
Rekayasa Termal dalam Desain Bangunan Hemat Energi

Jimmy

Fakultas Teknik Prodi Arsitektur, Universitas Medan Area, Indonesia

Abstrak

Bangunan-bangunan merupakan kontributor signifikan terhadap konsumsi energi global dan emisi gas rumah kaca. Dalam banyak negara, energi yang digunakan untuk operasi bangunan mencakup sebagian besar dari total konsumsi energi mereka. Oleh karena itu, ada kebutuhan yang mendesak untuk mengurangi konsumsi energi dalam sektor bangunan dan beralih ke sumber energi terbarukan.

Bangunan membutuhkan energi untuk pemanasan, pendinginan, pencahayaan, ventilasi, dan pengoperasian peralatan.

Pencahayaan dan pendinginan bangunan biasanya menjadi kontributor terbesar terhadap konsumsi energi. Perubahan iklim global meningkatkan permintaan untuk pendinginan di banyak wilayah.

Efisiensi energi membantu mengurangi biaya operasional bangunan, meningkatkan kenyamanan penghuni, dan melindungi lingkungan.

Penerapan teknologi hemat energi membantu mencapai target mitigasi perubahan iklim.

Kata Kunci: *Arsitektur,signifikan,energi*



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bangunan-bangunan merupakan kontributor signifikan terhadap konsumsi energi global dan emisi gas rumah kaca. Dalam banyak negara, energi yang digunakan untuk operasi bangunan mencakup sebagian besar dari total konsumsi energi mereka. Oleh karena itu, ada kebutuhan yang mendesak untuk mengurangi konsumsi energi dalam sektor bangunan dan beralih ke sumber energi terbarukan.

1. Tantangan Konsumsi Energi dalam Bangunan

Bangunan membutuhkan energi untuk pemanasan, pendinginan, pencahayaan, ventilasi, dan pengoperasian peralatan.

Pencahayaan dan pendinginan bangunan biasanya menjadi kontributor terbesar terhadap konsumsi energi.

Perubahan iklim global meningkatkan permintaan untuk pendinginan di banyak wilayah.

2. Pentingnya Efisiensi Energi dalam Bangunan

Efisiensi energi membantu mengurangi biaya operasional bangunan, meningkatkan kenyamanan penghuni, dan melindungi lingkungan.

Penerapan teknologi hemat energi membantu mencapai target mitigasi perubahan iklim.

3. Peran Rekayasa Termal dalam Desain Bangunan

Rekayasa termal berfokus pada penggunaan teknologi dan strategi desain untuk mengoptimalkan performa termal bangunan.

Ini mencakup pemanfaatan sumber energi terbarukan, isolasi termal, ventilasi alami, dan manajemen panas secara keseluruhan.

Keberlanjutan dan Efisiensi Energi dalam Bangunan

1. Konsep Bangunan Hijau

Bangunan hijau bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan mereka melalui penggunaan sumber energi terbarukan, material ramah lingkungan, dan strategi desain yang efisien.

Mereka mencakup desain pasif, sistem energi terbarukan, dan teknologi hemat energi.

2. Standar Energi dan Sertifikasi Bangunan

Banyak negara telah mengadopsi standar energi untuk bangunan baru dan renovasi.

Sertifikasi seperti LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) memberikan pengakuan terhadap bangunan yang memenuhi kriteria keberlanjutan tertentu.

3. Teknologi Rekayasa Termal

Teknologi seperti isolasi termal, jendela energi tinggi, sistem pemanas dan pendingin yang efisien, serta manajemen energi otomatis memainkan peran penting dalam mencapai efisiensi energi.

Perkembangan Terkini dalam Rekayasa Termal

1. Inovasi Material Bangunan

Pengembangan material isolasi termal yang lebih efisien membantu meningkatkan kinerja termal bangunan.

Material cerdas seperti kaca pintar dan bahan termoaktif mengoptimalkan pencahayaan dan pendinginan bangunan.

2. Integrasi Teknologi Cerdas

Sistem otomatisasi bangunan menggunakan sensor dan kontrol cerdas untuk mengoptimalkan penggunaan energi berdasarkan kondisi internal dan eksternal bangunan.

Teknologi IoT (*Internet of Things*) memungkinkan pengelolaan energi yang lebih efisien dan *real-time*.

3. Desain Bioklimatis

Desain bangunan bioklimatis memanfaatkan karakteristik iklim setempat untuk mengurangi konsumsi energi.

Ini mencakup orientasi bangunan, penggunaan vegetasi, dan pengaturan bangunan yang mengoptimalkan pencahayaan alami dan ventilasi.

