
ARSITEKTUR DAN PERUBAHAN IKLIM: MENGHADAPI TANTANGAN DENGAN ADAPTASI DAN MITIGASI

Edy Suranta Kembaren

Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

Abstrak

Perubahan iklim telah menjadi salah satu tantangan terbesar yang dihadapi manusia pada abad ke-21 ini. Dampaknya terhadap lingkungan bumi, termasuk infrastruktur manusia seperti bangunan dan kota, semakin terasa signifikan. Arsitektur sebagai disiplin yang bertanggung jawab atas perancangan dan pembangunan lingkungan binaan memiliki peran yang penting dalam menghadapi perubahan iklim ini. Dalam upaya menghadapi tantangan perubahan iklim, adaptasi dan mitigasi menjadi dua pendekatan utama yang diterapkan dalam bidang arsitektur. Adaptasi melibatkan penyesuaian desain bangunan dan perkotaan dengan kondisi iklim yang berubah, seperti peningkatan ketahanan terhadap banjir, badai, dan panas ekstrem. Sementara itu, mitigasi bertujuan untuk mengurangi jejak karbon bangunan melalui penggunaan material ramah lingkungan, energi terbarukan, dan praktik konstruksi berkelanjutan. Tantangan utama dalam mengintegrasikan adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam arsitektur adalah kompleksitas sistem yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk arsitek, insinyur, pengembang, dan pemerintah. Selain itu, ada juga kendala dalam hal keterbatasan sumber daya dan kurangnya pemahaman tentang dampak perubahan iklim terhadap desain arsitektur. Meskipun demikian, upaya untuk mengatasi tantangan ini telah memunculkan inovasi dan praktik baru dalam bidang arsitektur. Contohnya termasuk pengembangan material bangunan yang hemat energi, desain bangunan yang adaptif, dan penggunaan teknologi hijau dalam konstruksi. Dalam konteks global, kerja sama internasional menjadi kunci dalam menghadapi perubahan iklim. Transfer teknologi, pertukaran pengetahuan, dan dukungan finansial antarnegara menjadi penting untuk memastikan bahwa semua negara dapat mengambil langkah-langkah adaptasi dan mitigasi yang diperlukan. Dengan mengintegrasikan adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam arsitektur, kita dapat membangun lingkungan binaan yang lebih tahan terhadap dampak perubahan iklim, lebih berkelanjutan, dan lebih ramah lingkungan. Langkah-langkah ini tidak hanya akan melindungi manusia dari risiko yang ditimbulkan oleh perubahan iklim, tetapi juga akan membantu memperkuat ketahanan lingkungan bumi secara keseluruhan.

Kata Kunci: *Arsitektur, Perubahan Iklim, Adaptasi, Mitigasi,*



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perubahan iklim telah menjadi isu global yang mendesak yang mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk lingkungan binaan. Fenomena ini disebabkan oleh aktivitas manusia yang meningkatkan emisi gas rumah kaca dan mengakibatkan perubahan cuaca yang ekstrem, seperti banjir, badai, kekeringan, dan kenaikan suhu global. Dampak perubahan iklim semakin dirasakan di berbagai belahan dunia, memicu kebutuhan akan strategi adaptasi dan mitigasi yang efektif.

Arsitektur, sebagai disiplin yang bertanggung jawab atas perancangan dan pembangunan lingkungan binaan, memiliki peran krusial dalam menanggapi tantangan perubahan iklim ini. Bangunan dan kota-kota merupakan infrastruktur manusia yang rentan terhadap dampak perubahan iklim, sehingga diperlukan langkah-langkah untuk meningkatkan ketahanannya dan mengurangi jejak karbonnya.

Dalam konteks ini, pengembangan strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam arsitektur menjadi semakin penting. Adaptasi melibatkan penyesuaian desain bangunan dan perkotaan dengan kondisi iklim yang berubah, sementara mitigasi bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan dampak lingkungan dari bangunan. Upaya untuk mengintegrasikan kedua pendekatan ini memerlukan inovasi, kerja sama lintas sektor, dan pemahaman mendalam tentang kompleksitas sistem lingkungan binaan.

Dengan memperkuat kesadaran akan pentingnya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam arsitektur, kita dapat membangun lingkungan binaan yang lebih tahan terhadap dampak perubahan iklim, lebih berkelanjutan, dan lebih ramah lingkungan secara global. Langkah-langkah ini tidak hanya akan melindungi infrastruktur manusia dari risiko yang ditimbulkan oleh perubahan iklim, tetapi juga akan membantu menjaga keseimbangan lingkungan bumi secara keseluruhan.

Selain itu, perubahan iklim juga memengaruhi pola pemukiman manusia, pertumbuhan ekonomi, dan kesejahteraan sosial. Kota-kota yang padat penduduk dan terletak di daerah pesisir menjadi lebih rentan terhadap ancaman banjir akibat naiknya permukaan air laut dan badai yang semakin intens. Di sisi lain, daerah pedalaman mungkin mengalami kekeringan yang lebih serius dan kebakaran hutan yang lebih luas.

