

Codesign dan Simulasi Injeksi Kesalahan dari Sistem Tertanam Kritis Keamanan Menggunakan System C

Winda Istiana^{1*}), Ryan Puji Cahyono²⁾
^{1,2}Teknik Komputer
*Winda46576@gmail.com

Abstrak

Standar keamanan internasional IEC-61508 sangat merekomendasikan teknik injeksi kesalahan di semua langkah proses pengembangan sistem tertanam yang kritis terhadap keselamatan, agar untuk menganalisis reaksi sistem dalam lingkungan yang salah dan untuk memvalidasi penerapan toleransi kesalahan yang benar mekanisme. Injeksi kesalahan simulasi memungkinkan penilaian ketergantungan awal yang mengurangi risiko keterlambatan penemuan keselamatan perangkat desain terkait dan memungkinkan analisis toleransi kesalahan mekanisme pada setiap langkah penyempurnaan desain menggunakan teknik seperti: sebagai mode kegagalan dan analisis efek. Makalah ini menyajikan pemodelan executable berbasis SystemC pendekatan untuk codesign dan penilaian ketergantungan awal dengan cara injeksi kesalahan simulasi tertanam keselamatan-kritis sistem, yang mengurangi kesenjangan antara abstraksi di mana sistem dirancang dan dinilai. Efektivitas ini pendekatan diperiksa dalam odometri kritis keselamatan di atas kapal contoh, yang menggabungkan toleransi kesalahan dan sensor-fusion.

Kata kunci : injeksi kesalahan, desain Bersama, Sistem C, IEC-61508, keamanan, odometri.

PENDAHULUAN

Sistem tertanam yang kritis terhadap keselamatan adalah sistem yang dapat diandalkan yang dapat menyebabkan cedera atau hilangnya nyawa manusia jika terjadi kegagalan(Aziz & Fauzi, 2022),(Arrahman, 2022),(Sartika & Pranoto, 2021),(Andraini & Ismail, 2022),(Andraini & Bella, 2022),(Andraini, 2022). Toleransi kesalahan ditujukan untuk menghindari kegagalan , sehingga toleransi kesalahan hadir dalam tertanam yang kritis terhadap keselamatan sistem(Jamaaluddin & Sumarno, 2017), (Sintaro et al., 2022), (*Comparison of Support Vector Machine and Naïve Bayes on Twitter Data Sentiment Analysis*, 2021), (Andraini et al., n.d.). Standar keamanan internasional IEC-61508 sangat merekomendasikan teknik injeksi kesalahan di semua langkah proses pengembangan, untuk menganalisis reaksi sistem dalam lingkungan yang salah dan untuk memvalidasi

diimplementasikan Mekanisme Toleransi Kesalahan (FTM)(Wardany et al., 2021), (Styawati, Samsugi, Rahmanto, & Ismail, 2022).

Peramalan kesalahan, pencegahan, penghapusan dan toleransi adalah berarti untuk mencapai ketergantungan dan harus dipertimbangkan dengan hati-hati(Widodo et al., 2020),(Neneng et al., 2021),(Styawati, Samsugi, Rahmanto, & ..., 2022),(Iilir, 2020). Gagal melakukannya dapat menyebabkan penemuan terlambat dari jebakan desain terkait keselamatan yang mungkin memerlukan desain ulang produk yang mahal. Selain itu, identifikasi dan pemilihan FTM yang tepat memerlukan analisis yang cermat dan desain eksplorasi ruang angkasa melalui semua merancang langkah-langkah penyempurnaan menggunakan teknik seperti Mode Kegagalan dan Analisis Efek (FMEA)(Fitra Arie Budiawan, 2019),(Ichsanudin, 2022),(Nurkholis & Sitanggang, 2019). Oleh karena itu, penilaian ketergantungan awal FTM tidak hanya mengurangi risiko perangkat desain yang mahal, tetapi mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk desain dan analisis FTM yang dipilih, mengurangi keseluruhan waktu pengembangan produk(Didipu, 2013).

Pendekatan Injeksi Kesalahan Simulasi (SFI) memungkinkan verifikasi sistem jauh sebelum prototipe pertama adalah tersedia dan mengurangi kesenjangan antara tingkat abstraksi di mana sistem dirancang dan dinilai(Samsugi & Silaban, 2018),(Bakri & Darwis, 2021),(Pasha, Megawaty, et al., 2023),(Isnain & Putra, 2023). Sistem C adalah kerangka kerja desain bersama standar yang dapat diintegrasikan aliran desain sistem tertanam(Suaidah, 2021). Ini mendukung yang dapat dieksekusi pemodelan dan SFI sistem berbasis perangkat keras-perangkat lunak di tingkat abstraksi yang berbeda, memungkinkan verifikasi awal deteksi kesalahan dan mekanisme toleransi yang dapat disempurnakan dalam siklus desain yang berurutan(Damayanti et al., 2021). Ketersediaan single lingkungan desain untuk desain, simulasi yang dipercepat dan SFI menyederhanakan desain sistem secara keseluruhan dan dapat diandalkan penilaian(Rahmanto et al., 2020). Mengikuti pertimbangan di atas, sebuah System C pendekatan berbasis diusulkan untuk codesign dan ketergantungan penilaian melalui SFI untuk sistem tertanam yang kritis terhadap keselamatan(Puspaningrum et al., 2020).