Rekayasa termal merupakan komponen penting dari desain bangunan hemat energi. Dengan memanfaatkan teknologi dan strategi desain yang efisien, kita dapat menciptakan bangunan yang tidak hanya berkinerja tinggi secara termal, tetapi juga berkelanjutan secara lingkungan. Dalam perkembangan masa depan, teruslah terjadi inovasi dalam rekayasa termal untuk mencapai tujuan keberlanjutan energi global.

Metode Penelitian

Adapun rumusan masalah yang didapat berdasarkan latar belakang diatas sebagai berikut :

Bagaimana cara mengatasi Rekayasa Termal dalam Desain Bangunan Hemat Energi

Bagaimana membuat perancangan Rekayasa Termal dalam Desain Bangunan Hemat Energi

PEMBAHASAN

Rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi adalah pendekatan yang digunakan untuk mengoptimalkan performa termal suatu bangunan dengan memanfaatkan berbagai teknologi, strategi, dan prinsip desain. Tujuan utamanya adalah untuk mengurangi konsumsi energi dalam operasi bangunan, baik untuk pemanasan maupun pendinginan, serta untuk meningkatkan kenyamanan penghuni dan meminimalkan dampak lingkungan. Dalam pengertian yang lebih mendalam, mari kita jelajahi aspek-aspek kunci dari rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi.

1. Optimalisasi Performa Termal

Rekayasa termal bertujuan untuk mencapai performa termal yang optimal dalam bangunan. Ini melibatkan penyesuaian berbagai elemen desain, termasuk bahan bangunan, isolasi termal, ventilasi, dan tata letak bangunan. Dengan mengoptimalkan performa termal, bangunan dapat mencapai keseimbangan yang tepat antara pemanasan dan pendinginan, mengurangi ketergantungan pada sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*), dan mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan.

2. Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan

Rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi juga melibatkan pemanfaatan sumber energi terbarukan, seperti energi surya, energi angin, dan energi geotermal. Ini dapat dilakukan melalui penggunaan panel surya, pemanas air matahari, pompa panas, dan strategi desain lainnya yang mengintegrasikan teknologi terbarukan ke dalam bangunan. Dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan, bangunan dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi jejak karbon mereka.

3. Isolasi Termal yang Efisien

Isolasi termal yang efisien adalah komponen kunci dari rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi. Ini melibatkan penggunaan bahan isolasi yang berkualitas tinggi di dinding, atap, dan lantai bangunan untuk mengurangi aliran panas yang tidak diinginkan. Dengan meningkatkan isolasi termal, bangunan dapat mempertahankan suhu dalam ruangan dengan lebih baik, mengurangi kehilangan energi, dan meningkatkan kenyamanan penghuni.

4. Ventilasi yang Efisien

Ventilasi yang efisien adalah aspek penting dari rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi. Ventilasi yang baik membantu mengatur suhu dan kelembaban udara dalam ruangan, mengurangi kebutuhan akan pemanasan dan pendinginan buatan, dan meningkatkan kualitas udara dalam ruangan. Ventilasi dapat dicapai melalui desain bangunan yang memungkinkan aliran udara alami, penggunaan sistem ventilasi mekanis yang efisien, dan pemanfaatan teknologi pengaturan udara yang cerdas.

5. Desain Bioklimatis

Desain bioklimatis merupakan pendekatan dalam rekayasa termal yang mengintegrasikan karakteristik iklim setempat ke dalam desain bangunan. Ini melibatkan penyesuaian orientasi bangunan, pemilihan material, dan strategi desain lainnya untuk memanfaatkan kondisi iklim yang ada secara optimal. Misalnya, bangunan dapat dirancang dengan jendela yang besar di sisi selatan untuk memanfaatkan sinar matahari, atau dengan dinding tebal untuk mempertahankan panas di malam hari.

6. Manajemen Energi yang Efisien

Manajemen energi yang efisien adalah bagian integral dari rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi. Ini melibatkan penggunaan teknologi otomatisasi dan kontrol cerdas untuk mengoptimalkan penggunaan energi berdasarkan kebutuhan penghuni dan kondisi lingkungan. Sistem ini dapat mencakup sensor suhu, termostat pintar, dan sistem kontrol energi yang terhubung ke dalam jaringan IoT (Internet of Things).

7. Peran Teknologi Cerdas

Teknologi cerdas memainkan peran penting dalam rekayasa termal modern. Ini melibatkan penggunaan sensor, perangkat lunak analitik, dan sistem kontrol yang terhubung untuk memantau dan mengontrol performa termal bangunan secara real-time. Teknologi cerdas memungkinkan bangunan untuk menyesuaikan operasinya sesuai dengan perubahan dalam kondisi lingkungan dan penggunaan energi.