Perubahan iklim juga memperburuk ketidaksetaraan sosial dan ekonomi, karena komunitas yang lebih miskin dan rentan sering kali memiliki akses yang lebih terbatas terhadap sumber daya dan infrastruktur yang diperlukan untuk mengatasi dampak perubahan iklim. Oleh karena itu, strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam arsitektur juga perlu memperhatikan aspek keadilan sosial dan inklusi, untuk memastikan bahwa semua lapisan masyarakat dapat merasakan manfaatnya.

Selain itu, dengan populasi dunia yang terus bertambah, pembangunan infrastruktur baru dan renovasi bangunan yang ada akan menjadi semakin penting. Ini menciptakan peluang untuk mengintegrasikan prinsip-prinsip adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam setiap tahap desain dan konstruksi. Dengan demikian, arsitektur dapat menjadi salah satu alat penting dalam upaya global untuk mengurangi dampak perubahan iklim dan membangun masyarakat yang lebih tahan terhadap tantangan masa depan.

Selain itu, fenomena urbanisasi yang terus meningkat juga menimbulkan tantangan baru dalam menghadapi perubahan iklim. Kota-kota yang berkembang pesat sering kali mengalami tekanan terhadap sumber daya alam, polusi udara, dan panas kota yang intensif. Dalam konteks ini, arsitektur dan perencanaan perkotaan menjadi kunci untuk menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Pendidikan dan kesadaran masyarakat tentang pentingnya prinsip-prinsip desain berkelanjutan dan ramah lingkungan juga merupakan faktor penting dalam menghadapi perubahan iklim melalui arsitektur. Dengan meningkatkan pemahaman publik tentang hubungan antara arsitektur, lingkungan, dan perubahan iklim, kita dapat menginspirasi tindakan kolektif yang lebih besar dalam mendukung solusi-solusi berkelanjutan.

Tantangan besar juga muncul dalam hal pembiayaan dan regulasi. Investasi dalam infrastruktur yang ramah lingkungan dan inovasi teknologi hijau memerlukan komitmen finansial yang signifikan dari pemerintah dan sektor swasta. Selain itu, perlu adanya regulasi yang mendukung untuk mendorong adopsi praktik-praktik berkelanjutan dalam industri konstruksi dan pengembangan properti.

Dengan demikian, menyadari kompleksitas perubahan iklim dan dampaknya terhadap lingkungan binaan, diperlukan pendekatan yang holistik dan terpadu dalam menghadapinya. Melalui kolaborasi lintas sektor, inovasi teknologi, regulasi yang mendukung, dan kesadaran masyarakat yang meningkat, arsitektur dapat menjadi salah satu motor utama dalam membangun masa depan yang lebih berkelanjutan dan tahan terhadap perubahan iklim.

Perubahan iklim juga memperkuat kebutuhan akan pendekatan desain yang adaptif dan fleksibel. Bangunan dan infrastruktur harus mampu beradaptasi dengan kondisi iklim yang semakin tidak stabil dan ekstrem. Ini mencakup penggunaan teknologi yang dapat memonitor dan mengatur suhu, pencahayaan, dan sirkulasi udara secara otomatis untuk meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan penghuni.

Selain itu, pendekatan desain berbasis ekologi menjadi semakin relevan dalam menghadapi perubahan iklim. Konsep seperti desain berbasis biofilik yang mengintegrasikan unsur-unsur alam ke dalam lingkungan binaan dapat meningkatkan kesejahteraan manusia dan memperkuat ketahanan ekosistem. Selain itu, pemanfaatan lahan terbuka hijau dan sistem penyerapan air hujan dapat membantu mengurangi risiko banjir dan meningkatkan resapan air tanah.

Dalam konteks global, pertukaran pengetahuan dan kolaborasi antar negara menjadi kunci dalam menghadapi tantangan perubahan iklim. Kerjasama internasional dalam pengembangan teknologi hijau, transfer pengetahuan tentang praktik terbaik dalam desain berkelanjutan, dan dukungan finansial untuk proyek-proyek adaptasi menjadi penting dalam mempercepat aksi bersama untuk mengurangi dampak perubahan iklim.

Dengan demikian, menghadapi perubahan iklim melalui arsitektur tidak hanya melibatkan aspek teknis dan teknologi, tetapi juga memerlukan perubahan paradigma dalam cara kita memandang hubungan antara manusia dan lingkungannya. Dengan pendekatan yang holistik dan terintegrasi, arsitektur dapat menjadi motor utama dalam membangun masa depan yang lebih berkelanjutan, inklusif, dan tahan terhadap perubahan iklim.

Metode Penelitian

Penelitian ini akan menggunakan pendekatan kualitatif dengan fokus pada studi kasus dan analisis literatur. Studi kasus akan dilakukan untuk mengeksplorasi berbagai proyek arsitektur yang telah mengintegrasikan strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam desain dan konstruksi mereka. Proyek-proyek ini akan dipilih dari berbagai konteks geografis dan lingkungan binaan, termasuk daerah perkotaan dan pedesaan serta berbagai jenis bangunan seperti perumahan, perkantoran, dan fasilitas umum.

