

---

# PENGEMBANGAN METODE PENDETEKSIAN ANOMALI PADA JARINGAN KOMUNIKASI BERBASIS SENSOR UNTUK KEAMANAN CYBER-FISIK

Aries Kristianto

Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

---

## Abstrak

Keamanan cyber-fisik menjadi perhatian utama dalam era konektivitas yang semakin meningkat. Jaringan komunikasi berbasis sensor menjadi infrastruktur kritis dalam sistem cyber-fisik, memungkinkan interaksi antara perangkat fisik dan komponen komputasi yang terhubung secara langsung. Namun, dengan kompleksitas dan kerentanan yang melekat dalam jaringan ini, ancaman keamanan semakin meningkat, khususnya melalui serangan anomali yang sulit dideteksi oleh metode tradisional. Artikel ini mengusulkan sebuah metode pendeteksian anomali yang inovatif untuk meningkatkan keamanan jaringan komunikasi berbasis sensor dalam konteks cyber-fisik. Metode ini menggabungkan pendekatan analisis perilaku dan teknik pembelajaran mesin dalam mengidentifikasi anomali yang mungkin terjadi dalam komunikasi antar sensor. Pertama, dilakukan analisis perilaku normal dari jaringan komunikasi berbasis sensor untuk memahami pola komunikasi yang biasa terjadi. Selanjutnya, model pembelajaran mesin, seperti jaringan saraf tiruan (neural networks) atau metode pembelajaran mendalam lainnya, digunakan untuk membangun sistem pendeteksian anomali yang dapat mengenali pola komunikasi yang tidak sesuai dengan perilaku normal. Metode yang diusulkan ini diimplementasikan dan dievaluasi melalui simulasi serta pengujian pada lingkungan nyata. Hasil eksperimen menunjukkan efektivitas metode dalam mendeteksi berbagai jenis serangan anomali, termasuk serangan yang berpotensi merusak infrastruktur cyber-fisik. Selain itu, metode ini juga menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dan minimnya false positive, menjadikannya sebagai solusi yang potensial untuk meningkatkan keamanan jaringan komunikasi berbasis sensor dalam konteks cyber-fisik. Dengan terus berkembangnya ancaman keamanan cyber-fisik, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam upaya melindungi infrastruktur kritis dan sistem otomatisasi yang semakin terhubung. Selain itu, metodologi yang diusulkan dapat menjadi landasan untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang keamanan cyber-fisik dan pengembangan teknik pendeteksian anomali yang lebih canggih dan efektif.

*Kata Kunci: Keamanan Cyber-Fisik, Jaringan Komunikasi Berbasis Sensor, Pendeteksian Anomali*

---



## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

*Dalam era digital yang terus berkembang, konsep cyber-fisik telah menjadi inti dari berbagai sistem yang mendukung kehidupan sehari-hari, termasuk infrastruktur kritis seperti jaringan listrik, transportasi, dan manufaktur. Sistem cyber-fisik mengintegrasikan elemen-elemen fisik dengan teknologi informasi dan komunikasi (TIK), menciptakan jaringan yang kompleks di mana perangkat fisik terhubung secara langsung dengan jaringan komputer.*

*Di tengah kemajuan teknologi ini, keamanan cyber-fisik menjadi fokus penting, karena keberadaannya yang vital dalam menyediakan layanan dan mendukung operasi infrastruktur kritis. Salah satu komponen utama dalam sistem cyber-fisik adalah jaringan komunikasi berbasis sensor. Jaringan ini menghubungkan berbagai sensor yang menangkap data dari lingkungan fisik, memungkinkan pengambilan keputusan otomatis dan respons terhadap perubahan kondisi.*

*Namun, dengan meningkatnya kompleksitas dan konektivitas dalam jaringan komunikasi berbasis sensor, kebutuhan akan keamanan yang kuat juga semakin mendesak. Serangan terhadap infrastruktur cyber-fisik dapat mengakibatkan dampak yang serius, mulai dari gangguan operasional hingga bahaya bagi keselamatan publik. Salah satu tantangan utama dalam menjaga keamanan jaringan komunikasi berbasis sensor adalah kemampuan untuk mendeteksi serangan anomali yang dapat menyusup ke dalam jaringan tanpa terdeteksi oleh metode tradisional.*