PEKERJAAN YANG BERHUBUNGAN

Injeksi kesalahan telah menjadi area penelitian aktif selama beberapa decade dan seperti yang dijelaskan sebelumnya, injeksi kesalahan sangat direkomendasikan oleh IEC-61508(Novian et al., 2019). Ketersediaan codesign kerangka kerja memungkinkan evaluasi ketergantungan system dari tahap awal desain, namun meluas penggunaan kerangka kerja desain bersama dalam industri secara historis terbatas. Saat ini System C dinyatakan sebagai standar de-facto dalam aliran desain industri sistem perangkat keras - perangkat lunak(Ramadhan et al., 2021),(Informatika et al., 2023). Model kesalahan, strategi injeksi kesalahan dan percepatannya simulasi di System C telah dicakup oleh berbagai penulis tetapi sebagian besar terkonsentrasi pada platform perangkat keras VHDL dan tingkat SoC(Rusliyawati et al., 2021)(Samsugi et al., 2018). Namun, strategi injeksi kesalahan yang diusulkan dan simulasi yang dipercepat di System C juga dapat diterapkan pada tingkat abstraksi yang lebih tinggi di mana istilah sistem sesuai dengan terdistribusi lengkap sistem tertanam yang kritis terhadap keselamatan(Riskiono & Pasha, 2020)(Alita et al., 2021).

Di sisi lain, penilaian ketergantungan subsistem odometri onboard kereta untuk Perlindungan Kereta Otomatis (ATP) sistem biasanya dilakukan dengan menggunakan Model di Simulasi loop (MiL) (mis., Simulink) dengan eksperimental data, Perangkat Keras khusus dalam Loop (HiL) dan melatih uji di jalur nyata(Samsugi et al., 2020)(Rumalutur & Ohoiwutun, 2018). Usulan awal penggunaan codesign untuk pengembangan dan penilaian ketergantungan menyediakan pendekatan identifikasi dan validasi awal yang mengurangi kesenjangan antara tes MiL, HiL, dan kereta secara nyata melacak(Herman et al., 2020). Ini mengurangi kesenjangan antara tingkat abstraksi di FTM mana yang dirancang dan diverifikasi, sambil memungkinkan rancang eksplorasi ruang angkasa di mana Toleransi Kesalahan yang sesuai Mekanisme (FTM) dapat dipilih dan dievaluasi pada setiap langkah penyempurnaan desain(Nabila et al., 2021).

KAJIAN PUSTAKA

Dalam Bagian ini, deskripsi latar belakang dasar diberikan tentang SystemC, injeksi kesalahan, dan Kontrol Kereta Eropa Sistem (ETCS) sistem odometri.

A. Sistem C

System C adalah perpustakaan kelas C++ open-source yang digunakan untuk mengembangkan model yang dapat dieksekusi dari sistem perangkat keras-perangkat lunak di tingkat abstraksi yang berbeda(Herdiansah et al., 2021),(Isnain et al., 2023),(Budi & Suryono, 2023),(Pasha, Sucipto, et al., 2023). Ini adalah codesign perangkat lunak-perangkat keras dan lingkungan eksekusi yang distandarisasi sebagai IEEE-1666, di mana komponen perangkat keras dan perangkat lunak dapat dijelaskan menggunakan bahasa umum yang menggabungkan semantic kesamaan dengan pemrograman berorientasi objek VHDL dan C++ untuk perangkat lunak(Rahmanto, 2021b),(Sulistiani et al., 2020),(Sofa et al., 2020). Selain itu, System C menyediakan banyak tingkat abstraksi dari tingkat arsitektur hingga Register Level Transfer (RTL), Model Level Transaksi (TLM) standar dan dimungkinkan untuk memperluas UML untuk mengekspresikan System C konsep(Isnain et al., 2020),(Nurkholis et al., 2021),(Alim et al., 2020).

System C menyediakan kernel simulasi yang digerakkan oleh peristiwa di C++ yang memungkinkan simulasi proses bersamaan (the design) menggunakan simulasi lingkungan real-time(Teknologi et al., 2021),(Susanto & Ahdan, 2020),(Wantoro et al., 2020). Acara adalah seketika, mereka tidak memiliki nilai dan tidak ada durasi. Waktu komputasi suatu proses adalah nol (waktu simulasi) dan semua proses yang sensitif terhadap peristiwa tertentu akan dipicu dalam titik waktu diskrit yang sama dan konsisten jika terjadi peristiwa aktivasi, yang mengarah ke eksekusi proses secara simultan dan seketika. Untuk menjalankan proses simultan, System C memberlakukan urutan parsial untuk setiap siklus delta yang berlangsung untuk waktu yang sangat singkat dan yang tidak memajukan waktu simulasi. Itu berarti semua simultan tindakan dieksekusi secara berurutan dalam waktu simulasi nol(Hendrastuty et al., 2021),(Alita, 2021),(Sulistiani et al., 2021),(Sulastio et al., 2021).

B. Kesalahan dan injeksi kesalahan

Kesalahan adalah penyimpangan dari keadaan layanan yang benar, dan kegagalan adalah "peristiwa yang terjadi ketika layanan yang disampaikan" menyimpang dari pelayanan yang benar”(Megawaty & Santia, 2019). Taksonomi kesalahan terperinci dapat ditemukan di, di mana kesalahan dapat diklasifikasikan berdasarkan ketekunan (sementara-permanen), batas sistem (internal-eksternal), penyebab fenomenologis (alami-buatan

manusia), dimensi (perangkat keras-perangkat lunak), dll. Injeksi kesalahan digunakan untuk menilai ketergantungan sistem yang diberikan, dengan menganalisis reaksi sistem dalam lingkungan dan untuk memvalidasi implementasi yang benar dari FTM(Hana et al., 2019)(I. Ahmad et al., 2018).