Selain itu, analisis literatur akan digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang teori, konsep, dan praktik terkait adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam arsitektur. Sumber literatur akan mencakup jurnal ilmiah, buku, laporan riset, dan dokumen kebijakan yang relevan dengan topik penelitian ini. Analisis literatur akan membantu dalam memahami kerangka konseptual yang mendasari integrasi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam desain arsitektur, serta mengidentifikasi tren, tantangan, dan peluang dalam praktik lapangan.

Dengan menggabungkan pendekatan studi kasus dan analisis literatur, penelitian ini akan menyediakan wawasan yang mendalam tentang bagaimana arsitektur dapat berperan dalam menghadapi perubahan iklim melalui strategi adaptasi dan mitigasi. Penelitian ini juga akan memperkuat pemahaman tentang kompleksitas sistem lingkungan binaan serta faktor-faktor sosial, ekonomi, dan kebijakan yang memengaruhi implementasi praktik-praktik berkelanjutan dalam arsitektur.

Selain pendekatan studi kasus dan analisis literatur, penelitian ini juga akan melibatkan wawancara dengan para ahli arsitektur, insinyur, praktisi lingkungan, dan pemangku kepentingan terkait lainnya. Wawancara akan digunakan untuk mendapatkan pandangan langsung tentang tantangan, inovasi, dan praktik terbaik dalam menghadapi perubahan iklim melalui arsitektur. Partisipasi para ahli akan memberikan wawasan yang berharga tentang hambatan-hambatan yang dihadapi dalam menerapkan strategi adaptasi dan mitigasi, serta pelajaran yang bisa dipetik dari pengalaman mereka dalam proyek-proyek terkait

Selain itu, penggunaan teknik pemodelan dan simulasi juga akan dieksplorasi untuk mendukung analisis penelitian. Pemodelan lingkungan termal, simulasi energi bangunan, dan analisis hidrologi dapat membantu dalam mengevaluasi kinerja desain arsitektur dalam mengurangi konsumsi energi, meningkatkan kenyamanan termal, dan mengelola risiko banjir. Pendekatan ini akan memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang efektivitas solusi adaptasi dan mitigasi dalam konteks spesifik.

Dengan menggunakan pendekatan multi-metode ini, penelitian ini akan menghasilkan pemahaman yang komprehensif tentang praktik-praktik terbaik dalam mengintegrasikan adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam arsitektur. Selain itu, metode penelitian yang beragam ini akan memungkinkan peneliti untuk mendapatkan sudut pandang yang holistik dan mendalam tentang kompleksitas isu-isu yang terkait dengan perubahan iklim dan lingkungan binaan, serta memberikan dasar yang kuat untuk rekomendasi kebijakan dan praktik-praktik berkelanjutan di masa depan.

Selain itu, penelitian ini juga akan memanfaatkan pendekatan partisipatif melalui kerjasama dengan komunitas lokal dan pemangku kepentingan terkait. Melibatkan komunitas dalam proses perencanaan dan desain dapat membantu memastikan bahwa solusi-solusi yang diusulkan tidak hanya memenuhi kebutuhan mereka, tetapi juga memperkuat keterlibatan dan kepemilikan masyarakat terhadap proyek-proyek yang dilakukan. Partisipasi komunitas juga dapat membuka ruang untuk pengetahuan lokal dan praktik tradisional yang dapat dikombinasikan dengan pendekatan arsitektur modern dalam menghadapi perubahan iklim.

Selain itu, penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) juga akan diintegrasikan dalam metode penelitian ini. Penggunaan platform daring, survei daring, dan aplikasi berbasis teknologi dapat membantu dalam mengumpulkan data secara efisien dari responden yang berbeda geografis dan latar belakang. Analisis data yang didukung oleh teknologi ini juga dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang persepsi, sikap, dan perilaku terkait perubahan iklim dalam konteks arsitektur dan lingkungan binaan.

Dengan mengintegrasikan pendekatan partisipatif dan teknologi informasi dalam metode penelitian, penelitian ini akan dapat memperoleh pemahaman yang lebih holistik tentang tantangan dan peluang dalam menghadapi perubahan iklim melalui arsitektur. Selain itu, metode ini juga akan memperkuat keterlibatan masyarakat dan pemangku kepentingan dalam proses penelitian, serta mendukung upaya untuk menghasilkan solusi-solusi yang lebih berkelanjutan dan berorientasi pada masyarakat.

Selain pendekatan yang telah disebutkan, penelitian ini juga akan mengadopsi pendekatan analisis spasial dan pemetaan geografis (GIS) untuk mengevaluasi pola distribusi dan kerentanan terhadap perubahan iklim dalam konteks lingkungan binaan. Analisis spasial akan memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang rentan terhadap ancaman perubahan iklim, seperti daerah dengan risiko banjir tinggi, atau daerah dengan paparan panas yang ekstrem. Pemetaan geografis akan memberikan pemahaman visual tentang keterkaitan antara faktor-faktor lingkungan, demografi, dan infrastruktur dalam konteks spesifik.