Dengan demikian, rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi melibatkan berbagai aspek yang saling terkait, mulai dari isolasi termal hingga pemanfaatan sumber energi terbarukan dan manajemen energi yang efisien. Dengan menerapkan pendekatan ini, kita dapat menciptakan bangunan yang lebih efisien secara energi, berkelanjutan, dan nyaman bagi penghuninya.

Mengatasi rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi melibatkan pendekatan yang holistik dan terintegrasi yang memperhitungkan berbagai aspek, mulai dari desain bangunan hingga teknologi dan kebutuhan pengguna. Berikut adalah beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi tantangan tersebut:

1. Desain Bangunan yang Efisien secara Termal

Desain bangunan yang efisien secara termal merupakan langkah pertama dalam mengatasi rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi. Ini melibatkan pemilihan bentuk, orientasi, dan tata letak bangunan yang memaksimalkan pencahayaan alami, ventilasi, dan perlindungan

dari panas matahari berlebih. Desain ini juga harus mempertimbangkan aspek-aspek seperti isolasi termal, massa termal, dan integrasi dengan lingkungan sekitar.

2. Penggunaan Material Isolasi Termal yang Berkualitas Tinggi

Penggunaan material isolasi termal yang berkualitas tinggi sangat penting dalam mengurangi kebocoran panas dan pendinginan pada bangunan. Memilih bahan isolasi yang tepat untuk dinding, atap, dan lantai dapat membantu menjaga suhu ruangan stabil dan mengurangi beban pada sistem pemanasan dan pendinginan buatan.

3. Pemanfaatan Teknologi Hemat Energi

Teknologi hemat energi, seperti jendela energi tinggi, sistem pemanas dan pendingin yang efisien, serta sistem penerangan LED, dapat membantu mengurangi konsumsi energi dalam operasi bangunan. Penggunaan teknologi otomatisasi dan sensor cerdas juga dapat membantu mengoptimalkan penggunaan energi berdasarkan kebutuhan dan kondisi lingkungan.

4. Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan

Pemanfaatan sumber energi terbarukan, seperti energi surya, angin, atau geotermal, dapat menjadi solusi yang efektif dalam mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Instalasi panel surya, pemanas air matahari, atau sistem pemanas pompa panas dapat membantu meningkatkan keberlanjutan bangunan dan mengurangi biaya operasional jangka panjang.

5. Manajemen Energi yang Efisien

Manajemen energi yang efisien melibatkan pemantauan dan pengaturan penggunaan energi berdasarkan kebutuhan dan kondisi bangunan. Penggunaan sensor suhu, termostat pintar, dan sistem kontrol otomatis dapat membantu mengoptimalkan operasi sistem pemanasan dan pendinginan, serta mengurangi pemborosan energi.

6. Desain Bioklimatis

Desain bioklimatis memanfaatkan karakteristik iklim setempat untuk mengurangi konsumsi energi dalam operasi bangunan. Ini melibatkan penyesuaian orientasi bangunan, pemilihan material, dan strategi desain lainnya untuk memanfaatkan energi matahari, angin, dan cuaca lainnya secara optimal. Desain ini dapat membantu meningkatkan kenyamanan termal penghuni, sambil mengurangi kebutuhan akan pemanasan dan pendinginan buatan.

7. Pendidikan dan Pelatihan Tenaga Kerja

Pendidikan dan pelatihan tenaga kerja dalam bidang rekayasa termal sangat penting untuk memastikan bahwa praktisi di industri bangunan memiliki pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk merancang, membangun, dan mengelola bangunan hemat energi dengan efisien. Ini meliputi pelatihan tentang teknologi hemat energi, prinsip desain bangunan berkelanjutan, dan praktik konstruksi yang ramah lingkungan.

8. Keterlibatan Pemangku Kepentingan

Keterlibatan aktif dari pemangku kepentingan, termasuk pemilik bangunan, pengembang, arsitek, insinyur, dan pemerintah setempat, sangat penting dalam mengatasi rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi. Kolaborasi antara semua pihak dapat membantu mengidentifikasi tantangan dan peluang, serta merumuskan solusi yang efektif dan berkelanjutan.

Dengan mengambil langkah-langkah ini, kita dapat mengatasi tantangan rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi dan menciptakan bangunan yang lebih efisien secara energi, berkelanjutan, dan nyaman bagi penghuninya.