Injeksi Kesalahan yang Diimplementasikan Perangkat Lunak (SWIFI), Hardware Implemented Fault Injection (HWIFI) dan Simulated Fault Injection (SFI) harus dibedakan. Itu Tujuan SWIFI adalah untuk mereproduksi pada tingkat perangkat lunak kesalahan yang akan dihasilkan pada kesalahan yang terjadi dalam perangkat keras atau perangkat lunak eksekusi. Di HWIFI, kesalahannya injeksi dilakukan pada sistem akhir atau prototipe sebelumnya. SFI mendukung penilaian ketergantungan awal dari sistem jauh sebelum prototipe sistem pertama tersedia. Pada sisi lain, jenis injeksi kesalahan terfokus dan statistik harus dibedakan berdasarkan pemilihan dan kesalahan yang dipilih secara statistik, masing-masing. Sementara penggunaan kesalahan teknik injeksi di System C masih langka, SFI di HDL model adalah area yang diperiksa dengan baik dengan tiga metode utama untuk injeksi kesalahan(Surahman et al., 2014).

- Penyabot: modul injeksi kesalahan tambahan diaktifkan oleh input kontrol dimasukkan di antara modul.
- Mutan: suatu komponen dimodifikasi/diganti oleh suatu komponen yang diperluas yang memberikan perilaku yang salah dalam adanya kesalahan yang diberikan.
- Perintah simulator: nilai variabel atau sinyal dimodifikasi secara manual atau otomatis menggunakan simulator perintah.

C. Odometri ETCS

Sistem Manajemen Lalu Lintas Kereta Api Eropa (ERTMS) adalah inisiatif yang didukung Uni Eropa untuk definisi standar persinyalan kereta api yang unik di seluruh Eropa, di mana Sistem Kontrol Kereta Eropa on-board (ETCS) adalah Perlindungan Kereta Otomatis (ATP). ETCS on-board kereta berkecepatan tinggi adalah perangkat yang sangat penting untuk keselamatan(Kurniawan & Surahman, 2021),(I. S. Ahmad et al., 2019).

Sistem (SIL-4) yang melindungi kereta api dengan mengawasi jarak dan kecepatan yang ditempuh, mengaktifkan rem darurat jika nilai yang diizinkan terlampaui. Komputer keselamatan ETCS disebut European Vital Computer (EVC). Itu bergantung pada pengukuran jarak dan kecepatan yang disediakan oleh on-board sistem odometri, yang melakukan perhitungan mati berdasarkan aset beragam sensor seperti encoder kecepatan sudut roda, akselerometer longitudinal dan radar Doppler. Standar membutuhkan presisi odometri untuk berada dalam batas dijelaskan dalam Persamaan 1, kesalahan harus selalu lebih rendah dari lima meter ditambah lima persen dari jarak tempuh untuk kecepatan perjalanan maksimum 500 km/jam, di mana s adalah jarak tempuh dan sm adalah jarak yang diukur. Kereta api infrastruktur menyediakan posisi absolut kereta setiap kali baru eurobalisse dibaca, dan lokasi ini digunakan untuk mengoreksi mengkalibrasi ulang sistem odometri secara online(Dita et al., 2021).

$$\forall t, |sm(t) - s(t)| \leq 5m + (5/100) \cdot s(t)$$

METODE

Pendekatan yang diusulkan menargetkan codesign dan penilaian ketergantungan melalui Simulated Fault Injection (SFI) dari sistem tertanam yang kritis terhadap keselamatan menggunakan SystemC(Septilia et al., 2020). Bagian ini menjelaskan keuntungan SystemC untuk SFI, yang diusulkan lingkungan injeksi kesalahan dan tingkat abstraksi.

A. SystemC untuk SFI

System C adalah bahasa pemodelan yang dipilih karena memberikan banyak keuntungan untuk desain bersama dan ketergantungan penilaian melalui SFI. Pertama-tama itu adalah standar bahasa yang menjadi standar de facto dalam industry codesign dan telah dievaluasi sebagai yang cocok bahasa pemodelan untuk SFI platform perangkat keras dan SoC desain. Ini adalah pustaka C++ yang mewarisi manfaat dari pemrograman berorientasi objek dan dapat diintegrasikan dalam berbagai aliran desain dan lingkungan desain, termasuk dibatasi transformasi dari UML ke System C dan System C ke VHDL. Berdasarkan hal ini, penilaian desain, pengembangan, dan ketergantungan oleh SFI dapat

dilakukan dalam satu desain bersama kerangka kerja dengan tingkat abstraksi yang berbeda. Di Selain itu, ini menyediakan waktu simulasi global yang dapat digunakan untuk menentukan instan waktu injeksi kesalahan - durasi dan memicu kesalahan simultan dalam modul(Borman & Priyopradono, 2018),(Pohan et al., 2019).

B. Lingkungan injeksi kesalahan

Modul injeksi kesalahan menjalankan perintah simulator dengan memperbarui tabel variabel, dengan nilai yang dijelaskan dalam tabel perintah yang disediakan oleh desainer dan diproses oleh perkembangan zaman. Modul injeksi kesalahan menyediakan port, yang dapat digunakan untuk membaca nilai terbaru dari setiap variabel. Banyaknya variabel dan arti dari setiap variabel adalah tergantung aplikasi, the modul injeksi kesalahan adalah generik.

Transactor adalah modul kustom opsional yang mengubah variabel injeksi kesalahan ke dalam variabel khusus, sinyal dan port yang dibutuhkan oleh model sistem.

Model sistem adalah desain yang sedang dianalisis, yang mungkin mengintegrasikan mutan dan penyabot khusus yang diperlukan modul yang mengakses nilai variabel melalui port injeksi kesalahan dan variabel kustom, sinyal dan port yang dikonversi oleh transactor. Pemeriksa adalah modul khusus yang memverifikasi kebenaran pengoperasian sistem bahkan di bawah adanya kesalahan(Ahdan et al., 2020).