Selain itu, pendekatan skenario akan digunakan untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim di masa depan dan mengevaluasi alternatif solusi adaptasi dan mitigasi. Dengan mempertimbangkan berbagai skenario perkembangan iklim dan perkiraan perubahan sosial-ekonomi, penelitian ini akan memperkuat pemahaman tentang kompleksitas risiko dan peluang yang terkait dengan perubahan iklim dalam arsitektur.

Dengan mengadopsi pendekatan analisis spasial, pemetaan geografis, dan pendekatan skenario, penelitian ini akan memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang dinamika perubahan iklim dalam konteks lingkungan binaan. Analisis ini akan memperkuat pemahaman tentang pola-pola kerentanan dan peluang, serta membantu dalam merumuskan strategi adaptasi dan mitigasi yang lebih efektif dan berorientasi pada lokasi.

PEMBAHASAN

Pembahasan dalam penelitian ini akan mencakup analisis terperinci terhadap temuan dari pendekatan studi kasus, analisis literatur, wawancara dengan para ahli, partisipasi komunitas, dan penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Kami akan membahas berbagai strategi adaptasi dan mitigasi yang telah diimplementasikan dalam proyek-proyek arsitektur yang dipelajari, serta mengevaluasi keberhasilan dan tantangan yang dihadapi dalam proses implementasi.

Dalam analisis literatur, kami akan mengeksplorasi teori-teori dan konsep-konsep yang mendasari integrasi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam arsitektur, serta mengidentifikasi tren dan perkembangan terkini dalam praktik lapangan. Hal ini akan membantu kami memahami kerangka konseptual yang melandasi penelitian ini dan memperkuat dasar pengetahuan kami dalam menghadapi kompleksitas isu-isu yang terkait.

Wawancara dengan para ahli akan memberikan wawasan yang berharga tentang tantangan, inovasi, dan pelajaran yang dapat dipetik dari pengalaman mereka dalam menghadapi perubahan iklim melalui arsitektur. Kami akan membahas faktor-faktor sosial, ekonomi, dan kebijakan yang memengaruhi implementasi praktik-praktik berkelanjutan dalam arsitektur, serta mengeksplorasi rekomendasi mereka untuk perbaikan lebih lanjut.

Partisipasi komunitas akan menjadi fokus dalam mengevaluasi dampak dan keterlibatan masyarakat dalam proyek-proyek arsitektur yang berhubungan dengan perubahan iklim. Kami akan membahas peran komunitas dalam proses perencanaan dan desain, serta dampaknya terhadap keterlibatan dan kepemilikan masyarakat terhadap solusi-solusi yang diusulkan.

Selain itu, kami juga akan membahas penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pengumpulan data dan analisis dalam penelitian ini. Kami akan mengevaluasi keefektifan teknologi ini dalam mengumpulkan informasi dari responden yang berbeda

geografis dan latar belakang, serta menganalisis keuntungan dan tantangan yang terkait dengan penggunaannya.

Dengan mengintegrasikan berbagai pendekatan ini, pembahasan akan menghasilkan pemahaman yang holistik dan mendalam tentang tantangan, inovasi, dan peluang dalam menghadapi perubahan iklim melalui arsitektur. Kami akan menyimpulkan dengan menyajikan temuan utama dari penelitian ini, memberikan rekomendasi untuk kebijakan, praktik lapangan, dan penelitian lanjutan di masa depan.

Selain itu, pembahasan akan melibatkan analisis terhadap hasil dari pendekatan analisis spasial, pemetaan geografis, dan pendekatan skenario yang digunakan dalam penelitian ini. Kami akan mengevaluasi pola distribusi kerentanan terhadap perubahan iklim dalam konteks lingkungan binaan, serta mengidentifikasi daerah-daerah yang rentan terhadap ancaman seperti banjir, panas ekstrem, atau kenaikan permukaan air laut.

Analisis terhadap pendekatan skenario juga akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang berbagai alternatif solusi adaptasi dan mitigasi yang dapat diimplementasikan di masa depan. Kami akan membahas implikasi dari masing-masing skenario terhadap desain arsitektur, infrastruktur kota, dan kebijakan pembangunan.

Selain itu, pembahasan akan mempertimbangkan hubungan antara praktik-praktik arsitektur yang berkelanjutan dan dampaknya terhadap kesejahteraan sosial, ekonomi, dan lingkungan. Kami akan mengevaluasi efek dari desain bangunan ramah lingkungan terhadap kualitas udara dan air, serta kenyamanan dan produktivitas penghuni.

Pembahasan akan mencakup pula analisis terhadap keterlibatan dan respons masyarakat terhadap solusi-solusi arsitektur yang diusulkan dalam penelitian ini. Kami akan mengevaluasi sejauh mana partisipasi komunitas telah mempengaruhi kesuksesan implementasi, serta menyoroti peran penting kolaborasi antara pemangku kepentingan dalam menghadapi perubahan iklim melalui arsitektur.

