara yang berkontribusi pada polusi udara, masalah kesehatan masyarakat, dan degradasi lingkungan. Pemanfaatan bahan bakar fosil juga menyebabkan kerusakan habitat, penurunan kualitas air, dan kerugian biodiversitas.

Keberlanjutan energi mencakup penggunaan sumber energi yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Hal ini mempertimbangkan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan dalam penggunaan sumber daya energi. Penggunaan sumber energi yang efisien adalah kunci dalam mencapai

keberlanjutan energi. Efisiensi berarti memaksimalkan *output* energi yang dihasilkan dari input yang digunakan. Dengan cara ini, manusia dapat meminimalkan pemborosan energi dan mengurangi dampak lingkungan negatif.

Energi terbarukan, seperti tenaga surya, angin, hidro, dan biomassa, merupakan alternatif penting untuk menggantikan sumber daya fosil. Sumber energi ini memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah dan dapat diperbaharui secara alami. Pemanfaatan sumber energi yang efisien dan ramah lingkungan dapat secara signifikan mengurangi emisi gas rumah kaca. Ini berkontribusi pada upaya global untuk mengurangi perubahan iklim dan memitigasi dampaknya. Beralih ke sumber energi yang berkelanjutan membantu diversifikasi pasokan energi suatu negara. Hal ini mengurangi kerentanan terhadap fluktuasi harga bahan bakar fosil dan meningkatkan ketahanan energi.

Mendorong pengembangan teknologi baru dalam bidang energi terbarukan dan efisiensi energi dapat menciptakan peluang ekonomi dan menciptakan lapangan kerja baru. Keberlanjutan energi adalah tanggung jawab bersama seluruh masyarakat, termasuk pemerintah, perusahaan, dan individu. Dengan berkolaborasi dalam pengembangan dan penerapan solusi yang efisien dan berkelanjutan, akan dapat mencapai transformasi energi yang positif. Dalam menyadari konteks keberlanjutan energi, penggunaan sumber energi yang efisien dan ramah lingkungan menjadi prinsip fundamental untuk memastikan ketersediaan energi yang berkelanjutan bagi generasi masa depan. Dengan mengintegrasikan pendekatan efisiensi energi dan pemanfaatan sumber energi terbarukan, insinyur dapat menjaga keseimbangan antara kebutuhan energi manusia dan kesehatan lingkungan alamiah.

22.2. Analisis Kinerja Awal

Mengidentifikasi dan mengukur kinerja awal sistem termal merupakan langkah penting dalam perancangan, pengembangan, dan evaluasi sistem tersebut. Dengan memahami kinerja awal, akan dapat mengevaluasi efisiensi dan performa sistem, mendeteksi potensi

DUMMY

BAB

23

**Perawatan Dan
Pemeliharaan Sistem Termal
Dan Energi**

BAB 23

PERAWATAN DAN PEMELIHARAAN SISTEM TERMAL DAN ENERGI



Gambar 23. 1 Ilustrasi Bab 23 ([google.com/imghp](https://www.google.com/imghp))

23.1. Urgensi Perawatan dan Pemeliharaan

Perawatan dan pemeliharaan sistem termal memainkan peran krusial dalam menjaga kinerja yang optimal, keamanan operasi, dan umur panjang sistem. Dengan memahami pentingnya aspek ini, organisasi dan perusahaan dapat menghindari risiko kegagalan sistem, mengoptimalkan efisiensi energi, dan mendukung tujuan keberlanjutan. Berikut adalah poin-poin penting yang perlu dipahami mengenai pentingnya perawatan dan pemeliharaan sistem termal:

- a) Kinerja Optimal: Kinerja optimal mencakup efisiensi termal yang tinggi, produktivitas yang konsisten, dan hasil akhir yang sesuai dengan harapan. Perawatan rutin termasuk pembersihan,

inspeksi, dan penyetelan komponen penting membantu mencegah penurunan efisiensi akibat keausan dan kerusakan. Sistem yang terpelihara dengan baik akan menjaga performa yang diharapkan dan menghindari potensi *downtime* yang merugikan.

- b) Keamanan Operasi: Keamanan operasi mencakup perlindungan terhadap kecelakaan, kebakaran, dan risiko lain yang mungkin terkait dengan operasi sistem termal. Perawatan yang tepat melibatkan pemeriksaan sistem pengaman, sensor suhu, tekanan, dan alat pemutus otomatis. Hal ini membantu mengurangi potensi risiko kecelakaan atau kerusakan yang dapat membahayakan operator dan lingkungan sekitar.
- c) Umur Panjang Sistem: Umur panjang sistem mengacu pada berapa lama sistem termal dapat beroperasi dengan efisiensi dan kinerja yang baik. Perawatan yang berkala dan tepat dapat memperpanjang umur panjang komponen sistem termal. Menghindari penurunan efisiensi karena keausan berlebihan membantu menghemat biaya penggantian komponen dan meningkatkan masa pakai keseluruhan sistem.
- d) Efisiensi Energi: Efisiensi energi adalah rasio *output* energi yang dihasilkan oleh sistem termal dibandingkan dengan input energi yang diberikan. Perawatan dan pemeliharaan membantu memastikan semua komponen bekerja dengan efisiensi tertinggi. Keausan dan kotoran dapat mengurangi efisiensi, sehingga perawatan yang baik membantu meminimalkan pemborosan energi.
- e) Biaya Operasional: Biaya operasional mencakup biaya perawatan rutin, pemeliharaan, dan perbaikan sistem. Meskipun perawatan rutin mungkin memerlukan biaya awal, biaya ini jauh lebih rendah daripada biaya perbaikan besar akibat kegagalan sistem. Perawatan yang teratur membantu mengurangi biaya jangka panjang dan meningkatkan keuntungan.
- f) Kepatuhan Regulasi: Kepatuhan regulasi mencakup pemenuhan standar keselamatan dan lingkungan yang ditetapkan oleh otoritas regulasi. Perawatan dan pemeliharaan sistem termal

sesuai dengan pedoman dan regulasi yang berlaku membantu memastikan kepatuhan dan menghindari potensi sanksi atau masalah hukum.