Idx pengenalan adalah bilangan asli yang mengidentifikasi variabel yang akan diperbarui dengan nilai yang diberikan, selama interval ditentukan oleh jendela. Jendela waktu di mana diberikan perintah injeksi kesalahan aktif didefinisikan oleh offset, durasi dan pengenalan (id) yang memilih waktu referensi centang untuk digunakan. Durasi ditentukan oleh nilai antara nol dan durasi tak terbatas, selamanya (F). Modul yang berbeda dan tingkat abstraksi mungkin beroperasi dengan skala waktu yang berbeda, misalnya, macrotick tingkat sistem mungkin urutan besarnya lebih besar dari microticks di tingkat perangkat keras, sehingga berguna untuk referensi jendela waktu injeksi kesalahan dengan skala waktu yang digunakan oleh setiap modul yang dianalisis. Modul injeksi kesalahan mendukung jumlah kutu waktu referensi yang berubah-ubah, di mana nomor adalah aplikasi khusus dan kutu waktu harus diperbarui oleh pemeriksa(Anderha & Maskar, 2021).

Untuk memodelkan efek transien dan permanen kesalahan, nilai variabel yang disuntikkan tidak permanen tetapi hanya aktif selama jendela waktu perintah injeksi kesalahan. Itu berarti, selama setiap iterasi semua variabel direset ke nilai defaultnya dan hanya diperbarui dengan perintah aktif (centang waktu berada dalam jendela waktu perintah). Standarnya nilai semua variabel adalah nol, namun dimungkinkan untuk mendefinisikan kembali nilai default (nilai ault def) dari apa pun yang diberikan variabel (idx) menggunakan perintah nilai default yang dinyatakan sebagai hh-1, 1, li, idx, nilai defaulti. Berdasarkan ini semua kesalahan perintah injeksi bersifat sementara kecuali yang ditentukan dengan durasi waktu selamanya yang merupakan patahan permanen. Di kasus injeksi kesalahan simultan dari variabel yang sama, beberapa perintah mencoba memperbarui variabel yang sama secara bersamaan titik waktu, perintah aktif terbaru menimpa sebelumnya nilai-nilai. Perintah injeksi kesalahan, sementara dan permanen, adalah dieksekusi oleh transaktor dan model sistem yang sedang dianalisis. Transactor mengubah perintah menjadi variabel khusus dan keluaran yang merangsang model sistem yang sedang dianalisis. Itu model sistem yang sedang dianalisis mengandung penyabot dan mutan yang menjalankan perintah yang menghasilkan kesalahan dan kesalahan internal (misalnya kerusakan data, bit-flip data, urutan eksekusi yang salah, tidak adanya komunikasi, dll)(Nurkholis et al., 2021)(Rahmanto, 2021a).

command = (window, idx, value)

window = (id, offset, duration)

C. Tingkat abstraksi

Tiga tingkat abstraksi berturut-turut diusulkan untuk desain dan injeksi kesalahan simulasi tertanam yang kritis terhadap keselamatan sistem yang menggunakan System C(Wantoro, 2020):

- Pada tingkat perilaku, perancang mengimplementasikan yang ditentukan perilaku sistem dan menganalisis bagaimana sistem bereaksi dalam adanya kesalahan, biasanya disebut kesalahan eksternal hadir di batas sistem.

- Pada tingkat arsitektur, perancang menganalisis keandalan arsitektur yang dirancang, misalnya, Triple Modular Redundansi (TMR), di bawah kehadiran eksternal dan kesalahan internal.
- Pada tingkat implementasi sistem, elemen arsitektur sebelumnya dipartisi menjadi subsistem perangkat keras-perangkat lunak dan injeksi kesalahan simulasi dilakukan.

D. STUDI KASUS, SISTEM KEAMANAN ODOMETRI

Bagian ini menjelaskan studi kasus, ketergantungan penilaian contoh sistem odometri keselamatan ETCS menggunakan pendekatan SFI yang dijelaskan sebelumnya. Pemilihan kesalahan dipertimbangkan dipandu oleh analisis FMEA di mana: potensi kesalahan yang dapat menyebabkan kegagalan sistem dianalisis pada tingkat abstraksi yang berbeda, dan analisis rinci tentang lingkungan sistem (dunia fisik eksternal).

- Sistem berinteraksi dengan lingkungan, disusun oleh dunia fisik tempat odometri beroperasi (kereta dan kereta api) dan infrastruktur yang berinteraksi dengan odometri dengan (subsistem ETCS).
- Sistem odometri yang dirancang di Bagian ini menjaga antarmuka tidak berubah-ubah sehingga detail implementasinya tersembunyi (enkapsulasi) untuk semua level abstraksi.
- Modul pemeriksa memverifikasi seperangkat aturan selama system simulasi seperti yang dijelaskan dalam Bagian VI.
- Modul injeksi kesalahan yang dijelaskan di Bagian IV menyuntikkan kesalahan dalam model.

A. Tingkat Perilaku

Spesifikasi perilaku utama membutuhkan subsistem odometri onboard kereta untuk memberikan hasil yang akurat dan andal jarak tempuh dan pengukuran kecepatan, yang membutuhkan pendekatan fusi sensor toleransi kesalahan yang telah menjadi topic penelitian untuk penulis yang berbeda seperti Malvezzi dan Mirabadi . Solusi yang diusulkan berbeda dalam kombinasi beragam sensor untuk fusi sensor dan FTM yang berbeda (misalnya, filter Kalman vs. jaringan saraf). Untuk ini diberikan contoh, salah satu

pendekatan yang dijelaskan oleh Malvezzi telah dipilih, yang menggunakan dua encoder kecepatan dan satu akselerometer memanjang.