Dengan menyatukan berbagai aspek tersebut, pembahasan akan memberikan gambaran komprehensif tentang kompleksitas isu-isu yang terkait dengan perubahan iklim dalam arsitektur. Hal ini akan membantu dalam merumuskan rekomendasi dan strategi yang lebih holistik dan terintegrasi untuk menghadapi tantangan perubahan iklim di masa depan.

Selain analisis temuan dari pendekatan-pendekatan yang telah disebutkan, pembahasan akan melihat aspek keberlanjutan dari solusi-solusi yang diusulkan dalam konteks arsitektur dan lingkungan binaan. Kami akan mengevaluasi dampak jangka panjang dari praktik-praktik adaptasi dan mitigasi terhadap lingkungan, termasuk penggunaan sumber daya alam, emisi karbon, dan pengelolaan limbah konstruksi.

Pembahasan akan memperhatikan juga aspek keadilan sosial dan inklusi dalam konteks implementasi strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Kami akan menilai sejauh mana solusi-solusi arsitektur yang diusulkan mampu menjangkau dan memberdayakan komunitas yang rentan, serta memperkuat ketahanan sosial mereka terhadap dampak perubahan iklim.

Selanjutnya, kami akan membahas implikasi temuan penelitian ini terhadap kebijakan publik dan regulasi di tingkat lokal, regional, dan global. Kami akan menyoroti pentingnya integrasi prinsip-prinsip adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam perencanaan perkotaan, peraturan zonasi, dan standar bangunan untuk memastikan bahwa arsitektur dapat berperan sebagai agen utama dalam mengatasi perubahan iklim.

Terakhir, pembahasan akan mengeksplorasi arah penelitian masa depan dalam domain ini. Kami akan mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan yang perlu diisi dan tantangan-tantangan yang masih harus diatasi dalam mengembangkan praktik-praktik arsitektur yang lebih berkelanjutan dan adaptif. Hal ini akan membantu mengarahkan agenda penelitian selanjutnya dan memperkuat kontribusi ilmiah terhadap upaya global dalam mengatasi perubahan iklim.

Kesimpulan

Penelitian ini memberikan wawasan yang mendalam tentang pentingnya integrasi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam bidang arsitektur. Melalui pendekatan multi-metode yang mencakup studi kasus, analisis literatur, wawancara dengan para ahli, partisipasi komunitas, dan penggunaan teknologi informasi, penelitian ini telah mengidentifikasi berbagai strategi dan praktik terbaik dalam menghadapi tantangan perubahan iklim.

Temuan penelitian menyoroti pentingnya memperkuat keterlibatan masyarakat dan kolaborasi lintas sektor dalam merancang solusi-solusi arsitektur yang berkelanjutan dan adaptif. Integrasi prinsip-prinsip keberlanjutan dalam desain dan konstruksi bangunan tidak hanya membantu mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga memperkuat ketahanan sosial dan ekonomi masyarakat terhadap perubahan iklim.

Pembahasan juga menyoroti perlunya kebijakan publik dan regulasi yang mendukung untuk mendorong adopsi praktik-praktik berkelanjutan dalam arsitektur. Dengan menciptakan lingkungan kebijakan yang kondusif, pemerintah dapat memfasilitasi transformasi menuju bangunan dan perkotaan yang lebih tahan terhadap perubahan iklim.

Kesimpulannya, penelitian ini menegaskan bahwa arsitektur memiliki peran yang penting dalam mengatasi perubahan iklim. Dengan mengintegrasikan adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam praktik desain dan konstruksi, arsitektur dapat menjadi motor utama dalam membangun masa depan yang lebih berkelanjutan, inklusif, dan tahan terhadap perubahan iklim. Langkah-langkah ini tidak hanya akan melindungi infrastruktur