Perawatan dan pemeliharaan sistem termal memiliki dampak signifikan terhadap kinerja yang optimal, keamanan operasi, umur panjang sistem, efisiensi energi, biaya operasional, dan kepatuhan regulasi. Investasi dalam perawatan yang tepat waktu dan berkala membantu menjaga sistem tetap beroperasi dalam kondisi optimal, mendukung tujuan keberlanjutan, dan menghindari risiko potensial yang dapat merugikan perusahaan atau organisasi.

Klasifikasi Jenis Perawatan

Perawatan (*maintenance*) dapat dibagi menjadi enam jenis perawatan, seperti yang diilustrasikan oleh gambar 23.2, dengan pembahasan untuk setiap jenis perawatannya adalah sebagai berikut.

- a. Perawatan Preventif: Ini adalah jenis perawatan yang dilakukan secara teratur pada suatu peralatan atau sistem dengan tujuan mencegah kegagalan atau kerusakan di masa depan. Perawatan preventif melibatkan pemeriksaan, pemeliharaan, atau penggantian komponen yang terjadwal sesuai dengan jadwal tertentu. Contohnya adalah penggantian suku cadang kendaraan setiap 5.000 kilometer atau pemeriksaan rutin mesin industri setiap bulan. Ini membantu mencegah masalah yang dapat timbul dan mempertahankan kinerja optimal.
- b. Perawatan prediktif Maintenance: Jenis perawatan ini melibatkan pemantauan dan analisis terus-menerus terhadap kondisi peralatan atau sistem menggunakan sensor dan teknologi berbasis data. Data yang diperoleh digunakan untuk memprediksi kapan peralatan tersebut akan mengalami kegagalan atau perlu perawatan. Dengan informasi ini, perawatan dapat dijadwalkan secara tepat waktu untuk menghindari gangguan produksi atau kerusakan yang tidak terduga.
- c. Perawatan Berkala: Jenis perawatan ini melibatkan tindakan-tindakan pemeliharaan yang dilakukan secara berkala sesuai dengan jadwal tertentu. Ini termasuk pemeriksaan rutin,

pelumasan, dan penggantian komponen yang memang memiliki batas umur terbatas. Contohnya adalah pemeriksaan bulanan peralatan listrik atau pembersihan filter udara pada kendaraan setiap 3.000 kilometer.

- d. Perawatan korektif: Ini adalah jenis perawatan yang dilakukan sebagai tanggapan terhadap kerusakan atau kegagalan yang tidak terduga. Tujuan utamanya adalah memperbaiki peralatan secepat mungkin setelah terjadi masalah. Tindakan ini dilakukan untuk mengembalikan peralatan ke kondisi operasional semula. Contoh termasuk perbaikan mesin yang rusak atau penggantian komponen yang telah gagal.
- e. Perawatan *breakdown*: Perawatan ini dilakukan ketika peralatan mengalami kegagalan atau kerusakan, dan perbaikan dilakukan setelah terjadi gangguan operasional. Ini adalah bentuk perawatan reaktif di mana fokus utamanya adalah mengembalikan peralatan ke kondisi operasional secepat mungkin. Ini sering kali mahal karena dapat menyebabkan gangguan produksi dan kerugian waktu.
- f. Perawatan *design-out*: Jenis perawatan ini melibatkan perubahan desain sistem atau peralatan untuk mengurangi atau menghilangkan kebutuhan perawatan. Fokusnya adalah memperbaiki desain sehingga peralatan lebih handal dan memerlukan sedikit perawatan. Ini termasuk perubahan desain komponen, material yang digunakan, atau proses produksi untuk meningkatkan keandalan system.

Pemilihan jenis perawatan yang tepat tergantung pada berbagai faktor, termasuk jenis peralatan, tujuan perawatan, dan anggaran yang tersedia. Kombinasi perawatan preventif, prediktif, periodik, dan korektif sering kali digunakan dalam strategi perawatan yang komprehensif untuk memastikan kehandalan dan kinerja optimal dari peralatan dan sistem. Design-out Maintenance juga menjadi pendekatan yang semakin penting untuk mengurangi biaya perawatan jangka panjang dengan memperbaiki desain aset.

DUMMY

BAB

24

**K3LH Pada Sistem Termal
Dan Energi**

BAB 24

K3LH PADA SISTEM TERMAL DAN ENERGI



Gambar 24. 1 Ilustrasi Bab 24 ([google.com/imghp](https://www.google.com/imghp))

24.1. Pengantar K3LH

Pembahasan tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH) adalah suatu hal yang tidak bisa diabaikan dalam konteks apapun, terutama dalam industri yang melibatkan sistem termal dan energi. K3LH merupakan pendekatan komprehensif yang memprioritaskan kesehatan dan keselamatan manusia serta menjaga keseimbangan lingkungan dalam semua kegiatan operasional. Dalam industri sistem termal dan energi, aspek K3LH menjadi kunci untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, menjaga kelestarian lingkungan, dan meminimalisir risiko bagi pekerja serta masyarakat.

Aspek kesehatan dan keselamatan mengacu pada perlindungan terhadap kesehatan dan integritas fisik pekerja yang

terlibat dalam operasi sistem termal dan energi. Pada dasarnya, tujuan utamanya adalah untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja, cedera, atau dampak negatif terhadap kesehatan pekerja. Dalam hal ini, penerapan prosedur keselamatan yang tepat dan pemenuhan standar keselamatan industri sangat penting.

Penggunaan peralatan pelindung diri atau *Personal Protective Equipment (PPE)*, pelatihan kerja yang terus-menerus, pengawasan tindakan pekerjaan, serta identifikasi dan pengendalian risiko kerja adalah beberapa aspek kunci dalam mengimplementasikan K3LH dalam sistem termal dan energi. Misalnya, dalam operasi mesin termal, pekerja yang terlibat harus dilengkapi dengan PPE seperti helm, pelindung mata, dan pakaian kerja yang sesuai untuk menghindari cedera fisik atau paparan bahan berbahaya.

Aspek lingkungan dalam K3LH berfokus pada pengelolaan dampak lingkungan yang dihasilkan oleh kegiatan operasional sistem termal dan energi. Penggunaan sumber daya alam, emisi gas rumah kaca, dan dampak pada ekosistem lokal adalah pertimbangan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Kegiatan seperti pembakaran bahan bakar fosil dalam pembangkit listrik, misalnya, dapat menghasilkan emisi yang berkontribusi terhadap perubahan iklim global.