B. Tingkat arsitektur

Untuk mencapai yang dibutuhkan Tingkat Integritas Keamanan, SIL-4, Redundansi Triple Modular (TMR) arsitektur dipilih untuk toleransi kesalahan dengan replikasi dan pemungutan suara. Setiap algoritma sensor-fusion dipetakan ke a node, di mana setiap node yang direplikasi dianggap sebagai Fault Containment Region (FCR), yang berarti bahwa kesalahan tidak disebarkan di luar node. Untuk tujuan ini, setiap node adalah fail-silent yang berarti bahwa jika kegagalan didiagnosis pada node level, tidak ada nilai output yang ditransmisikan. Pemilih mewakili EVC, komputer on-board ETCS yang toleran terhadap kesalahan yang kritis terhadap keselamatan. Untuk mengevaluasi FTM yang dijelaskan, penyabot adalah: dimasukkan ke dalam saluran komunikasi antara redundan node dan pemilih. Node dirancang untuk menjadi fail-silent, jadi kegagalan dari setiap node redundan yang diberikan harus dimanifestasikan sebagai keheningan (tidak ada transmisi). Meskipun demikian, itu juga diperlukan untuk memastikan bahwa bahkan jika pelanggaran asumsi ini terjadi, misalnya, mengirim nilai yang salah atau benar secara sintaksis nilai yang tidak valid, baik kesalahan tersebut disembunyikan atau terdeteksi. Untuk ini tujuan sistem harus mentolerir kesalahan seperti kegagalan node, node mengirim nilai yang salah, node mengirim secara sintaksis memperbaiki nilai yang tidak valid dan kegagalan saluran komunikasi. SEBUAH keputusan desain dibuat untuk mempertimbangkan kesalahan antarmuka sensor pada tingkat implementasi sistem.

C. Tingkat implementasi sistem

Pada tingkat implementasi sistem, subsistem diidentifikasi, partisi perangkat keras-perangkat lunak diputuskan, model sensor mungkin disempurnakan, mikroprosesor dan platform dapat dimodelkan, dll. Tingkat detail dan potensi penggunaan standar (misalnya, TLM) adalah keputusan produk. Jenis kesalahan statistik tambahan perlu ditoleransi seperti: gangguan sinyal listrik antara sensor dan antarmuka platform (I/F) karena Interferensi Elektromagnetik (EMI) dan salah pembacaan nilai dari antarmuka sensor FPGA. Untuk

tujuan ini, penyabot dimasukkan antara sensor dan antarmuka sensor dan antara antarmuka sensor dan node sensor-fusion.

- Encoder kecepatan sudut yang dipilih menghasilkan dua persegi gelombang sinyal listrik dalam kuadratur, N pulsa per roda rotasi, sedangkan sensor akselerasi menyediakan analog sinyal sebanding dengan percepatan.
- Batas sistem, antarmuka (I/F) yang membaca sensor akan diimplementasikan sebagai perangkat keras dan VHDL.
- Algoritma sensor-fusion diimplementasikan sebagai perangkat lunak tugas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menjelaskan penilaian ketergantungan oleh sarana injeksi kesalahan odometri yang dirancang sebelumnya sistem keselamatan (lihat Bagian V), berdasarkan SystemC . yang diusulkan Pendekatan Injeksi Kesalahan Simulasi (SFI) dijelaskan di Bagian IV. Dalam penilaian ini, pengertian time tick diganti dengan gagasan jarak (s), sehingga kesalahan dimasukkan pada suatu jarak tempuh tick dengan granularitas 1km.

A. Percobaan

Sistem odometri yang sebelumnya dirancang di Bagian V tunduk pada percobaan injeksi kesalahan simulasi sementara dan permanen untuk ketiga tingkat abstraksi (perilaku, arsitektur dan implementasi system).

- Skenario penilaian umum dan lingkungan kesalahan dijelaskan, yang mendefinisikan kecepatan kereta yang beroperasi set-point (v_{sp}) dan nilai default untuk amplitud kebisingan sensor akselerasi (w_{noise}), kesalahan lokasi akselerometer (ζ), jarak antara eurobalisses ($s_{balisse}$), faktor adhesi roda (adhesi) dan perbedaan radius roda ($\Delta wheel\ radius_{diff}$).
- Skenario diperluas dengan penambahan perilaku, arsitektur dan implementasi sistem terkait gangguan sementara dan permanen. Kepatuhan kereta api faktor (adhesi) kesalahan perilaku diperbarui untuk jendela jarak yang berbeda. Kesalahan arsitektur disuntikkan seperti kegagalan node (kegagalan node 1 . . . 3), kegagalan saluran komunikasi (kegagalan

komunikasi 1 . . . 3) dan penerimaan pesan tidak valid (pesan inv 1 . . . 3). Kesalahan statistik implementasi sistem juga disuntikkan, mis., EMI faktor probabilitas (emi).

Deteksi kesalahan dicapai dengan Out-of-Norm Assertions (ONA) diagnostik, seperangkat aturan diagnostik yang didistribusikan di node dan antarmuka pemilih yang mendeteksi kondisi di luar norma di domain nilai (misalnya, nilai di luar batas) dan domain waktu (misalnya, tidak adanya pesan berkala, urutan yang salah, dll.). Toleransi kesalahan dicapai dengan menggunakan replikasi dan penyembunyian kesalahan, oleh pemilih eksternal dan algoritma sensor-fusion yang mengandalkan pada satu set beragam sensor redundan. Modul pemeriksa menghasilkan file jejak dengan variable minat dan memverifikasi seperangkat aturan selama simulasi sistem, beberapa aturan mengacu pada persyaratan keamanan sistem umum seperti: Persamaan 1 dan aturan lainnya mengacu pada FTM yang diterapkan (misalnya, dalam kasus kegagalan simpul, pemilih perlu mendeteksinya dalam waktu kurang dari dua periode eksekusi).