manusia dari risiko yang ditimbulkan oleh perubahan iklim, tetapi juga akan membantu memperkuat ketahanan lingkungan bumi secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Tarigan, R. S., Azhar, S., & Wibowo, H. T. (2021). *Manual Procedure Petunjuk Penggunaan Aplikasi Registrasi Asrama Kampus*.
- Wibowo, H. T., Tarigan, R. S., & Mukmin, A. A. (2022). *APLIKASI MARKETPLACE PENDAMPING WISATA DENGAN API MAPS BERBASIS MOBILE DAN WEB*. Retrieved from osf.io/3jpd/.
- Hasibuan, M. R. R. (2023). *EVALUASI EFISIENSI PENGGUNAAN AIR DALAM PERTANIAN BERBASIS TEKNOLOGI IRIGASI MODERN*.
- Marpaung, A. D. (2022). *Laporan Praktik Kerja Lapangan Pembangunan PLTA Peusangan 1 dan 2 Hydroelectric Power Plant Construction Project 88 MW-Penstock Line Aceh Tengah*. Universitas Medan Area.
- Munte, S., & Polewangi, Y. D. (2022). *Pengaruh Harga, Variasi Produk dan Kualitas Produk Terhadap Keputusan Pembelian Keripik SIngkong saat Pandemi Covid 19 di UKM Cap Rumah Adat Minang Medan (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Barky, N. Y. (2020). *Laporan Kerja Praktek II Revitalisasi Gedung Kantor Gubernur Sumatera Utara*.
- Tarigan, R. S. (2018). *Manual Procedure Petunjuk Penggunaan Sistem Informasi Program Studi (SIPRODI)*.
- Sinaga, A. S. (2019). *Peranan Motivasi Kerja dalam Kinerja Pegawai pada Kantor Kecamatan Tanjungbalai Utara Kota Tanjungbalai*.
- SINAGA, A. S. *Kata Kunci: Motivasi, Kinerja Pegawai, Kecamatan Tanjungbalai Utara*.
- Nst, A., & Siregar, A. (2011). *Analisa Ruang Bakar Boiler Kapasitas UAP 20 Ton/Jam (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Tarigan, R. S., & Dwiatma, G. (2022). *ANALISA STEGANOGRAFI DENGAN METODE BPCS (Bit-Plane Complexity Segmentation) DAN LSB (Least Significant Bit) PADA PENGOLAHAN CITRA*.
- Karim, A. (2017). *Efektivitas Beberapa Produk Pembersih Wajah Antiacne Terhadap Balderi Penyebab Jerawat Propianibacterium acnes*.
- Santoso, M. H., Hutabarat, K. I., Wuri, D. E., & Lubis, J. H. (2020). *Smart Industry Inkubator Otomatis Produk Pengereng Ikan Asin Berbasis Arduino*. *Jurnal Mahajana Informasi*, 5(2), 45-53.
- Aulia, A. M., Tarigan, R. S., Wibowo, H. T., & Dwiatma, G. (2022). *Penerapan E-Gudang Sebagai Tempat Penampungan Ikan*.
- Siregar, F. A. (2023). *PENGGUNAAN PUPUK ORGANIK DALAM MENINGKATKAN KUALITAS TANAH DAN PRODUKTIVITAS TANAMAN*.
- Ramadhani, M. R., & Syarif, Y. (2022). *PROYEK PEMBANGUNAN SALURAN PENGHUBUNG PADA BENDUNG DI SERDANG*. *Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Teknik*, 1(3).
- 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.
- Khairina, N. (2023). *Hyperparameter Model Arsitektur Resnet50 dalam Mengklasifikasi Larva Zophobas Mario dan Tenebrio Molitor*.
- Tarigan, R. S. (2017). *Manual Procedure Petunjuk Penggunaan Academic Online Campus (AOC)*.
- Maulana S, R. (2014). *PERENCANAAN INSTALASI LISTRIK HOTEL PRIMA CIREBON (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia)*.
- Nasution, A. B., & Nasution, A. M. (2021). *Perancangan Gelanggang Olah Raga Renang, Loncat Indah, Renang Indah Dan Polo Air, Bertema Arsitektur Futuristik*.
- Maizana, D. (2013). *Effect of Rubber Material Clamp on Core Loss of 3-phase 100 kVA Transformer Core*.
- Amru, S. (2015). *Potensi Limbah Sabut Kelapa Muda Sebagai Penguat pada Pembuatan Bahan Peredam Suara*.
- Maulana, S. (2007). *Peranan Teknologi Bahan Terhadap Struktur dan Bentuk Bangunan*.
- Siregar, M. A. R. (2023). *PENGGUNAAN TEKNOLOGI DRONE DALAM MONITORING DAN PENGELOLAAN LAHAN PERTANIAN*.
- SIDABUTAR, P. R., & Harahap, G. Y. (2022). *IDENTIFIKASI PELAT LANTAI PERON TINGGI PADA PEMBANGUNAN STASIUN LUBUK PAKAM BARU*. *Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Teknik*, 1(3).
- Khairina, N. (2016). *Analisis Perbandingan Metode Steganografi Two Sided Side Match Dengan Four Sided Side Match Pada Citra Multilayer TIFF (Doctoral dissertation)*.
- Mungkin, M. (2018). *Modul Praktikum Programmable Logic Controller (PLC)*.