Dalam kerangka ini, regulasi lingkungan dan praktik berkelanjutan menjadi kunci. Penerapan teknologi pengendalian polusi, pengurangan limbah, dan transisi ke sumber daya terbarukan adalah bagian integral dari upaya untuk menjaga dampak lingkungan sekecil mungkin. Kebijakan dan manajemen K3LH di industri sistem termal dan energi harus menjadi prioritas utama. Ini melibatkan pengembangan kebijakan yang jelas, pelibatan aktif manajemen dalam penerapan K3LH, serta pemantauan dan evaluasi rutin terhadap kepatuhan terhadap standar dan regulasi. Pelatihan bagi semua personel, dari operator hingga manajemen, tentang praktik K3LH yang baik juga sangat penting. Sebagai contoh, personel harus dilatih untuk mengatasi situasi darurat seperti kebocoran bahan berbahaya atau gangguan operasi yang bisa mengakibatkan cedera atau dampak lingkungan.

K3LH dalam konteks sistem termal dan energi melibatkan berbagai aspek yang berfokus pada kesehatan dan keselamatan pekerja, perlindungan lingkungan, dan kepatuhan terhadap regulasi dan standar. Dengan menerapkan prinsip-prinsip K3LH, industri ini dapat beroperasi dengan lebih efisien, aman, dan bertanggung jawab terhadap masyarakat dan lingkungan. Skema penerapan sistem K3LH dapat divisualisasikan pada gambar 24.2.



Gambar 24. 2 Skema Penerapan Sistem K3LH

Peran K3LH dalam Fasilitas Sistem Termal dan Energi

Pembahasan tentang peran K3LH dalam fasilitas sistem termal dan energi sangatlah penting karena industri ini melibatkan operasi yang melibatkan risiko tinggi terhadap kesehatan pekerja, keselamatan kerja, dan dampak lingkungan. Dalam konteks fasilitas sistem termal dan energi, implementasi K3LH bukan hanya sekadar tanggung jawab etika, tetapi juga menjadi kunci untuk menjaga kelangsungan operasional yang aman dan berkelanjutan.

Dalam fasilitas sistem termal dan energi, risiko cedera dan paparan bahaya fisik sangat tinggi. Operator yang terlibat dalam operasi boiler, turbin, dan peralatan berat lainnya berada dalam risiko terhadap kecelakaan serius jika tidak mengikuti prosedur keselamatan yang ketat. Oleh karena itu, implementasi K3LH dalam aspek ini sangat penting. Penerapan peralatan pelindung diri (PPE) seperti helm, pelindung mata, sarung tangan, serta pelatihan khusus mengenai prosedur operasional dan tanggapan darurat adalah bagian dari peran K3LH dalam melindungi kesehatan dan keselamatan pekerja. Kegiatan pencegahan seperti inspeksi rutin peralatan, pengawasan tindakan operasional, dan simulasi darurat juga merupakan bagian dari pendekatan K3LH untuk memastikan lingkungan kerja yang aman.

Fasilitas sistem termal dan energi dapat menghasilkan dampak lingkungan yang signifikan, seperti emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara dan air. Peran K3LH dalam hal ini adalah untuk memastikan bahwa operasi dilakukan dengan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Implementasi teknologi pengendalian emisi, pengelolaan limbah, dan adopsi sumber energi terbarukan adalah bagian dari peran K3LH dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Pengawasan dan pemantauan konstan terhadap emisi dan dampak lingkungan juga diperlukan untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan yang berlaku.

Peran K3LH dalam fasilitas sistem termal dan energi juga mencakup pengembangan kebijakan dan budaya keselamatan yang kuat. Kebijakan K3LH yang baik harus mencakup panduan operasional, prosedur darurat, dan tanggapan terhadap situasi yang memerlukan evakuasi atau tindakan cepat. Kebijakan ini harus diterapkan dari level manajemen hingga operator lapangan. Budaya keselamatan yang kuat juga harus ditanamkan dalam seluruh organisasi. Ini termasuk promosi praktik berbahaya dan penghargaan atas kepatuhan terhadap prosedur keselamatan. Budaya ini akan mendorong setiap individu untuk berkontribusi dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman dan bertanggung jawab.

DUMMY

BAB

25

**Pendayagunaan EBT Dalam
Sistem Termal Dan Energi**

BAB 25

PENDAYAGUNAAN EBT DALAM SISTEM TERMAL DAN ENERGI



Gambar 25. 1 Ilustrasi Bab 25 ([google.com/imghp](https://www.google.com/imghp))

25.1. Tentang Energi Baru Terbarukan (EBT)

Energi Baru Terbarukan (EBT) merujuk pada sumber daya energi alami yang terbarukan dan tidak terbatas, seperti sinar matahari, angin, air, panas bumi, biomassa, dan gelombang laut. Penerapan EBT telah menjadi fokus utama dalam upaya global untuk mengurangi dampak negatif perubahan iklim dan mengatasi keterbatasan sumber energi fosil. Dalam konteks sistem termal, penggunaan EBT memiliki peran yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi, mengurangi emisi, dan memperkuat keberlanjutan energi. Penggunaan EBT dalam sistem termal mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, yang merupakan sumber utama emisi gas rumah kaca. Ini berdampak langsung pada

penurunan emisi karbon dioksida (CO₂) dan kontribusi dalam upaya global untuk mengatasi perubahan iklim.

EBT, seperti tenaga surya dan angin, biasanya dapat diubah langsung menjadi energi listrik, yang dapat lebih efisien dan berkelanjutan daripada konversi termal bahan bakar fosil. Ini dapat menghasilkan konversi energi yang lebih efisien dan mengurangi kerugian panas selama proses konversi. Penerapan EBT dalam sistem termal membantu diversifikasi portofolio energi dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi tertentu. Ini dapat meningkatkan ketahanan energi dan mengurangi kerentanan terhadap fluktuasi harga bahan bakar fosil. Sumber energi terbarukan sering memiliki biaya operasional yang lebih rendah dan bahkan bisa berkontribusi dalam mengurangi biaya jangka panjang. Meskipun biaya investasi awal bisa lebih tinggi, biaya operasional yang rendah dan potensi peningkatan efisiensi dapat membuatnya lebih ekonomis dalam jangka panjang.