*Pada saat ini, metode pendeteksian anomali menjadi fokus utama dalam penelitian keamanan cyber-fisik. Dengan memanfaatkan teknik-teknik analisis perilaku dan pembelajaran mesin, upaya telah dilakukan untuk mengidentifikasi pola anomali yang mencurigakan dalam komunikasi antar sensor. Namun, keberhasilan metode-metode ini terbatas oleh kemampuannya untuk mengatasi kompleksitas dan dinamika dari jaringan komunikasi berbasis sensor yang sebenarnya.*

*Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk mengembangkan metode pendeteksian anomali yang lebih canggih dan efektif untuk meningkatkan keamanan jaringan komunikasi berbasis sensor dalam konteks cyber-fisik. Dengan menggabungkan pendekatan analisis perilaku yang mendalam dengan teknik pembelajaran mesin yang canggih, diharapkan metode yang diusulkan dapat memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap serangan terhadap infrastruktur cyber-fisik yang semakin kompleks dan bertambahnya ancaman keamanan.*

*Mengusulkan sebuah metode pendeteksian anomali yang inovatif untuk meningkatkan keamanan jaringan komunikasi berbasis sensor dalam konteks cyber-fisik.*

*Menggabungkan pendekatan analisis perilaku dan teknik pembelajaran mesin dalam mengidentifikasi pola anomali yang mencurigakan dalam komunikasi antar sensor.*

*Membangun sistem pendeteksian anomali yang mampu mengenali dan merespons secara cepat terhadap serangan terhadap infrastruktur cyber-fisik yang berpotensi merusak.*

*Melakukan evaluasi kinerja metode yang diusulkan melalui simulasi dan pengujian pada lingkungan nyata, untuk menunjukkan efektivitas, akurasi, dan minimnya false positive dalam mendeteksi berbagai jenis serangan anomali.*

*Memberikan kontribusi penting dalam upaya melindungi infrastruktur kritis dan sistem otomatisasi yang semakin terhubung, serta meningkatkan pemahaman tentang keamanan cyber-fisik dan teknik pendeteksian anomali yang lebih canggih dan efektif.*

*Dalam era digital yang terus berkembang, konsep cyber-fisik telah menjadi fondasi dari berbagai sistem yang mendukung kehidupan modern. Infrastruktur kritis seperti jaringan listrik, transportasi, dan manufaktur semakin mengandalkan integrasi antara elemen fisik dengan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk operasi yang efisien dan andal. Namun, seiring dengan keuntungan yang dibawa oleh konektivitas yang semakin meluas, muncul pula tantangan baru terkait keamanan.*

*Jaringan komunikasi berbasis sensor merupakan salah satu elemen utama dalam sistem cyber-fisik, memungkinkan pengumpulan dan pertukaran data dari lingkungan fisik secara real-time. Dalam konteks ini, keamanan cyber-fisik menjadi semakin penting karena jaringan ini memainkan peran vital dalam mengontrol dan mengelola infrastruktur yang kritis. Ancaman terhadap keamanan jaringan komunikasi berbasis sensor dapat berasal dari berbagai serangan, termasuk serangan perusakan, penyusupan, atau manipulasi data.*

*Salah satu pendekatan yang umum digunakan untuk mengatasi ancaman tersebut adalah pendeteksian anomali, di mana pola komunikasi normal dipelajari dan pola yang tidak biasa dianggap sebagai indikasi serangan. Namun, dalam konteks jaringan komunikasi berbasis sensor yang kompleks dan dinamis, pendekatan tradisional dalam pendeteksian anomali sering kali tidak cukup efektif.*

*Artikel ini mengusulkan sebuah metode pendeteksian anomali yang inovatif untuk meningkatkan keamanan jaringan komunikasi berbasis sensor dalam konteks cyber-fisik. Dengan menggabungkan pendekatan analisis perilaku yang mendalam dengan teknik pembelajaran mesin yang canggih, metode yang diusulkan bertujuan untuk mengidentifikasi pola anomali yang mencurigakan dengan akurasi tinggi dan respon yang cepat.*

*Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik tentang tantangan keamanan dalam jaringan komunikasi berbasis sensor dan solusi yang efektif untuk mengatasi ancaman tersebut. Selain itu, kontribusi dari artikel ini diharapkan dapat membantu dalam pengembangan sistem keamanan cyber-fisik yang tangguh dan andal untuk melindungi infrastruktur kritis dan mendukung perkembangan teknologi yang berkelanjutan.*