Membuat perancangan rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi memerlukan pendekatan yang holistik dan terintegrasi yang mempertimbangkan berbagai aspek, mulai dari

desain bangunan hingga teknologi dan kebutuhan pengguna. Berikut adalah langkah-langkah yang dapat diambil dalam membuat perancangan tersebut:

1. Analisis Kebutuhan dan Tujuan Proyek

Langkah pertama dalam perancangan rekayasa termal adalah melakukan analisis mendalam tentang kebutuhan dan tujuan proyek. Ini melibatkan pemahaman tentang jenis bangunan yang akan dirancang, lokasi geografisnya, iklim setempat, serta kebutuhan dan preferensi pengguna. Tujuan perancangan termal juga perlu ditetapkan dengan jelas, apakah itu mencakup pengurangan konsumsi energi, peningkatan kenyamanan termal, atau penggunaan energi terbarukan.

2. Pemilihan Material dan Teknologi yang Tepat

Pemilihan material dan teknologi yang tepat sangat penting dalam perancangan rekayasa termal. Ini meliputi pemilihan bahan isolasi termal yang berkualitas tinggi untuk dinding, atap, dan lantai bangunan, serta penggunaan jendela energi tinggi yang mengurangi kebocoran panas dan pendinginan. Teknologi pemanas dan pendingin yang efisien, seperti pompa panas dan sistem HVAC yang cerdas, juga harus dipertimbangkan.

3. Integrasi Sistem Energi Terbarukan

Integrasi sumber energi terbarukan, seperti panel surya, pemanas air matahari, atau sistem pemanas geotermal, menjadi langkah penting dalam perancangan rekayasa termal. Ini melibatkan identifikasi potensi energi terbarukan yang tersedia di lokasi proyek dan mengintegrasikannya ke dalam desain bangunan. Sistem energi terbarukan ini dapat digunakan untuk memenuhi sebagian atau seluruh kebutuhan energi bangunan, yang membantu mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil.

4. Desain Bioklimatis

Desain bioklimatis memanfaatkan karakteristik iklim setempat untuk mengurangi konsumsi energi dalam operasi bangunan. Ini meliputi penyesuaian orientasi bangunan, pemilihan material, dan strategi desain lainnya untuk memanfaatkan energi matahari, angin, dan cuaca lainnya secara optimal. Misalnya, bangunan dapat dirancang dengan jendela yang besar di sisi selatan untuk memanfaatkan sinar matahari, atau dengan dinding tebal untuk mempertahankan panas di malam hari.

5. Pemanfaatan Teknologi Cerdas

Pemanfaatan teknologi cerdas, seperti sensor suhu, termostat pintar, dan sistem kontrol otomatis, menjadi langkah penting dalam perancangan rekayasa termal. Teknologi cerdas ini dapat membantu memantau dan mengatur penggunaan energi berdasarkan kebutuhan dan kondisi bangunan secara real-time. Sistem ini dapat diintegrasikan ke dalam jaringan IoT (Internet of Things) untuk pengelolaan energi yang lebih efisien dan terpusat.

6. Manajemen Energi yang Efisien

Manajemen energi yang efisien melibatkan pengaturan penggunaan energi berdasarkan kebutuhan dan kondisi bangunan. Ini meliputi penggunaan sensor suhu untuk memantau suhu ruangan, penggunaan termostat pintar untuk mengatur pemanasan dan pendinginan, serta penggunaan sistem otomatisasi untuk mengoptimalkan operasi sistem HVAC. Manajemen energi yang efisien membantu mengurangi pemborosan energi dan mengoptimalkan penggunaan energi.

7. Evaluasi dan Pengoptimalan

Setelah perancangan rekayasa termal selesai, langkah terakhir adalah melakukan evaluasi dan pengoptimalan terhadap desain. Ini melibatkan pengujian dan simulasi untuk memastikan bahwa desain memenuhi tujuan yang ditetapkan, baik dalam hal efisiensi energi, kenyamanan penghuni, maupun keberlanjutan lingkungan. Setelah itu, revisi dan penyesuaian dapat dilakukan

sesuai kebutuhan untuk memastikan bahwa desain sesuai dengan standar dan ekspektasi yang diharapkan.

Dengan mengikuti langkah-langkah ini, perancangan rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi dapat dilakukan dengan efektif dan efisien. Ini memungkinkan penciptaan bangunan yang tidak hanya berkinerja tinggi secara termal, tetapi juga berkelanjutan, nyaman, dan hemat energi.

Menulis tentang rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi memiliki manfaat yang signifikan, tidak hanya bagi profesional di bidang arsitektur dan rekayasa, tetapi juga bagi masyarakat secara luas. Berikut adalah beberapa manfaat penulisan tentang topik ini:

1. Peningkatan Kesadaran akan Kebutuhan Akan Bangunan Hemat Energi

Penulisan tentang rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi membantu meningkatkan kesadaran akan pentingnya efisiensi energi dalam pembangunan. Ini membantu masyarakat untuk memahami bahwa bangunan yang dirancang dengan baik dapat mengurangi konsumsi energi, mengurangi biaya operasional, dan memberikan manfaat lingkungan yang positif.