EBT sering kali dapat diakses dan dimanfaatkan secara lokal, seperti panel surya di atap rumah atau turbin angin di daerah terbuka. Ini memungkinkan pemberdayaan masyarakat lokal, pengurangan ketergantungan pada impor energi, dan penciptaan lapangan kerja lokal. Ia dapat memberikan pasokan energi yang lebih stabil dan berkelanjutan dalam jangka panjang. Ini berbeda dari pasokan energi fosil yang dapat terganggu oleh fluktuasi harga dan ketergantungan pada sumber daya yang terbatas. Penerapan EBT mendorong pengembangan teknologi dan inovasi baru dalam konversi energi dan penyimpanan energi, yang dapat memberikan dampak positif dalam perkembangan sistem termal yang lebih canggih dan efisien.

Negara-negara dan perusahaan yang aktif dalam pengembangan dan penerapan EBT mendapatkan posisi yang lebih kuat dalam pasar energi global yang berubah menuju keberlanjutan. Penerapan EBT dalam sistem termal tidak hanya membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan perubahan iklim, tetapi juga memungkinkan penciptaan sistem energi yang lebih efisien, andal, dan berkelanjutan. Dengan mengintegrasikan sumber

energi terbarukan dalam perancangan dan operasi sistem termal, dapat membuat manusia bergerak menuju masa depan energi yang lebih bersih dan berkelanjutan.



Gambar 25. 2 Aneka Macam Sumber Daya EBT

Energi Baru Terbarukan (EBT) merupakan solusi utama dalam transformasi menuju sistem energi berkelanjutan. Aneka macam sumber daya EBT ditunjukkan oleh gambar 25.2. Berikut ini adalah tinjauan mendalam tentang beberapa sumber daya EBT yang umum digunakan:

- a) Tenaga surya adalah energi yang dihasilkan dari radiasi matahari. Panel surya mengubah sinar matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik. Sumber energi ini sangat melimpah dan dapat ditemukan di seluruh dunia. Keuntungan utamanya adalah tidak menghasilkan emisi dan dapat diterapkan di berbagai skala, dari panel surya di atap rumah hingga pembangkit tenaga surya besar.
- b) Energi angin dihasilkan oleh gerakan angin yang menggerakkan turbin angin. Turbin tersebut mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik. Energi angin juga merupakan sumber energi yang melimpah dan dapat digunakan di darat maupun di laut.
- c) Biomassa mengacu pada bahan organik, seperti limbah pertanian, kayu, limbah makanan, dan limbah organik lainnya. Biomassa dapat diolah menjadi bioenergi dalam bentuk bioetanol, biogas, dan bahan bakar padat. Penggunaan biomassa membantu

mengurangi limbah organik, menghasilkan energi berkelanjutan, dan berpotensi menjadi alternatif bagi bahan bakar fosil.

- d) Energi geotermal dihasilkan oleh panas dari dalam bumi. Sumber ini digunakan untuk pemanasan dan pembangkit listrik. Energi geotermal memiliki dampak lingkungan yang rendah dan dapat memberikan pasokan energi yang stabil sepanjang tahun.
- e) Energi Air Laut (*Ocean Energy*): Energi air laut melibatkan eksploitasi energi kinetik dan potensial laut, seperti gelombang laut, arus laut, dan perbedaan suhu antara lapisan air. Teknologi energi air laut masih dalam pengembangan, tetapi memiliki potensi besar sebagai sumber energi bersih dan berkelanjutan.
- f) Hidrogen (*Hydrogen Energy*): Hidrogen dapat dihasilkan melalui proses elektrolisis air atau dari biomassa. Ini adalah bahan bakar bersih yang dapat digunakan dalam sel bahan bakar untuk menghasilkan listrik. Namun, produksi dan penyimpanan hidrogen masih menjadi tantangan teknologi.
- g) Energi Ombak (*Wave Energy*): Energi ombak dihasilkan oleh gerakan ombak di laut. Teknologi ini mengkonversi energi gerakan ombak menjadi energi mekanik yang kemudian diubah menjadi energi listrik. Potensinya besar di daerah pantai yang memiliki ombak kuat.

Penerapan sumber-sumber EBT ini telah membuktikan kontribusinya dalam menciptakan sistem energi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Pengembangan teknologi dan investasi dalam EBT menjadi kunci untuk mencapai transisi menuju masa depan energi yang lebih bersih dan berkelanjutan.

Tujuan Integrasi Energi Baru Terbarukan (EBT) dalam Sistem Termal untuk Mencapai Efisiensi dan Keberlanjutan

Integrasi Energi Baru Terbarukan (EBT) dalam sistem termal memiliki tujuan utama untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi dan keberlanjutan dalam produksi dan penggunaan energi. Berikut ini adalah penjelasan mendalam tentang tujuan integrasi EBT dalam sistem termal. Salah satu tujuan utama dari integrasi EBT dalam sistem termal adalah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan

DUMMY

BAB

26

**Inovasi Terkini Dalam
Teknologi Sistem Termal Dan
Energi**

BAB 26

INOVASI TERKINI DALAM TEKNOLOGI SISTEM TERMAL DAN ENERGI



Gambar 26. 1 Ilustrasi Bab 26 (google.com/imghp)

26.1. Selayang Pandang Inovasi Teknologi

Inovasi memainkan peran kunci dalam mengembangkan sistem termal yang lebih efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim, depleksi sumber daya alam, dan kebutuhan energi yang terus meningkat, inovasi menjadi landasan untuk mencapai tujuan keberlanjutan dalam sektor energi termal. Berikut adalah beberapa aspek yang menyoroti pentingnya inovasi dalam pengembangan sistem termal yang lebih baik.

Inovasi memungkinkan pengembangan teknologi dan teknik baru yang mengarah pada efisiensi energi yang lebih tinggi.