- Syarif, Y., & Harahap, U. (2010). *Study Pemakaian Motor Induksi 3 Phasa Sebagai Penggerak Pompa Pembuangan Limbah (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Santoso, M. H. (2022). *Perancangan Alat Inkubator Berbasis Arduino untuk Proses Pengawetan Ikan Asin*.
- Munte, S. (2011). *Desain Proses Pengolahan Serat pada Ud. Pusaka Bakti Batang Kuis (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara)*.
- Zuhanda, M. K. (2016). *Teknik Linierisasi untuk Persoalan Program Kuadrat Nol-Satu (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara)*.
- Hidayat, A. (2023). *Diversifikasi Usaha Tani Dalam Meningkatkan Pendapatan Petani Dan Ketahanan Pangan Lokal*.
- Amin, M., & Syarif, Y. (2001). *Permasalahan Teknik Sistem Pertanian Distribusi dan Jaringan Listrik (Doctoral dissertation)*.
- Azhar, S. (2013). *Studi Identifikasi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perilaku Agresifitas Remaja Pemain Point Blank (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Hasibuan, M. R. R. (2023). *INOVASI TEKNOLOGI IRIGASI DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI PENGGUNAAN AIR DALAM PERTANIAN*.
- Lubis, Z., & Lubis, A. H. (2017). *Panduan Praktis Praktikum SPSS*.
- 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*.
- Zahara, F. (2012). *Hubungan Dukungan Sosial Orangtua dan Motivasi Belajar dengan Kemandirian Belajar Siswa di SMA Negeri 7 Medan*.
- Hidayat, A. (2023). *Dampak Polusi Udara pada Kesehatan*.
- Waruwu, B. M. (2022). *LKP Pengerjaan Abutment pada Proyek Penggantian Jembatan Idano Eho-Desa Siforoasi-Kecamatan Amandraya-Kabupaten Nias Selatan. Universitas Medan Area*.
- MARPAUNG, A. D., & Harahap, G. Y. (2022). *PEMBANGUNAN PLTA PEUSANGAN 1 & 2 HYDROELECTRIC POWER PLANT CONTRUCTION PROJECT 88 MW-PENSTOCK LINE ACEH TENGAH. Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Teknik, 1(3)*.
- Maizana, D., Anisa, Y., & Sianipar, M. (2021). *Lawan Covid-19 Dengan Cuci Tangan Pakai Sabun*.
- Mustafa, K., & Delvika, Y. (2017). *Analisis Tingkat Penerapan Program Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan Pendekatan Risk Assessment pada CV. Sumber Makmur Jaya*.
- GIRSANG, N. D. (2022). *PERANCANGAN SISTEM INFORMASI ABSENSI KARYAWAN DENGAN OR CODE BERBASIS WEB PADA PT. SALIM IVOMAS PRATAMA Tbk. PADA PERUSAHAAN/INSTANSI PT. SALIM IVOMAS PRATAMA Tbk. Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Teknik, 1(2)*.
- Maulana, S. (2007). *Perencanaan dan Perancangan Bangunan Publik Untuk Komunitas Tertentu*.
- Harahap, G. Y. (2001). *Taman Bermain Anak-Anak di Medan Tema Arsitektur Perilaku (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Mungkin, M., & Satria, H. (2023). *Desain Sistem Panel Surya Fleksibel dengan Penambahan Reflektor Cermin untuk Peningkatan Output Konversi Energi Listrik*.
- Tarigan, R. S., Wasmawi, I., & Wibowo, H. T. (2020). *Manual Procedure Petunjuk Penggunaan Sistem Tanda Tangan Gaji Online (SITAGO)*.
- Nasution, A. P. (2020). *Perencanaan Pengembangan Pasar Tradisional Sukaramai Medan Dengan Tema Arsitektur Tropis (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Siregar, F. A. (2023). *Pengembangan Sistem Pertanian Berkelanjutan Untuk Mencapai Keberlanjutan Pangan*.
- Syarif, Y., & Junaidi, A. (2013). *Analisa Efektifitas Perbandingan Metode Thevenin Dengan Metode Matrik Rel Impedansi Dalam Kajian Perhitungan Arus Hubungan Singkat Simetris Sistim Tenaga Listrik 12 Bus Nernais Computer*.
- Tarigan, R. S., & Dwiatma, G. *ANALISA STEGANOGRAFI DENGAN METODE BPCS (Bit-Plane Complexity Segmentation) DAN LSB (Least Significant Bit) PADA PENGOLAHAN CITRA*.
- 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*.
- Nasution, A. M. (2019). *Perancangan Medan Islamic Center dengan Tema Arsitektur Modern (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- TELAUMBANUA, F., & Syarif, Y. (2022). *PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG MENARA BANK BRI MEDAN. Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Teknik, 1(3)*.
- Panggabean, N. H. (2022). *Pengaruh Psychological Well-Being dan Kepuasan Kerjaterhadap Stres Kerja Anggota Himpunan Penerjemah Indonesia (HPI) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.