*Dalam artikel ini, kami akan menjelaskan secara rinci tentang metode yang diusulkan, termasuk langkah-langkah analisis perilaku dan implementasi teknik pembelajaran mesin dalam mendeteksi anomali pada jaringan komunikasi berbasis sensor. Kami juga akan menyajikan hasil evaluasi kinerja dari metode yang diusulkan, yang mencakup simulasi serta pengujian pada lingkungan nyata, untuk menunjukkan efektivitas dan keunggulan dibandingkan dengan pendekatan lainnya.*

*Pentingnya penelitian ini tidak hanya terbatas pada konteks keamanan cyber-fisik saat ini, tetapi juga berpotensi untuk menginspirasi pengembangan lebih lanjut dalam bidang keamanan jaringan komunikasi berbasis sensor dan sistem cyber-fisik secara keseluruhan. Dengan menyajikan kontribusi ini, kami berharap dapat membuka jalan menuju solusi yang lebih inovatif dan efektif dalam menghadapi tantangan keamanan yang terus berkembang di era digital ini.*

*Dalam konteks ini, artikel ini akan membahas landasan teori yang mendukung pengembangan metode pendeteksian anomali, langkah-langkah implementasi, serta hasil eksperimental yang mendukung keefektifan metode yang diusulkan. Dengan demikian, artikel ini diharapkan dapat menjadi sumber referensi yang berharga bagi peneliti, praktisi, dan pemangku kepentingan yang tertarik dalam memperkuat keamanan infrastruktur cyber-fisik melalui pendekatan yang inovatif dan terukur.*

## **Metode Penelitian**

### **1. Analisis Perilaku Jaringan Komunikasi Berbasis Sensor:**

*Pengumpulan Data: Data komunikasi dari jaringan komunikasi berbasis sensor dikumpulkan dan direkam untuk analisis lebih lanjut.*

*Pemrosesan Data: Data yang terkumpul kemudian diproses untuk memperoleh pemahaman tentang perilaku normal jaringan, termasuk statistik dasar, pola komunikasi, dan karakteristik umum lainnya.*

### **2. Pembelajaran Mesin untuk Pendeteksian Anomali:**

*Persiapan Data: Data yang telah diproses dibagi menjadi dua bagian, yaitu data pelatihan (untuk melatih model) dan data validasi (untuk mengevaluasi kinerja model).*

*Pemilihan Model: Berbagai model pembelajaran mesin, seperti jaringan saraf tiruan (neural networks), pohon keputusan (decision trees), atau algoritma pembelajaran mendalam lainnya dieksplorasi dan dipilih berdasarkan karakteristik data dan kebutuhan pendeteksian anomali.*

*Pelatihan Model: Model dipelajari menggunakan data pelatihan untuk mengidentifikasi pola perilaku normal dalam jaringan komunikasi berbasis sensor.*

*Validasi Model: Kinerja model dievaluasi menggunakan data validasi untuk mengukur akurasi, presisi, recall, dan F1-score dalam mendeteksi anomali.*

### **3. Implementasi dan Pengujian:**

*Implementasi Sistem: Model yang telah dilatih diimplementasikan dalam lingkungan jaringan komunikasi berbasis sensor.*

*Pengujian Kinerja: Sistem yang diimplementasikan diuji dengan menggunakan data uji yang mewakili situasi nyata atau skenario serangan yang mungkin terjadi.*

*Evaluasi Hasil: Kinerja sistem dievaluasi berdasarkan metrik kinerja yang telah ditentukan, seperti tingkat deteksi, tingkat false positive, dan waktu respons terhadap serangan anomali.*

### **4. Analisis dan Interpretasi:**

*Analisis Hasil: Hasil pengujian dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas metode pendeteksian anomali yang diusulkan.*

*Interpretasi Temuan: Temuan dari analisis digunakan untuk menyimpulkan keunggulan dan keterbatasan metode yang diusulkan serta memberikan wawasan tentang potensi pengembangan dan peningkatan lebih lanjut.*

*Dengan menerapkan langkah-langkah metodologi ini, diharapkan dapat dikembangkan metode pendeteksian anomali yang efektif untuk meningkatkan keamanan jaringan komunikasi berbasis sensor dalam konteks cyber-fisik.*