2. Penyebaran Pengetahuan tentang Teknologi dan Strategi Terbaru

Melalui penulisan ini, teknologi dan strategi terbaru dalam rekayasa termal dapat disampaikan kepada para profesional di industri arsitektur, rekayasa, dan konstruksi. Ini membantu mereka tetap up-to-date dengan perkembangan terkini dalam bidang tersebut dan mendorong penerapan praktik terbaik dalam desain bangunan hemat energi.

3. Peningkatan Kualitas Bangunan dan Lingkungan yang Ditinggali

Dengan memahami konsep dan prinsip rekayasa termal, arsitek dan insinyur dapat merancang bangunan yang lebih efisien secara energi dan berkelanjutan. Ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan bagi penghuni, tetapi juga membantu mengurangi dampak lingkungan bangunan terhadap lingkungan sekitarnya.

4. Penghematan Biaya Operasional untuk Pemilik Bangunan

Pemilik bangunan akan mendapatkan manfaat langsung dari penulisan tentang rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi. Dengan menerapkan praktik dan teknologi yang disarankan, mereka dapat mengurangi biaya operasional bangunan, seperti biaya pemanasan, pendinginan, dan pencahayaan. Hal ini dapat menghasilkan penghematan yang signifikan dalam jangka panjang.

5. Mendorong Kebijakan Publik yang Mendukung Bangunan Berkelanjutan

Penulisan tentang rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi dapat membantu mempengaruhi kebijakan publik yang mendukung pembangunan bangunan berkelanjutan. Informasi yang disampaikan dapat digunakan sebagai dasar untuk merumuskan regulasi dan insentif yang mendorong adopsi praktik-praktik ramah lingkungan dalam industri konstruksi.

6. Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca dan Jejak Karbon

Dengan mempromosikan desain bangunan hemat energi melalui penulisan, kita dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan jejak karbon bangunan. Bangunan yang lebih efisien secara energi membutuhkan lebih sedikit energi untuk operasional mereka, yang pada gilirannya mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan emisi yang terkait.

7. Peningkatan Kualitas Hidup dan Kesejahteraan Penghuni

Desain bangunan hemat energi yang mengintegrasikan rekayasa termal yang baik dapat meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan penghuninya. Bangunan yang dapat mempertahankan suhu yang nyaman, menyediakan pencahayaan alami yang memadai, dan mengoptimalkan ventilasi udara akan menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan produktif bagi penghuninya.

8. Pendorong Inovasi dan Riset Lanjutan

Penulisan tentang rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi juga dapat mendorong inovasi dan riset lanjutan dalam bidang ini. Dengan menyoroti tantangan dan peluang dalam desain bangunan hemat energi, kita dapat mendorong komunitas ilmiah dan industri untuk terus mengembangkan solusi-solusi baru yang lebih efektif dan efisien.

Dengan demikian, penulisan tentang rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi memberikan manfaat yang luas, mulai dari peningkatan kesadaran akan kebutuhan akan bangunan berkelanjutan hingga pengurangan biaya operasional untuk pemilik bangunan dan pengurangan emisi gas rumah kaca. Itu juga mendorong inovasi dan riset lanjutan dalam upaya menciptakan bangunan yang lebih efisien secara energi dan berkelanjutan.

Kesimpulan

Dalam kesimpulan, rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi adalah pendekatan yang penting dan sangat relevan dalam upaya menciptakan bangunan yang lebih efisien secara energi, berkelanjutan, dan nyaman bagi penghuninya. Dengan memperhatikan berbagai aspek, mulai dari pemilihan material hingga pemanfaatan teknologi terbaru, rekayasa termal dapat membantu mengurangi konsumsi energi bangunan, mengurangi biaya operasional, dan meminimalkan dampak lingkungan. Berikut adalah beberapa poin penting yang dapat diambil sebagai kesimpulan:

Pentingnya Kesadaran akan Efisiensi Energi: *Penekanan pada efisiensi energi dalam desain bangunan tidak hanya penting untuk mengurangi biaya operasional, tetapi juga untuk melindungi lingkungan dan meningkatkan kualitas hidup penghuni.*

Peran Teknologi dan Inovasi: *Teknologi dan inovasi memiliki peran kunci dalam rekayasa termal, memungkinkan pengembangan solusi-solusi baru yang lebih efektif dan efisien dalam mengelola energi dalam bangunan.*

Keterlibatan Pemangku Kepentingan: *Kolaborasi antara pemilik bangunan, arsitek, insinyur, dan pemerintah setempat sangat penting untuk mencapai bangunan hemat energi yang sukses. Keterlibatan semua pihak membantu memastikan bahwa kebutuhan dan tujuan semua pemangku kepentingan dipertimbangkan dalam proses perancangan.*