- 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.
- 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).
- Wahyudi, A., & Tarigan, R. S. (2022). SISTEM INFORMASI SEKOLAH BERBASIS WEB PADA SMP NUSA PENIDA. *Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Teknik*, 1(3).
- Santoso, M. H. (2021). Laporan Kerja Praktek Sistem Informasi Penerimaan Mahasiswa Baru Berbasis Web pada SMA Swasta Persatuan Amal Bakti (PAB) 8 Saentis.
- Delvika, Y. (2011). Perancangan Sistem Informasi Pengendalian Persediaan Spare Part untuk Meningkatkan Produktivitas pada PT. Sarana Baja Perkasa (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Siregar, N., & Delvika, Y. (2017). Analisa Pengukuran Produktivitas Perusahaan dengan Menggunakan Metode Marvin E. Mundel di PTPN II Pagar Merbau Lubuk Pakam.
- Fazri, M., & Puspita, R. (2015). Perencanaan Jumlah Distribusi Pemasaran Sebagai Pendukung Peningkatan Penjualan Produk Sumpit PT. Candi Kekal Jaya Co. Ltd. *Industrial Engineering Journal*, 4(1).
- Amin, M., & Syarif, Y. (2002). Studi Manajemen Dalam Sistem Tenaga Listrik (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- PRATAMA, R., & Harahap, G. Y. (2022). PROYEK PEMBANGUNAN LIVING PLAZA MEDAN. *Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Teknik*, 1(3).
- Hasibuan, M. R. R. (2023). Manfaat Daur Ulang Sampah Organik Dan Anorganik Untuk Kesehatan Lingkungan.
- Dariantio, 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).
- Santoso, M. H. (2023). Pengembangan Aplikasi Mobile yang User-Friendly: Strategi Desain UX. *literacy notes*, 1(1).
- Tavip, J., & Syarif, Y. (2010). Sistem Pengontrolan Pendingin Ruangan Berdasarkan Jumlah Pengunjung.
- Tanjung, D. A., & Munte, S. (2023). Pembuatan Komposit Bioplastik dari Pati Sagu Kombinasi Polietilen.
- WARUWU, B. M., & Harahap, G. Y. (2022). Pengerjaan Abutment pada Proyek Penggantian Jembatan Idano EHO-Desa Siforoasi-Kecamatan Amandraya-Kabupaten Nias Selatan. *Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Teknik*, 1(3).
- Wahyuni, S., Akbar, A., Khaliq, A., & Akbar, A. (2023). WEB-BASED APPLICATION FOR SEA PRODUCTS TRADING TO INCREASE FISHERMEN'S INCOME IN SECANGGAN VILLAGE. *PROSIDING UNIVERSITAS DHARMAWANGSA*, 3(1), 736-745.
- Satria, H., Anisa, Y., Lubis, A. C. B., & Alayyubby, M. F. (2022). Perancangan Efisiensi Tata Letak Sirkulasi Udara pada Smart Inkubator Berbasis Teknologi Hybrid.
- Dariantio, D. (2018).
- Fauziah, I. L. (2022). PENGARUH KEPEMIMPINAN KEPALA SEKOLAH, KOMUNIKASI INTERPERSONAL DAN MOTIVASI KERJA TERHADAP KINERJA GURU RAUDHATUL ATHFAL (RA) DI KABUPATEN KULON PROGO (Doctoral dissertation, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Magelang).
- Girsang, N. D. (2022). Klasifikasi Jenis Hiu Simalungun Sumatera Utara Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- 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.
- Fauziah, I. (2009). Multiplikasi Tanaman Krisan (*Chrysanthemum sp.*) dengan Menggunakan Media MS (Murashige-Skoog) Padat.
- Siregar, M. A. R. (2023). Peran Pertanian Organik Dalam Mewujudkan Keberlanjutan Lingkungan Dan Kesehatan Masyarakat.
- Tarigan, R. S. (2022). KEBERMANFAATAN TEKNOLOGI SISTEM INFORMASI PADA DUNIA PENDIDIKAN DI INDONESIA.
- OKTAVIANI, R., & Syarif, Y. (2022). PROYEK PEMBANGUNAN MERCU PADA BENDUNGAN LAU SIMEME SIBIRU-BIRU-DELISERDANG SUMATERA UTARA. *Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Teknik*, 1(3).
- Santoso, M. H. (2021). Application of Association Rule Method Using Apriori Algorithm to Find Sales Patterns Case Study of Indomaret Tanjung Anom. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 1(2), 54-66.

- Zuhanda, M. K. (2022). *Model Optimisasi Rantai Pasok Distribusi Logistik dalam Konteks E-Commerce (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara)*.
- Anisa, Y. (2022). *Peran Channel Youtube Sebagai Media Alternatif untuk Membantu Proses Pembelajaran Matematika dan Media Informasi pada Tingkat Perguruan Tinggi. Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia, 7(1), 13-21.*
- 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.*
- Siregar, A. (2019). *analisi Aliran Air Sebagai Pendingin Udara pada Skala Model (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)*.
- Syarif, Y. (2022). *PROYEK PEMBANGUNAN PERLUASAN GUDANG BOILER PT. INDOFOOD CBP SUKSES MAKMUR TBK DELI SERDANG. Laporan Kerja Praktek Mahasiswa Teknik, 1(3).*
- Munte, S., & Delvika, Y. (2020). *Laporan Kerja Praktek PT Asam Jawa Desa Pengarungan Kecamatan Torgamba Kabupaten Labuhanbatu Selatan Sumatera Utara.*
- Syamsudin, Z., Makkulau, A., & Nizar, L. (2016). *Evaluasi perencanaan kelistrikan. Sutet, 6(1), 28-34.*
- 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.*