Penggunaan bahan isolasi yang lebih baik, perancangan ulang komponen, dan pengoptimalan siklus operasi adalah contoh inovasi yang dapat mengurangi konsumsi energi dalam sistem termal. Inovasi memungkinkan integrasi yang lebih baik antara sistem termal dan sumber energi terbarukan seperti energi surya, angin, atau biomassa. Pengembangan teknologi penyimpanan energi yang inovatif juga dapat memaksimalkan pemanfaatan sumber energi terbarukan. Inovasi memungkinkan pengembangan teknologi baru yang lebih ramah lingkungan, seperti penggunaan fluida kerja yang lebih aman dan tidak merusak lapisan ozon dalam siklus Rankine atau pengembangan sistem yang mengurangi emisi gas rumah kaca.

Inovasi dalam sensor, pemantauan, dan analisis data memungkinkan sistem termal untuk mengidentifikasi gangguan atau penurunan kinerja sejak dini. Hal ini memungkinkan perbaikan yang tepat waktu dan mengurangi risiko kerusakan yang lebih serius. Inovasi dalam kendali dan otomasi memungkinkan sistem termal untuk beradaptasi secara dinamis terhadap perubahan kondisi operasional. Sistem kendali cerdas dapat mengoptimalkan penggunaan energi dan meminimalkan pemborosan. Inovasi dapat membantu mengurangi dampak lingkungan dari sistem termal, baik melalui penggunaan bahan ramah lingkungan, pengelolaan limbah yang lebih baik, atau pengurangan risiko kebocoran dan polusi.

Inovasi memungkinkan pengembangan sistem termal yang memiliki umur layanan yang lebih panjang dengan biaya perawatan dan pemeliharaan yang lebih rendah. Hal ini berkontribusi pada keberlanjutan jangka panjang dan mengurangi pemborosan sumber daya. Inovasi mendorong transisi dari sumber energi fosil menuju energi bersih dan terbarukan. Dengan mengembangkan solusi yang lebih efisien dan berkelanjutan, inovasi mendukung upaya global untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan mengatasi perubahan iklim. Inovasi adalah pendorong utama dalam pengembangan sistem termal yang lebih efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Dengan merangkul teknologi baru, pendekatan yang kreatif, dan kerja sama lintas disiplin, akan dapat mencapai tujuan keberlanjutan energi dan lingkungan yang semakin mendesak. Inovasi dalam sistem

termal bukan hanya tentang meningkatkan kinerja teknis, tetapi juga tentang menciptakan dampak positif yang berkelanjutan bagi masyarakat dan lingkungan.

Siklus Pengembangan Inovasi

Siklus Pengembangan Inovasi, seperti yang diberikan diagramnya oleh gambar 26.2, adalah proses berkelanjutan yang menggambarkan langkah-langkah yang umumnya diikuti dalam menghasilkan inovasi atau pengembangan produk, layanan, atau solusi baru. Berikut penjelasan lebih lanjut terkait siklus tersebut.



Gambar 26. 2 Siklus Pengembangan Inovasi

Pertama-tama yang dilakukan yaitu mengidentifikasi ide atau peluang baru ataupun masalah yang perlu dipecahkan. Hal ini dapat muncul dari berbagai sumber, seperti kebutuhan, permintaan pasar, perubahan teknologi, atau perubahan regulasi. Setelah masalah atau peluang diidentifikasi, langkah berikutnya adalah merencanakan bagaimana mengembangkan inovasi. Ini mencakup menetapkan tujuan, anggaran, sumber daya, dan jadwal. Kemudian, ide-ide awal dieksplorasi untuk merumuskan konsep dasar inovasi. Ini dapat melibatkan penelitian, perancangan awal, dan penilaian konsep.

Konsep yang telah dirumuskan kemudian dikembangkan menjadi prototipe atau model yang lebih lengkap. Prototipe ini

digunakan untuk pengujian lebih lanjut. Prototipe diuji dan dievaluasi secara ketat untuk memastikan bahwa inovasi bekerja dengan baik, memenuhi kebutuhan pengguna, dan sesuai dengan standar atau regulasi yang berlaku. Berdasarkan hasil uji coba dan evaluasi, prototipe diperbaiki dan disempurnakan jika diperlukan. Tujuannya adalah meningkatkan kinerja, keamanan, atau efisiensi inovasi. Inovasi yang telah diuji dan divalidasi siap untuk diimplementasikan dalam lingkungan nyata. Ini dapat berarti memasukkan produk baru ke pasar, mengintegrasikan solusi baru dalam operasi bisnis, atau menerapkan proses baru dalam organisasi. Setelah inovasi diimplementasikan, perlu terus dipantau dan ditingkatkan berdasarkan umpan balik dari pengguna dan hasil yang dicapai.

Siklus pengembangan inovasi sering kali berulang. Setelah inovasi diimplementasikan, perbaikan tambahan atau versi yang lebih canggih dapat dikembangkan dalam siklus berikutnya. Siklus pengembangan inovasi bisa menjadi alat yang sangat berguna untuk mengelola dan mengarahkan upaya pengembangan inovasi. Ini memungkinkan organisasi untuk tetap responsif terhadap perubahan pasar dan teknologi, serta memastikan bahwa inovasi organisasi itu memenuhi kebutuhan pelanggan dan tujuan bisnis.

Peran Inovasi dalam Mengatasi Tantangan dan Meningkatkan Kinerja Sistem Termal

Inovasi memiliki peran krusial dalam mengatasi tantangan yang kompleks dan terus berkembang dalam pengembangan dan operasi sistem termal. Dari peningkatan efisiensi hingga pengurangan dampak lingkungan, inovasi memberikan solusi yang diperlukan untuk menghadapi tantangan tersebut. Berikut adalah rincian tentang peran penting inovasi dalam meningkatkan kinerja sistem termal.

Inovasi memungkinkan perancangan dan pengembangan komponen yang lebih efisien dan lebih canggih. Teknologi baru, seperti material yang memiliki konduktivitas termal tinggi atau perangkat yang mengurangi hilangnya panas, dapat meningkatkan efisiensi konversi energi dalam siklus termal. Inovasi memungkinkan

DUMMY

BAB

27

**Masa Depan Rekayasa Sistem
Termal Dan Energi**

BAB 27

MASA DEPAN REKAYASA SISTEM TERMAL DAN ENERGI



Gambar 27. 1 Ilustrasi Bab 27 ([google.com/img/ghp](https://www.google.com/img/ghp))

27.1. Arah Pengembangan Sistem Termal dan Energi

Pengembangan rekayasa sistem termal dan energi ke depan memiliki peran krusial dalam menciptakan solusi energi yang lebih efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Dengan cepatnya perkembangan teknologi dan perubahan kebutuhan energi global, ada beberapa arah yang dapat diambil dalam pengembangan sistem termal untuk masa depan yang lebih baik.