B. Hasil percobaan

Simulasi dijalankan menggunakan laptop dengan mikroprosesor inti ganda (1,66 GHz) dan Sistem operasi Windows XP. Simulasi dua jam (7200 detik) dan perjalanan panjang 290 km dilakukan dengan semua tiga tingkat abstraksi (perilaku, arsitektur dan sistem) implementasi) dengan meningkatnya waktu simulasi keseluruhan dari 141, 150 dan 1497 detik. Rasio waktu simulasi (fisik waktu simulasi dibagi waktu simulasi) adalah 51, 48, dan 4.8, sehingga SFI dipercepat. Kesalahan pengukuran selama fase akselerasi dan pengereman karena roda selip. Kesalahan pengukuran kecepatan menyebabkan pengukuran jarak kesalahan yang ditunjukkan pada Gambar 9 untuk setiap simpul dan pemilih rangkap tiga, di mana kesalahan pengukuran yang dipilih berada dalam keamanan yang diperlukan margin yang dijelaskan dalam Persamaan 1 sebagaimana diverifikasi oleh pemeriksa modul. Jika pengukuran node yang diberikan tidak tersedia atau terdeteksi sebagai salah, kesalahan pengukuran nol ditetapkan ke simpul ini untuk tujuan ilustrasi. Setiap node menggunakan sensor toleransi kesalahan dan fusi sensor untuk memberikan

hasil yang akurat dan pengukuran yang andal bahkan di bawah adanya kesalahan lingkungan eksternal. Sistem dinilai dapat diandalkan, efek dari kesalahan implementasi arsitektur dan sistem adalah ditutupi dan dikurangi oleh pemilih dan FTM terpilih yang memimpin untuk kesalahan pengukuran jarak kecil (keselamatan) dan ketersediaan sistem bahkan di bawah kegagalan beberapa sensor. Pada Di sisi lain, kesalahan jarak tertinggi adalah karena kesalahan geser-selip berasal dari kesalahan lingkungan eksternal seperti terdegradasi faktor adhesi dan posisi sensor akselerasi yang salah. Secara keseluruhan, hasil eksperimen menunjukkan bahwa FTM arsitektur (TMR) dan implementasi sistem terpilih (misalnya, toleransi gangguan encoder) memberikan toleransi kesalahan yang cukup untuk eksperimen yang diberikan. Di sisi lain, sensor toleransi kesalahan dan algoritma sensor-fusion bisa lebih jauh ditingkatkan. Misalnya, penambahan beragam tambahan sensor seperti radar Doppler akan meningkatkan toleransi kesalahan dan mitigasi selama kesalahan slip-selip roda.

KESIMPULAN

Makalah ini menyajikan pendekatan baru berbasis SystemC untuk pemodelan dan penilaian ketergantungan dengan cara SFI sistem tertanam yang kritis terhadap keselamatan menggunakan SystemC. Itu pendekatan telah diperiksa dalam penilaian ketergantungan contoh sistem odometri keselamatan yang membutuhkan banyak jenis kesalahan untuk diidentifikasi, ditoleransi dan diisolasi untuk memberikan pengukuran yang akurat dan dapat diandalkan. Hal ini menyebabkan pertumbuhan kompleksitas yang cukup besar yang tetap perlu dinilai dapat diandalkan untuk disertifikasi oleh kereta api standar keamanan elektronik yang didasarkan pada IEC-61508. Penggunaan lingkungan codesign berbasis SystemC tunggal untuk desain, simulasi dan akselerasi SFI memberikan banyak keuntungan. Sistem ini dirancang dengan menggunakan single bahasa pemodelan standar di mana metode injeksi kesalahan seperti perintah simulator, mutan dan penyabot terintegrasi. Ini memudahkan eksplorasi dan analisis ruang desain FTM menggunakan teknik seperti FMEA dan percepatannya simulasi dan evaluasi. Selain itu, ini mendukung beberapa tingkat abstraksi, dari perilaku hingga detail partisi perangkat keras-perangkat lunak, sehingga injeksi kesalahan dapat dieksekusi dalam beberapa langkah proses desain sebagai sangat direkomendasikan oleh standar keamanan internasional IEC-61508. Namun,

pendekatan ini harus selalu dilengkapi dengan eksekusi akhir injeksi kesalahan pada sistem tertanam kritis keselamatan fisik. Untuk pekerjaan yang akan datang, diharapkan untuk menganalisis perawatannya injeksi kesalahan berorientasi untuk memastikan bahwa malfungsi palsu yang menarik (misalnya, kesalahan sementara) terdeteksi dan terdaftar. Pendekatan ini tidak menargetkan penilaian ketergantungan, tetapi pemeliharaan dan pengurangan biaya dukungan sistem.