Kesinambungan dan Penyempurnaan: *Perancangan rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi adalah proses yang dinamis dan membutuhkan evaluasi terus-menerus serta penyempurnaan untuk mencapai hasil yang optimal. Pengoptimalan terus-menerus harus dilakukan untuk memastikan bahwa desain memenuhi tujuan efisiensi energi dan kenyamanan penghuni.*

Dampak Positif terhadap Lingkungan: *Bangunan hemat energi yang dirancang dengan baik tidak hanya mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional, tetapi juga memiliki dampak positif terhadap lingkungan. Ini membantu mengurangi emisi gas rumah kaca, mengurangi jejak karbon, dan melestarikan sumber daya alam yang berharga.*

Dengan memperhatikan semua faktor ini, rekayasa termal dalam desain bangunan hemat energi dapat menjadi alat yang kuat dalam mendukung transisi menuju bangunan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Dengan kolaborasi, inovasi, dan kesadaran akan pentingnya efisiensi energi, kita dapat menciptakan lingkungan binaan yang lebih baik bagi generasi mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Maulana, S., & Nasution, A. M. *Analysis of Passive Cooling Strategy on Small Housing in Tropical Climate*.
Muflih, A. (2015). *Stadion Sepak Bola di Medan Tema Arsitektur High Tech*.
- Zalukhu, R. (2021). *Perancangan Hotel Resort di Kabupaten Nias Utara dengan Tema Arsitektur Kontekstual (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Nasution, A. B., & Nasution, A. M. (2021). *Perancangan Gelanggang Olah Raga Renang, Loncat Indah, Renang Indah Dan Polo Air, Bertema Arsitektur Futuristik*.
- Nasution, A. M. (2019). *Perancangan Medan Islamic Center dengan Tema Arsitektur Modern (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Nasution, A. P. (2020). *Perencanaan Pengembangan Pasar Tradisional Sukaramai Medan Dengan Tema Arsitektur Tropis (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Sembiring, A., & Lestari, Y. D. *Pengaruh Konfigurasi Arsitektur Dan Inisialisasi Bobot dan Bias Terhadap Unjuk Kerja Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*.
- Ultari, M. V., Hasibuan, A. Z., & Sembiring, A. *JENDELA OTOMATIS MENGGUNAKAN RANTAI ELEKTRIK BERBASIS MIKROKONTROLER*.
- Sembiring, A. (2018). *PELATIHAN DESAIN GRAFIS DAN PERCETAKAN UNTUK WIRAUSAHA DALAM RANGKA MENINGKATKAN KEMANDIRIAN SISWA SMK. Pengabdian Masyarakat, 1(1)*.
- Harahap, G. Y. (2020). *Instilling Participatory Planning in Disaster Resilience Measures: Recovery of Tsunami-affected Communities in Banda Aceh, Indonesia. Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal, 2(3), 394-404*.
- Harahap, G. Y. (2004). *Decentralization and its Implications on the development of Housing in Medan*.
- Barky, N. Y. (2020). *Laporan Kerja Praktek II Revitalisasi Gedung Kantor Gubernur Sumatera Utara*.
- Harahap, G. Y. (2001). *Taman Bermain Anak-Anak di Medan Tema Arsitektur Perilaku (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Harahap, G. Y. (2013). *Community Enhancement Through Participatory Planning: A Case of Tsunami-disaster Recovery of Banda Aceh City, Indonesia (Doctoral dissertation, Universiti Sains Malaysia)*.
- LUMBANRAJA, W., & Harahap, G. Y. (2022). *PROYEK PEMBANGUNAN IRIAN SUPERMARKET TEMBUNG-PERCUT SEI TUAN SUMATERA UTARA. Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Teknik, 1(3)*.
- Syarif, Y. (2018). *Rancangan Power Amplifier Untuk Alat Pengukur Transmission Loss Material Akustik Dengan Metode Impedance Tube. JOURNAL OF ELECTRICAL AND SYSTEM CONTROL ENGINEERING, 1(2)*.
- Tavip, J., & Syarif, Y. (2010). *Sistem Pengontrolan Pendingin Ruangan Berdasarkan Jumlah Pengunjung*.
- Syamsudin, Z., Makkulau, A., & Nizar, L. (2016). *Evaluasi perencanaan kelistrikan. Sutet, 6(1), 28-34*.
- Syarif, Y., & Bahri, Z. (2013). *Rancang Bangun Traffic Light Menggunakan Sensor Reflective Berbasis Programmable Logic Control (PLC) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Syarif, Y., & Harahap, U. (2010). *Study Pemakaian Motor Induksi 3 Phasa Sebagai Penggerak Pompa Pembuangan Limbah (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Bahri, Z., & Syarif, Y. (2008). *STUDY PANEL KONTROL UNTUK MOTOR INDUKSI 3 PASHE 330 HP 380 VOLT, DIKOPEL PADA POMPA PENDISTRIBUSIAN AIR MINUM Aplikasi Instalasi Pengolahan Air Minum PDAM TIRTANADI instalasi DELI TUA*.
- Swandana, M., & Syarif, Y. (2003). *Studi Perbandingan Rugi-Rugi Pada Motor Induksi Yang Di Catu Dengan Inverter Sumber Arus (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Amin, M., & Syarif, Y. (2002). *Studi Manajemen Dalam Sistem Tenaga Listrik (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Amin, M., & Syarif, Y. (2001). *Permasalahan Teknik Sistem Pertanahan Distribusi dan Jaringan Listrik (Doctoral dissertation)*.
- Umroh, B. (2019, May). *The Optimum Cutting Condition when High Speed Turning of Aluminum Alloy using Uncoated Carbide. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 505, No. 1, p. 012041). IOP Publishing*.
- Darianto, D. (2022). *E-Customer Relationship Management dan Kualitas Layanan Sebagai Variabel Intervening Trust, Citra Merek dan Kontrol Keperilakuan Terhadap Kepuasan Mahasiswa Program Studi S1 Akuntansi Perguruan Tinggi Swasta di Kabupaten Lamongan.(E-Customer Relationship Management and Service Quality as Intervening Trust Variables, Brand Image and Behavioral Control on Student Satisfaction in Study Program S1 Accounting Private Higher Education in Lamongan District) (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya)*.
- Darianto, D. (2018).