Salah satu arah utama adalah mengintegrasikan sumber energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, dan geotermal dalam sistem termal. Penggunaan energi terbarukan dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Pengembangan material termal yang memiliki konduktivitas panas yang tinggi, tahan suhu ekstrem, dan ramah

lingkungan akan menjadi fokus utama. Material cerdas yang merespons perubahan suhu juga dapat membantu meningkatkan efisiensi termal. Pengembangan sensor yang lebih canggih dan sistem pemantauan *real-time* akan memungkinkan deteksi dini gangguan atau masalah dalam sistem termal. Ini akan membantu dalam mengambil tindakan preventif sebelum masalah menjadi lebih serius. Penerapan kecerdasan buatan (AI) dan analisis data akan membantu mengoptimalkan operasi sistem termal. Algoritma kendali cerdas berbasis AI dapat merespons perubahan kondisi dengan cepat dan efektif.

Inovasi dalam teknologi pemanfaatan panas buangan akan menjadi penting, terutama dalam industri dan pembangkit listrik. Proses konversi panas buangan menjadi energi tambahan dapat meningkatkan efisiensi sistem. Integrasi sistem termal dengan *smart grid* akan memungkinkan manajemen beban yang lebih efektif berdasarkan permintaan dan ketersediaan energi. Ini akan membantu dalam pengoptimalan konsumsi energi secara keseluruhan. Desain sistem termal yang lebih kompak, efisien, dan mudah dirawat akan menjadi perhatian penting. Ini dapat mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan jangka panjang. Fokus pada mengurangi jejak karbon akan menjadi faktor kunci dalam pengembangan sistem termal. Teknologi dengan emisi rendah atau nol karbon akan menjadi lebih diutamakan.

Pengembangan teknik perawatan dan pemeliharaan yang lebih cerdas, termasuk pemantauan kondisi dan prediksi gangguan, akan membantu memastikan kinerja optimal sistem termal. Pengembangan tenaga kerja yang terampil dan terlatih dalam bidang rekayasa sistem termal akan sangat penting. Pendidikan dan pelatihan yang tepat dapat membantu memahami dan mengimplementasikan teknologi baru dengan lebih baik. Pengembangan rekayasa sistem termal ke depan akan melibatkan berbagai aspek teknologi, inovasi, dan integrasi dengan sistem energi yang lebih luas. Dengan fokus pada integrasi energi terbarukan, pengembangan material, teknologi sensor, kecerdasan buatan, dan perawatan yang lebih cerdas, insinyur dapat menciptakan sistem

termal yang lebih efisien, berkelanjutan, dan mampu mengatasi tantangan energi dan lingkungan yang ada.

Tantangan dan Peluang dalam Mengantisipasi Kebutuhan Energi dan Lingkungan yang Semakin Kompleks dalam Pengembangan Rekayasa Sistem Termal

Pengembangan rekayasa sistem termal menghadapi tantangan dan peluang yang semakin kompleks seiring dengan kebutuhan energi yang meningkat dan kepedulian terhadap dampak lingkungan yang lebih besar. Dalam konteks ini, ada sejumlah tantangan dan peluang yang perlu dihadapi untuk mengantisipasi kebutuhan energi dan lingkungan yang semakin kompleks.

Ketergantungan pada sumber daya energi fosil semakin menimbulkan risiko terhadap pasokan energi dan meningkatnya emisi gas rumah kaca. Tantangan ini mendorong perlunya beralih ke sumber daya energi terbarukan. Sumber energi terbarukan seperti tenaga surya dan angin cenderung fluktuatif, yang memerlukan pengembangan teknologi penyimpanan energi dan manajemen beban yang lebih canggih. Integrasi sistem termal dengan jaringan energi yang lebih luas, seperti *smart grid*, memerlukan pengembangan algoritma kendali dan manajemen energi yang rumit untuk mengoptimalkan distribusi energi. Perubahan kebijakan energi dan regulasi lingkungan dapat berdampak signifikan pada pengembangan rekayasa sistem termal. Konsistensi dalam kebijakan sangat penting untuk memberikan arah yang jelas bagi pengembangan. Pengembangan teknologi termal yang lebih efisien dan berkelanjutan memerlukan akses terhadap bahan dan komponen yang sesuai, serta inovasi berkelanjutan dalam desain dan produksi.

Sumber energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, dan geotermal menawarkan peluang besar untuk menghasilkan energi bersih dan berkelanjutan dalam sistem termal. Peluang untuk mengintegrasikan sistem termal dengan sistem energi lainnya, seperti panas buangan atau pembangkit listrik, dapat meningkatkan efisiensi total dan meminimalkan limbah energi. Pengembangan teknologi pemantauan *real-time*, sensor canggih, dan sistem kendali otomatis

dapat membantu mengoptimalkan operasi sistem termal dan merespons perubahan dengan cepat. Pengembangan material termal baru dengan konduktivitas yang lebih tinggi dan daya tahan yang lebih baik dapat meningkatkan efisiensi termal dan umur panjang sistem.

Peningkatan pendidikan dan kesadaran tentang pentingnya efisiensi energi dan perlindungan lingkungan dapat mendorong adopsi teknologi termal yang lebih berkelanjutan. Peluang untuk berkolaborasi dengan berbagai pihak, termasuk lembaga penelitian, industri, dan pemerintah, dapat mempercepat pengembangan teknologi termal yang lebih canggih dan berkelanjutan. Dalam menghadapi tantangan dan memanfaatkan peluang ini, pengembangan rekayasa sistem termal harus memperhatikan keberlanjutan, efisiensi, dan dampak lingkungan secara holistik. Penerapan inovasi dan teknologi terbaru dapat menjadi kunci untuk menciptakan sistem termal yang berkontribusi pada tujuan energi dan lingkungan yang lebih berkelanjutan.