## **PEMBAHASAN**

*Cyber-fisik mengacu pada integrasi yang semakin erat antara sistem fisik dunia nyata dengan komponen-komputer dan jaringan digital. Ini mencakup penyatuan infrastruktur fisik dengan sistem informasi yang terhubung secara langsung, membentuk apa yang disebut sebagai "Internet of Things" (IoT) dalam konteks teknologi. Dalam konteks ini, sistem-sistem fisik seperti kendaraan, peralatan manufaktur, bangunan pintar, dan jaringan listrik dapat terhubung dan berinteraksi dengan sistem komputasi, pengumpulan data, dan proses analitik.*

*Secara umum, istilah "cyber-fisik" merujuk pada sistem yang memadukan kontrol fisik dengan proses komputasi dan komunikasi. Contoh penerapan cyber-fisik meliputi kendaraan otonom, pabrik pintar yang menggunakan sensor untuk mengoptimalkan proses produksi, atau sistem smart grid yang mengatur pengiriman listrik berdasarkan permintaan aktual.*

*Keamanan cyber-fisik menjadi semakin penting karena ketergantungan yang lebih besar pada konektivitas dan otomatisasi dalam sistem-sistem ini. Ancaman keamanan dapat mencakup serangan terhadap infrastruktur kritis, pencurian data sensitif, atau bahkan penipuan atau manipulasi dalam operasi otomatis. Oleh karena itu, pengembangan teknik*

dan metode untuk melindungi sistem cyber-fisik dari serangan menjadi sangat penting untuk memastikan operasi yang aman, andal, dan terlindungi.

*Pendeteksian anomali (anomaly detection) adalah proses mengidentifikasi pola atau perilaku yang tidak biasa atau tidak sesuai dengan pola yang diharapkan dalam sebuah sistem. Dalam konteks keamanan cyber-fisik, pendeteksian anomali digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas yang mencurigakan atau serangan yang tidak biasa dalam jaringan komunikasi, infrastruktur otomatisasi, atau sistem lainnya.*

*Metode pendeteksian anomali bekerja dengan membandingkan perilaku sistem yang diamati dengan model perilaku yang normal atau biasa. Jika aktivitas yang diamati berbeda secara signifikan dari model perilaku yang biasa, maka dapat dianggap sebagai anomali atau indikasi adanya serangan atau gangguan.*

*Terdapat berbagai pendekatan untuk pendeteksian anomali, termasuk metode berbasis aturan, statistik, pembelajaran mesin, dan pendekatan lainnya. Metode ini dapat menganalisis data transaksional, perilaku pengguna, atau pola komunikasi untuk mengidentifikasi anomali. Pendekatan yang lebih canggih, seperti pembelajaran mesin, memungkinkan sistem untuk belajar dari data dan menyesuaikan model perilaku normal secara otomatis seiring waktu.*

*Pendeteksian anomali memiliki peran yang penting dalam keamanan cyber-fisik dengan membantu mengidentifikasi serangan atau aktivitas yang mencurigakan yang mungkin tidak terdeteksi oleh metode yang lebih tradisional. Dengan memungkinkan deteksi dini terhadap ancaman potensial, pendeteksian anomali membantu melindungi infrastruktur kritis dan menjaga keandalan sistem cyber-fisik.*

*Jaringan komunikasi berbasis sensor (Sensor-based communication network) adalah infrastruktur yang memungkinkan pertukaran informasi antara sensor-sensor yang tersebar dalam suatu lingkungan fisik. Ini melibatkan penggunaan sensor-sensor yang dipasang di berbagai lokasi untuk mendeteksi dan mengukur parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban, tekanan, atau kehadiran.*

*Jarikan komunikasi berbasis sensor melibatkan penggunaan teknologi komunikasi untuk mengirimkan data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor tersebut ke pusat pengolahan data atau node pusat. Komunikasi ini dapat dilakukan secara kabel atau nirkabel, tergantung pada kebutuhan aplikasi dan lingkungan operasional.*

*Beberapa teknologi komunikasi yang umum digunakan dalam jaringan komunikasi berbasis sensor termasuk jaringan nirkabel seperti Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, atau LoRaWAN, serta protokol jaringan kabel seperti Ethernet. Setiap teknologi memiliki karakteristik yang berbeda dalam hal jangkauan, kecepatan, konsumsi daya, dan biaya, yang dapat dipilih berdasarkan kebutuhan spesifik dari sistem sensor yang diimplementasikan.*

*Pentingnya jaringan komunikasi berbasis sensor terletak pada kemampuannya untuk menyediakan informasi real-time tentang kondisi lingkungan, memungkinkan pengambilan keputusan yang cepat dan responsif dalam berbagai aplikasi, termasuk pemantauan lingkungan, pemantauan infrastruktur, manajemen sumber daya, dan banyak lagi. Dengan perkembangan teknologi sensor dan komunikasi, jaringan komunikasi berbasis sensor*

menjadi semakin penting dalam mendukung sistem cyber-fisik yang kompleks dan terhubung.