REFERENSI

- Ahdan, S., Putri, A. R., & Sucipto, A. (2020). Aplikasi M-Learning Sebagai Media Pembelajaran Conversation Pada Homey English. *Sistemasi*, 9(3), 493. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v9i3.884>
- Ahmad, I. S., Suharsono, A., & Pusporini, E. (2019). Prediction of the Number of Passengers at Yogyakarta Airport. *IJCSAM (International Journal of Computing Science and Applied Mathematics)*, 5(2), 66–69.
- Ahmad, I., Surahman, A., Pasaribu, F. O., & Febriansyah, A. (2018). Miniatur Rel Kereta Api Cerdas Indonesia Berbasis Arduino. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 2(2).
- Alim, S., Lestari, P. P., & Rusliyawati, R. (2020). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Kakao Menggunakan Metode Certainty Factor Pada Kelompok Tani Pt Olam Indonesia (Cocoa) Cabang Lampung. *Jurnal Data Mining Dan Sistem Informasi*, 1(1), 26–31.
- Alita, D. (2021). Multiclass SVM Algorithm for Sarcasm Text in Twitter. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi)*, 8(1), 118–128. <https://doi.org/10.35957/jatisi.v8i1.646>
- Alita, D., Putra, A. D., & Darwis, D. (2021). Analysis of classic assumption test and multiple linear regression coefficient test for employee structural office recommendation. *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, 15(3), 1–5.
- Anderha, R. R., & Maskar, S. (2021). PENGARUH KEMAMPUAN NUMERASI DALAM MENYELESAIKAN MASALAH MATEMATIKA TERHADAP PRESTASI BELAJAR MAHASISWA PENDIDIKAN MATEMATIKA. *Jurnal Ilmiah Matematika Realistik*, 2(1), 1–10. <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/pendidikanmatematika/article/view/774>
- Andraini, L. (2022). Pengeimplementasian DevOps Pada Sistem Tertanam dengan ESP8266 Menggunakan Mekanisme Over The Air. 2(4), 1–10.
- Andraini, L., & Bella, C. (2022). Pengelolaan Surat Menyurat Dengan Sistem Informasi (Studi Kasus : Kelurahan Gunung Terang). *Jurnal Portal Data*, 2(1), 1–11. <http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/view/71>
- Andraini, L., Indonesia, U. T., Lampung, B., Indonesia, U. T., Lampung, B., Surahman, A., Indonesia, U. T., & Lampung, B. (n.d.). Design And Implementation Of 02244 TDS Meter Gravity Sensor And 4502C pH Sensor On Hydroponic.
- Andraini, L., & Ismail, I. (2022). KARYA MESUJI. 3(1), 123–131.

- Arrahman, R. (2022). Rancang Bangun Pintu Gerbang Otomatis Menggunakan Arduino Uno R3. *Jurnal Portal Data*, 2(2), 1–14. <http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/view/78>
- Aziz, M., & Fauzi, A. (2022). CNN UNTUK DETEKSI BOLA MULTI POLA STUDI KASUS : LIGA HUMANOID ROBOCUP CNN For Multi Pattern Ball Detection Case Study : RoboCup Humanoid League. 5(1), 23–34.
- Bakri, M., & Darwis, D. (2021). PENGUKUR TINGGI BADAN DIGITAL ULTRASONIK BERBASIS ARDUINO DENGAN LCD DAN OUTPUT. 2, 1–14.
- Borman, R. I., & Priyopradono, B. (2018). Implementasi Penerjemah Bahasa Isyarat Pada Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Dengan Metode Principal Component Analysis (PCA). *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 3(1), 103–108.
- Budi, I., & Suryono, R. R. (2023). Application of named entity recognition method for Indonesian datasets: a review. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 12(2), 969–978. <https://doi.org/10.11591/eei.v12i2.4529>
- Damayanti, D., Yudiantara, R., & An'ars, M. G. (2021). SISTEM PENILAIAN RAPOR PESERTA DIDIK BERBASIS WEB SECARA MULTIUSER. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 2(4), 447–453.
- Didipu, N. L. (2013). Pengaruh Lapisan Hybrid Serat Karbon Dan Serat Gelas Pada Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang. *Digilib.Unhas.Ac.Id*, 1–67.
- Dita, P. E. S., Al Fahrezi, A., Prasetyawan, P., & Amarudin, A. (2021). Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Sensor Sidik Jari Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO R3. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 2(1), 121–135.
- Fitra Arie Budiawan. (2019). Desain Interaksi Aplikasi Platform Traveller Menggunakan Pendekatan Design Thinking.
- Hana, P., Rusliyawati, R., & Damayanti, D. (2019). Pengaruh Media Richness Dan Frequently Update Terhadap Loyali Tas Civitas Akademika Perguruan Tinggi. *Jurnal Tekno Kompak*, 13(2), 7. <https://doi.org/10.33365/jtk.v13i2.328>
- Hendrastuty, N., Rahman Isnain, A., & Yanti Rahmadhani, A. (2021). Analisis Sentimen Masyarakat Terhadap Program Kartu Prakerja Pada Twitter Dengan Metode Support Vector Machine. 6(3), 150–155. <http://situs.com>
- Herdiansah, A., Borman, R. I., & Maylinda, S. (2021). Sistem Informasi Monitoring dan Reporting Quality Control Proses Laminating Berbasis Web Framework Laravel. *Jurnal Tekno Kompak*, 15(2), 13. <https://doi.org/10.33365/jtk.v15i2.1091>
- Herman, I. H., Widiyanto, D., & Ernawati, I. (2020). Penggunaan K-Nearest Neighbor (KNN) Untuk Mengidentifikasi Citra Batik Pewarna Alami dan Pewarna Sintetis Berdasarkan Warna. *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer Dan Aplikasinya*, 504–515.
- Ichsanudin, R. M. A. (2022). Penerapan Metode Drill Untuk Mengetahui Tingkat Keterampilan Servis Panjang Bulutangkis Pada Anggota Club Pb Macan Tunggal. *Journal of Arts and Education*, 2(2), 16–22.
- Iilir, I. &. (2020). Pelatihan Pengelolaan Website Pemerintah Desa. 1(2), 69–78.
- Informatika, S., Teknik, F., & Indonesia, U. T. (2023). Pelatihan Penerapan Logika Informatika Sebagai Dasar Algoritma Pemrograman di SMKN 7 Bandarlampung. 1(3), 156–161.
- Isnain, A. R., Adrian, Q. J., & Putra, A. D. (2023). Digital Printing Training for Design at Students of SMK Budi Karya Natar. 1(3), 137–141.