27.2. Konsep EBT dalam Sistem Termal dan Energi

Energi terbarukan memiliki potensi besar untuk mengubah cara sistem termal beroperasi, meningkatkan efisiensi, dan mengurangi dampak lingkungan. Integrasi yang lebih dalam dari energi terbarukan dalam sistem termal adalah langkah krusial menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Berikut adalah poin-poin kunci tentang bagaimana energi terbarukan akan terintegrasi lebih dalam dalam sistem termal:

- a) Sistem *co-generation* (*Combined Heat and Power, CHP*): Integrasi tenaga surya, angin, atau biomassa dengan sistem CHP memungkinkan produksi panas dan listrik secara bersamaan. Ini mengoptimalkan pemanfaatan sumber energi terbarukan dan mengurangi kehilangan energi.
- b) Penyimpanan Energi: Teknologi penyimpanan energi, seperti baterai dan *flywheel*, memungkinkan penyimpanan energi berlebih dari sumber energi terbarukan untuk digunakan saat dibutuhkan, termasuk selama puncak permintaan energi.

DUMMY

Kolaborasi Antar Sektor dalam Mengarahkan Masa Depan Rekayasa Sistem Termal

Pentingnya kolaborasi antara industri, akademisi, dan pemerintah dalam mengarahkan masa depan rekayasa sistem termal tidak dapat diabaikan. Keterlibatan semua pemangku kepentingan ini adalah kunci untuk menciptakan solusi inovatif, berkelanjutan, dan berdampak dalam mengatasi tantangan energi dan lingkungan. Berikut ini adalah paparan mengenai pentingnya kolaborasi ini:

- a) Kolaborasi antara industri, akademisi, dan pemerintah memungkinkan penggabungan keahlian, penelitian, dan sumber daya yang berbeda. Industri memberikan wawasan praktis dan infrastruktur, akademisi membawa pengetahuan ilmiah dan penelitian, sementara pemerintah memiliki kapasitas regulasi dan dukungan kebijakan.
- b) Inovasi dan Penelitian Lanjutan: Kolaborasi memungkinkan kontribusi penelitian dan inovasi yang lebih besar dari berbagai disiplin ilmu. Akademisi dapat mengembangkan teknologi baru berdasarkan penemuan terbaru, sedangkan industri memiliki pemahaman yang mendalam tentang kebutuhan pasar.
- c) Penerapan Teknologi Terbaru: Kerjasama ini memungkinkan pengembangan dan penerapan teknologi terbaru secara lebih efektif. Industri dapat menggunakan hasil penelitian akademis untuk mengembangkan solusi yang sesuai dengan tuntutan pasar, sementara pemerintah mendukung peraturan dan insentif untuk mendorong adopsi teknologi baru.
- d) Skalabilitas dan Implementasi Luas: Dengan kolaborasi antara berbagai sektor, solusi yang dihasilkan memiliki potensi untuk diimplementasikan secara luas dan berskala besar. Hal ini memungkinkan perubahan yang lebih besar dalam masyarakat dan industri.
- e) Pendekatan Multidisiplin: Tantangan energi dan lingkungan sering kali memerlukan pendekatan multidisiplin. Kolaborasi antara industri, akademisi, dan pemerintah memungkinkan pendekatan holistik yang mencakup berbagai aspek teknis, ekonomi, dan sosial.

- f) Pengembangan Tenaga Kerja dan Kapabilitas: Kolaborasi semacam ini membantu mengembangkan tenaga kerja yang berkualitas dan kapabilitas profesional. Mahasiswa dan peneliti dapat berkolaborasi dengan industri untuk mengembangkan pengetahuan dan keterampilan yang sesuai dengan kebutuhan pasar.
- g) Akselerasi Transformasi Industri: Kolaborasi ini dapat mempercepat transformasi industri menuju keberlanjutan dan efisiensi. Dukungan pemerintah dalam bentuk regulasi dan insentif akan membantu mendorong adopsi solusi inovatif oleh industri.
- h) Pengaruh pada Kebijakan Publik: Kolaborasi ini juga dapat memengaruhi kebijakan publik yang mendukung pengembangan dan penerapan teknologi termal yang berkelanjutan. Pemerintah dapat merumuskan kebijakan yang memfasilitasi pengembangan solusi inovatif.
- i) Pengurangan Risiko dan Biaya R&D: Kerjasama antara sektor-sektor ini dapat membantu mengurangi risiko dan biaya penelitian dan pengembangan (R&D) dalam pengembangan solusi termal baru. Pengetahuan dan sumber daya bersama dapat mempercepat pengembangan produk dan teknologi.
- j) Menciptakan Lingkungan Ekosistem Inovasi: Kolaborasi ini menciptakan lingkungan ekosistem inovasi yang subur, di mana penelitian dan pengembangan dapat berkembang dengan optimal, dan hasilnya dapat menghasilkan dampak nyata dalam masyarakat.

Secara keseluruhan, kolaborasi antara industri, akademisi, dan pemerintah merupakan fondasi yang kuat untuk mengarahkan masa depan rekayasa sistem termal menuju keberlanjutan, efisiensi, dan dampak positif yang lebih besar terhadap lingkungan dan masyarakat secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajith Krishnan, R. and Jinshah, B. S. (2013). Magneto hydrodynamics power generating technology. *Int'l J. of Scientific and Research Pub's*, 3(6): 1-11.
- Blank, L., Tarquin, A. (2012). *Engineering Economy*. New York: McGraw-Hill.
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2014). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. New York: McGraw-Hill.
- Çengel, Y. A., & Turner, R. H. (2014). *Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences*. New York: McGraw-Hill.
- Chen, H., Cong, T. N., Yang, W., Tan, C., Li, Y. and Ding, Y. (2009). Progress in electrical energy storage system: A critical review. *Progress in Natural Sci.*, 19(3): 291-312.
- Dincer, I. (2018). *Comprehensive Energy Systems*. Netherlands: Elsevier Science.
- Dincer, I., & Rosen, M. A. (2013). *Thermal Energy Storage: Systems and Applications*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Douglas O. J. deSa. (2019). *Instrumentation Fundamentals for Process Control*. Florida: CRC Press.
- Frank P. Incropera, D. P. (2013). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Fred Schäfer, Richard van Basshuysen. (2016). *Internal Combustion Engine Handbook: Basics, Components, Systems, and Perspectives*. United States: SAE International.
- G. Van Praagh. (2015). *Physical Chemistry: Experimental and Theoretical*. Cambridge: Cambridge Press.
- Grubler, A., & Wilson, C. (2013). *Energy Technology Innovation: Learning from Historical Successes and Failures*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hugh Jack. (2013). *Engineering Design, Planning, and Management*. Massachusetts: Academic Press.