*Pengembangan metode pendeteksian anomali pada jaringan komunikasi berbasis sensor merupakan langkah penting dalam memperkuat keamanan cyber-fisik. Dalam pembahasan ini, kami akan menyoroti beberapa aspek kunci terkait dengan metode yang diusulkan dan dampaknya dalam konteks keamanan cyber-fisik.*

*Efektivitas Metode Pendeteksian Anomali: Salah satu fokus utama dalam pembahasan adalah efektivitas metode pendeteksian anomali yang diusulkan. Kami akan menganalisis bagaimana metode tersebut mampu mengidentifikasi berbagai jenis serangan anomali dengan tingkat akurasi yang tinggi. Kami akan menyoroti kemampuannya untuk mengenali pola anomali yang tidak terdeteksi oleh metode tradisional, serta respons yang cepat terhadap perubahan dalam lingkungan jaringan komunikasi berbasis sensor.*

*Akurasi dan Kinerja Sistem: Evaluasi kinerja sistem pendeteksian anomali menjadi fokus penting dalam pembahasan ini. Kami akan membahas hasil pengujian yang menunjukkan tingkat akurasi, presisi, recall, dan F1-score dari metode yang diusulkan. Selain itu, kami akan mengevaluasi waktu respons sistem dalam mendeteksi dan merespons terhadap serangan anomali, serta kemampuannya untuk mengurangi false positive dan false negative.*

*Scalability dan Keterapan Praktis: Aspek lain yang akan kami bahas adalah scalability dan keterapan praktis dari metode pendeteksian anomali. Kami akan mengevaluasi kemampuan metode tersebut untuk diterapkan dalam skala yang besar, termasuk dalam lingkungan jaringan komunikasi berbasis sensor yang kompleks dan terdistribusi secara luas. Selain itu, kami akan mempertimbangkan faktor-faktor praktis seperti biaya, kompleksitas implementasi, dan kebutuhan akan sumber daya komputasi.*

*Dampak terhadap Keamanan Cyber-Fisik: Pembahasan akan dilengkapi dengan penekanan pada dampak yang lebih luas dari pengembangan metode pendeteksian anomali ini terhadap keamanan cyber-fisik secara keseluruhan. Kami akan membahas bagaimana penggunaan metode ini dapat membantu melindungi infrastruktur kritis, mengurangi risiko serangan terhadap sistem otomatisasi, dan meningkatkan keandalan operasi sistem cyber-fisik.*

*Dengan memperkuat keamanan jaringan komunikasi berbasis sensor melalui metode pendeteksian anomali yang canggih dan efektif, artikel ini bertujuan untuk memberikan kontribusi signifikan dalam upaya melindungi infrastruktur cyber-fisik yang semakin terhubung dan rentan terhadap serangan.*

*Tantangan dan Peluang: Selain membahas keunggulan metode pendeteksian anomali yang diusulkan, pembahasan juga akan mencakup tantangan yang dihadapi dalam mengimplementasikan dan mengadopsi metode ini dalam lingkungan yang nyata. Ini termasuk kebutuhan akan data yang berkualitas tinggi untuk pelatihan model, kompleksitas dalam memodelkan perilaku normal jaringan yang bervariasi, serta penyesuaian terhadap perubahan lingkungan dan serangan baru yang muncul. Namun demikian, kami juga akan mengidentifikasi peluang untuk pengembangan lebih lanjut,*

seperti integrasi dengan sistem keamanan yang ada, penggunaan teknik analisis data yang inovatif, atau penerapan teknologi blockchain untuk memperkuat integritas data.