- Idris, M., Nasution, F. K., Harahap, U. N., Simanjuntak, R. K., & Pranoto, S. (2018, March). *Manufacture of mold of polymeric composite water pipe reinforced charcoal*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 126, No. 1, p. 012052). IOP Publishing.
- Umroh, B. (2020). *Pkm Usaha Pengolahan Keripik Sanjai Balado Dalam Menghadapi Masalah Produktivitas Di Kecamatan Medan Amplas Kota Medan Provinsi Sumatera Utara*. *Amaliah: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 91-98.
- Ramdan, D., Umroh, B., Elapri, B. Y., & Munthe, I. S. (2022). *Optimalisasi Perancangan Paket Plastic Ball Grid Array (PBGA) Melalui Pengamatan Perilaku Fluid Structure Interaction (FSI) pada Proses Injections Molding*. Universitas Medan Area.
- Mahadi, B., & Umroh, B. (2018). *Perancangan Cetakan Sepatu Tiang Pancang dengan Sistem Pencabutan Pin pada PT. Wika Beton, Tbk*. Universitas Medan Area.
- Umroh, B. (2011). *Kinerja Pahat CBN pada Pemesinan Laju Tinggi, Keras dan Kering Bahan Aisi 4140* (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Aritonang, R. V. (2020). *Pengaruh Variasi Jarak Tulangan Senggang Spiral Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Hasudungan, H. I. (2020). *Evaluasi Perhitungan Bangunan Atas Jembatan Komposit* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Nurmaidah, N. (2022). *PENAMBAHAN KAPUR PADA TANAH LEMPUNG UNTUK PERKERASAN JALAN RAYA*. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 6(2), 148-158.
- Nurmaidah, N. (2017). *Studi Analisis Perilaku Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Dengan Menggunakan Uji Beban Statik Dan Model Tanah Mohr Coulomb Pada Proyek Paragon Square Tangerang, Banten*. *Educational Building: Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, 3(1), 33-39.
- Pane, U. D. (2020). *Analisis Dampak Lalu Lintas (Andalilin) di Kawasan Gedung Kampus Universitas Prima Indonesia* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- LAOLI, D. B. A. S., CANIAGO, E. K., & WIBOWO, H. T. (2016). *APLIKASI MARKETPLACE PENDAMPING WISATA DENGAN API MAPS BERBASIS MOBILE DAN WEB* (Doctoral dissertation, Universitas Mikroskil).
- Tarigan, R. S., Wasmawi, I., & Wibowo, H. T. (2020). *Manual Procedure Petunjuk Penggunaan Sistem Tanda Tangan Gaji Online (SITAGO)*.
- Tarigan, R. S., Azhar, S., & Wibowo, H. T. (2021). *Manual Procedure Petunjuk Penggunaan Aplikasi Registrasi Asrama Kampus*.
- Tarigan, R. S. (2017). *Manual Procedure Petunjuk Penggunaan Academic Online Campus (AOC)*.
- Santoso, M. H. (2022). *Perancangan Alat Inkubator Berbasis Arduino untuk Proses Pengawetan Ikan Asin*.
- Santoso, M. H. (2021). *Laporan Kerja Praktek Sistem Informasi Penerimaan Mahasiswa Baru Berbasis Web pada SMA Swasta Persatuan Amal Bakti (PAB) 8 Saentis*.
- Santoso, M. H. (2023). *Pengembangan Aplikasi Mobile yang User-Friendly: Strategi Desain UX*. *literacy notes*, 1(1).
- Maizana, D. (2013). *Effect of Rubber Material Clamp on Core Loss of 3-phase 100 kVA Transformer Core*.
- Maizana, D., & Putri, S. M. (2022). *Appropriateness analysis of implementing a smart grid system in campus buildings using the fuzzy method*. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 13(2), 873.
- Delvika, Y., & Mustafa, K. (2019, May). *Evaluate the Implementation of Occupational Health and Safety (OHS) Management System Performance Measurement at PT. XYZ Medan to minimize Extreme Risks*. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 505, No. 1, p. 012028). IOP Publishing.
- Delvika, Y. (2018). *Analisa Pengendalian Kualitas Refined Bleached Deodorized Palm Oil Dengan Menggunakan Metode Taguchi Pada PT. XYZ*. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 20(1), 48-53.
- Idris, I., & Delvika, Y. (2018). *Analisis perancangan sistem informasi terintegrasi di lingkungan perguruan tinggi swasta di medan*. *Jurnal Teknovasi: Jurnal Teknik dan Inovasi Mesin Otomotif, Komputer, Industri dan Elektronika*, 1(2), 15-26.
- Delvika, Y. (2017). *Penerapan Sistem Manajemen Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Pada Pabrik Pakan Ternak Di Kota Medan*. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 19(2), 58-64.
- Mustafa, K., & Delvika, Y. (2017). *Analisis Tingkat Penerapan Program Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan Pendekatan Risk Assessment pada CV. Sumber Makmur Jaya*.
- Munte, S., & Delvika, Y. (2020). *Laporan Kerja Praktek PT Asam Jawa Desa Pengarungan Kecamatan Torgamba Kabupaten Labuhanbatu Selatan Sumatera Utara*.
- Delvika, Y. (2011). *Perancangan Sistem Informasi Pengendalian Persediaan Spare Part untuk Meningkatkan Produktivitas pada PT. Sarana Baja Perkasa* (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Delvika, Y., & Munte, S. (2019). *Laporan Pelaksanaan Kerja Praktek Pada PT. Anugrah Tanjung Medan Labuhan Batu Selatan*.