- Bak-Jensen, B., Pillai, J. R. (2021). *Integration of Renewables in Power Systems by Multi-Energy System*. Switzerland: MDPI AG.
- J. K. Yates, Daniel Castro-Lacouture. (2018). *Sustainability in Engineering Design and Construction*. Wyoming: CAC Publishing.
- Jaluria, Y. (2020). *Design and Optimization of Thermal Systems*. Florida: CRC Press.
- Lawson, B. (2005). *Battery and energy technologies: Energy efficiencies*. Electropedia, Woodbank Communications Ltd, Chester, UK.
- Moran, M. J., Shapiro, H. N., Boettner, D. D., & Bailey, M. B. (2017). *Principles of Engineering Thermodynamics*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Nopriantoko, R. (2022). *Mechanics*. West Java: Jejak Publisher.
- Patrick A. Narbel, Jan Petter Hansen, Jan R. Lien. (2014). *Energy Technologies and Economics*. NewYork: Springer Publishing.
- Pletcher, R. H., & Tannehill, J. C. (2012). *Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer*. Florida: CRC Press.
- Roel Grit. (2021). *Project Management: A Practical Approach*. Oxford: Taylor & Francis.
- Roger L. Brauer. (2016). *Safety and Health for Engineer*. New Jersey: Wiley.
- Taler, J., & Zukowski, W. (2017). *Thermal Power plants: Advanced Applications*. Amsterdam: Elsevier.
- Thomas E. Kissell. (2019). *Electricity, Electronics, and Control Systems for HVAC*. London: Pearson.
- Travis Bradford. (2018). *The Energy System: Technology, Economics, Markets, and Policy*. Massachusetts: MIT Press.
- Vaughn Nelson. (2015). *Introduction to Renewable Energy*. Florida: CRC Press.
- William D. Callister Jr. and David G. Rethwisch. (2017). *Materials Science and Engineering*. New Jersey: Wiley.
- Yarin, A. L. (2014). *Thermal Gas Dynamics: Physics and Mathematical Modeling*. Florida: CRC Press.

APENDIKS

A. Grafik dan Nilai Data Sifat Termodinamika

Silahkan klik link atau scan QR code berikut untuk mengetahui, menghitung, dan mengeksplorasi berbagai tabel data dan grafik terkait dengan sifat termodinamika sistem fluida.

<https://bit.ly/RSTEbyRN>



B. Diagram Moody

Silahkan klik link ini untuk melihat sketsa gambar diagram yang lebih jelas dan informatif. Serta scan QR code untuk mengetahui, menghitung, dan mengeksplorasi berbagai tabel data dan grafik terkait diagram Moody.

<https://bit.ly/RSTEbyRN2>



C. Nilai Data Entalpi, Entropi, dan Energi Gibbs

Silahkan klik link atau scan QR code ini untuk mengetahui, menghitung, dan mengeksplorasi berbagai tabel data terkait dengan entalpi, entropi, dan energi Gibbs.

<https://bit.ly/RSTEbyRNo3>



Scan me

D. Diagram Psikrometrik (Mollier)

Silahkan klik link atau scan QR code di bawah ini untuk mengetahui, menghitung, dan mengeksplorasi berbagai tabel data dan grafik terkait dengan diagram psikrometrik atau diagram mollier.

<https://bit.ly/RSTEbyRN4>



Scan me

TENTANG PENULIS



Rahadian Nopriantoko (RN) saat ini aktif sebagai seorang dosen di salah satu Perguruan Tinggi Swasta di Jakarta, yang sebelumnya juga pernah berkontribusi di sebuah Perguruan Tinggi Negeri. **RN** telah menyelesaikan pendidikan jenjang Sarjana dan Pascasarjana dari Universitas Indonesia.

Selain berdedikasi sebagai akademisi di Pendidikan Tinggi, pribadi yang dinamis ini juga berkiprah dalam berbagai kegiatan lain. Di antaranya adalah dengan menjadi seorang profesional, konsultan, *trainer*, instruktur, dan praktisi di bidang STEMMB (*Science, Technology, Engineering, Mathematics, Management, Business*). Dedikasinya tidak hanya untuk kalangan masyarakat, pemerintah, dan industri, namun juga untuk dunia Pendidikan Dasar-Menengah. Ini tercermin dalam perannya sebagai pembina dan pembicara dalam berbagai acara seperti Olimpiade Sains Nasional, Kompetisi Sains Nasional, Kompetisi Sains Madrasah, Pelatihan Kepemimpinan, *Try-Out, Sharing*, Seminar, dan Diskusi Ilmiah. Di luar dari berbagai aktivitas tersebut, **RN** juga memiliki minat di bidang teknologi informasi dan dunia usaha. Beliau aktif sebagai narasumber untuk berbagi pengetahuan serta pengalaman seputar teknologi informasi dan bisnis. Keterlibatan ini terlihat dalam berbagai aktivitas seperti pelatihan, seminar, *sharing*, diskusi, dan mentoring kepada berbagai sektor termasuk birokrasi, lembaga, organisasi, komunitas, industri, dan UMKM.

Bagi yang berminat menjalin silaturahmi, komunikasi, atau berkolaborasi dengan penulis, Anda dapat menghubunginya melalui akun media sosial Instagram [@rahadian1990](#) atau melalui alamat email di RNBisnis@gmail.com

Hai orang-orang beriman apabila dikatakan kepadamu: “Berlapang-lapanglah dalam majelis”, maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan: “Berdirilah kamu”, maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.

Al-Mujadalah: 11

Jika seorang manusia meninggal, terputuslah amalnya, kecuali dari tiga hal: sedekah jariyah, ilmu yang bermanfaat, dan anak shaleh yang berdoa untuknya.

Muhammad SAW