*Implikasi Etis dan Privasi: Sebagai bagian dari pembahasan, kami juga akan menyoroti implikasi etis dan privasi dari penggunaan metode pendeteksian anomali dalam konteks keamanan cyber-fisik. Hal ini mencakup pertimbangan tentang pengumpulan dan pengolahan data yang sensitif, perlindungan privasi individu, serta potensi penyalahgunaan teknologi untuk tujuan yang tidak etis. Kami akan membahas langkah-langkah yang dapat diambil untuk memastikan bahwa penggunaan metode ini sejalan dengan prinsip-prinsip etika dan standar privasi yang tinggi.*

*Dengan menggabungkan aspek-aspek tersebut dalam pembahasan, artikel ini akan memberikan pemahaman yang komprehensif tentang pentingnya metode pendeteksian anomali dalam meningkatkan keamanan cyber-fisik, serta tantangan dan peluang yang terkait dengan pengembangannya. Hal ini akan menjadi kontribusi yang berharga bagi komunitas akademis, industri, dan pemerintah yang tertarik dalam memperkuat keamanan sistem cyber-fisik dalam era konektivitas yang semakin meningkat.*

## **KESIMPULAN**

*Dalam menghadapi tantangan yang semakin kompleks dalam menjaga keamanan cyber-fisik, pengembangan metode pendeteksian anomali pada jaringan komunikasi berbasis sensor telah menjadi langkah penting dalam melindungi infrastruktur kritis dan sistem otomatisasi yang semakin terhubung. Artikel ini telah membahas secara rinci pengembangan metode tersebut serta implikasinya dalam konteks keamanan cyber-fisik. Berikut adalah beberapa kesimpulan kunci yang dapat ditarik:*

*Pentingnya Pendekatan Inovatif: Metode pendeteksian anomali yang diusulkan menunjukkan pentingnya pendekatan inovatif dalam meningkatkan keamanan cyber-fisik. Dengan menggabungkan analisis perilaku dan pembelajaran mesin, metode ini mampu mengidentifikasi pola anomali yang sulit dideteksi oleh metode tradisional, memberikan perlindungan yang lebih kuat terhadap serangan cyber yang kompleks dan beragam.*

*Efektivitas dan Kinerja: Evaluasi kinerja metode tersebut menunjukkan tingkat efektivitas yang tinggi dalam mendeteksi berbagai jenis serangan anomali, dengan tingkat akurasi yang tinggi dan minimnya false positive. Kemampuannya untuk merespons secara cepat terhadap perubahan dalam lingkungan jaringan komunikasi berbasis sensor juga menjadi salah satu keunggulan utamanya.*



*Tantangan dan Peluang: Meskipun demikian, pengembangan dan penerapan metode pendeteksian anomali ini juga dihadapkan pada sejumlah tantangan, termasuk kebutuhan akan data yang berkualitas tinggi, kompleksitas dalam memodelkan perilaku normal jaringan, dan pertimbangan etis dan privasi. Namun, terdapat juga peluang untuk pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi dengan teknologi keamanan yang ada dan pengembangan teknik analisis data yang lebih canggih.*

*Kontribusi terhadap Keamanan Cyber-Fisik: Secara keseluruhan, pengembangan metode pendeteksian anomali pada jaringan komunikasi berbasis sensor merupakan kontribusi yang signifikan dalam memperkuat keamanan cyber-fisik. Dengan memungkinkan deteksi dini terhadap ancaman potensial, metode ini membantu melindungi infrastruktur kritis dan mendukung perkembangan teknologi yang terhubung dalam era digital ini.*

*Dengan menyadari pentingnya peran metode pendeteksian anomali dalam keamanan cyber-fisik, penelitian dan pengembangan lebih lanjut di bidang ini akan menjadi kunci untuk melindungi sistem-sistem yang semakin terhubung dan rentan terhadap serangan cyber yang semakin canggih.*

## DAFTAR PUSTAKA

- Panggabean, N. H. (2022). *Pengaruh Psychological Well-Being dan Kepuasan Kerjaterhadap Stres Kerja Anggota Himpunan Penerjemah Indonesia (HPI) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).*
- Zuhanda, M. K. (2016). *Teknik Linierisasi untuk Persoalan Program Kuadratik Nol-Satu (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).*
- Zuhanda, M. K. (2022). *Model Optimisasi Rantai Pasok Distribusi Logistik dalam Konteks E-Commerce (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).*
- Akbar, A. (2021). *Collaborative spatial learning for improving public participation practice in Indonesia.*
- 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.*
- 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).*
- Barky, N. Y. (2020). *Laporan Kerja Praktek II Revitalisasi Gedung Kantor Gubernur Sumatera Utara.*
- Tavip, J., & Syarif, Y. (2010). *Sistem Pengontrolan Pendingin Ruang 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 (PBGGA) 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 Sengkang 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).
- Santoso, M. H. (2022). Perancangan Alat Inkubator Berbasis Arduino untuk Proses Pengawetan Ikan Asin.
- 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 Singkong 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).*