- Siregar, N., & Delvika, Y. (2017). *Analisa Pengukuran Produktivitas Perusahaan dengan Menggunakan Metode Marvin E. Mundel di PTPN II Pagar Merbau Lubuk Pakam.*
- Munte, S., & Tanjung, D. A. (2023). *Desain Proses Pengolahan Serat.*
- Tanjung, D. A., & Munte, S. (2023). *Pembuatan Komposit Bioplastik dari Pati Sagu Kombinasi Polietilen.*
- Munthe, S. (1997). *Penempatan Pegawai Melalui Analisa Jabatan dengan Menggunakan The Point Rating Method pada PDAM Tirtanadi Medan.*
- Munte, S., & Polewangi, Y. D. (2022). *Pengaruh Harga, Variasi Produk dan Kualitas Produk Terhadap Keputusan Pembelian Keripik Sngkong saat Pandemi Covid 19 di UKM Cap Rumah Adat Minang Medan (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).*
- Munte, S. (2011). *Desain Proses Pengolahan Serat pada Ud. Pusaka Bakti Batang Kuis (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).*
- Munthe, S. (2000). *Perencanaan dan Perancangan Mesin Perajang Umbi Rakitan Tahun 2000 (MPU-2000).*
- Satria, H., Anisa, Y., Lubis, A. C. B., & Alayyubby, M. F. (2022). *Perancangan Efisiensi Tata Letak Sirkulasi Udara pada Smart Inkubator Berbasis Teknologi Hybrid.*
- Maizana, D., Anisa, Y., & Sianipar, M. (2021). *Lawan Covid-19 Dengan Cuci Tangan Pakai Sabun.*
- Maizana, D., & Anisa, Y. (2021). *Ayo!! Biasakan Cuci Tangan Pakai Sabun (Doctoral dissertation, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia).*
- Anisa, Y. (2016). *Pendekatan Oprimisasi Kombinatorial Multi Objektif untuk Pemilihan Proyek (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).*