- Comparison of Support Vector Machine and Naïve Bayes on Twitter Data Sentiment Analysis, (2021).
- Isnain, A. R., & Putra, A. D. (2023). Pengenalan Teknologi Metaverse Untuk Siswa SMK Budi Karya Natar. 1(3), 132–136.
- Isnain, A. R., Sihabuddin, A., & Suyanto, Y. (2020). Bidirectional Long Short Term Memory Method and Word2vec Extraction Approach for Hate Speech Detection. *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, 14(2), 169–178.
- Jamaaluddin, J., & Sumarno, S. (2017). Perencanaan Sistem Pentanahan Tenaga Listrik Terintegrasi Pada Bangunan. *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, 1(1), 29–33. <https://doi.org/10.21070/jeee-u.v1i1.375>
- Kurniawan, F., & Surahman, A. (2021). SISTEM KEAMANAN PADA PERLINTASAN KERETA API MENGGUNAKAN SENSOR INFRARED BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 2(1), 7–12.
- Megawaty, D. A., & Santia, D. (2019). Assessment of The Alignment Maturity Level of Business and Information Technology at CV Jaya Technology. 2019 International Conference on Computer Science, Information Technology, and Electrical Engineering (ICOMITEE), 54–58.
- Nabila, Z., Rahman Isnain, A., & Abidin, Z. (2021). Analisis Data Mining Untuk Clustering Kasus Covid-19 Di Provinsi Lampung Dengan Algoritma K-Means. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi (JTSI)*, 2(2), 100. <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/JTSI>
- Neneng, N., Puspaningrum, A. S., & Aldino, A. A. (2021). Perbandingan Hasil Klasifikasi Jenis Daging Menggunakan Ekstraksi Ciri Tekstur Gray Level Co-occurrence Matrices (GLCM) Dan Local Binary Pattern (LBP). *SMATIKA JURNAL*, 11(01), 48–52.
- Novian, D., Dwinanto, A., & Mulyanto, A. (2019). The Application of Cooperative Learning Methods in the Developing and Analyzing the Quality of An Educational Game. *Journal of Physics: Conference Series*, 1387(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012122>
- Nurkholis, A., & Sitanggang, I. S. (2019). A spatial analysis of soybean land suitability using spatial decision tree algorithm. *Sixth International Symposium on LAPAN-IPB Satellite*, 11372(December), 113720I. <https://doi.org/10.1117/12.2541555>
- Nurkholis, A., Susanto, E. R., & Wijaya, S. (2021). Penerapan Extreme Programming dalam Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Pelayanan Publik. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer Dan Informatika)*, 5(1), 124–134.
- Pasha, D., Megawaty, D. A., & Kuncoro, I. R. (2023). Pelatihan Pembuatan Game Edukasi Di SMA Negeri 1 Sumberejo. 1(3), 115–121.
- Pasha, D., Sucipto, A., & Nurkholis, A. (2023). Pelatihan Desain Grafis untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa SMKN 1 Padang Cermin. 1(3), 122–125.
- Pohan, N. W. A., Budi, I., & Suryono, R. R. (2019). Borrower sentiment on P2P lending in Indonesia based on Google Playstore reviews. *Proceedings of the Sriwijaya International Conference on Information Technology and Its Applications (SICONIAN 2019)*, Palembang, Indonesia, 17–23.
- Puspaningrum, A. S., Firdaus, F., Ahmad, I., & Anggono, H. (2020). Perancangan Alat Deteksi Kebocoran Gas Pada Perangkat Mobile Android Dengan Sensor Mq-2.

- Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam, 1(1), 1–10.
- Rahmanto, Y. (2021a). Digitalisasi Artefak pada Museum Lampung Menggunakan Teknik Fotogrametri Jarak Dekat untuk Pemodelan Artefak 3D. *Jurnal CoreIT: Jurnal Hasil Penelitian Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, 7(1), 13–19.
- Rahmanto, Y. (2021b). RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI MANAJEMEN KOPERASI MENGGUNAKAN METODE WEB ENGINEERING (Studi Kasus: Primkop Kartika Gatam). *Jurnal Data Mining Dan Sistem Informasi*, 2(1), 24–30.
- Rahmanto, Y., Hotijah, S., & Damayanti, . (2020). PERANCANGAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS KEBUDAYAAN LAMPUNG BERBASIS MOBILE. *Jurnal Data Mining Dan Sistem Informasi*, 1(1), 19. <https://doi.org/10.33365/jdmsi.v1i1.805>
- Ramadhan, A. F., Putra, A. D., & Surahman, A. (2021). APLIKASI PENGENALAN PERANGKAT KERAS KOMPUTER BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN AUGMENTED REALITY (AR). *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 2(2), 24–31.
- Riskiono, S. D., & Pasha, D. (2020). Analisis Metode Load Balancing Dalam Meningkatkan Kinerja Website E-Learning. *Jurnal TeknoInfo*, 14(1), 22–26.
- Rumalutur, S., & Ohoiwutun, J. (2018). Sistem Kendali Otomatis Panel Penerangan Luar Menggunakan Timer Theben Sul 181 H Dan Arduino Uno R3. *Electro Luceat*, 4(2), 43–51. <https://doi.org/10.32531/jelekn.v4i2.143>
- Rusliyawati, R., Putri, T. M. M., & Darwis, D. D. (2021). Penerapan Metode Garis Lurus dalam Sistem Informasi Akuntansi Perhitungan Penyusutan Aktiva Tetap pada PO Puspa Jaya. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Akuntansi*, 1(1), 1–13. <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/jimasia/article/view/864>
- Samsugi, S., Ardiansyah, A., & Kastutara, D. (2018). Arduino dan Modul Wifi ESP8266 sebagai Media Kendali Jarak Jauh dengan antarmuka Berbasis Android. *Jurnal Teknoinfo*, 12(1), 23–27.
- Samsugi, S., Mardiyansyah, Z., & Nurkholis, A. (2020). Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 1(1), 17–22.
- Samsugi, S., & Silaban, D. E. (2018). PROTOTYPE CONTROLLING BOX PEMBERSIH WORTEL BERBASIS MIKROKONTROLER. *ReTII*.
- Sartika, L. A., & Pranoto, B. E. (2021). Analysis of Humor in the Big Bang Theory By Using Relevance Theory : a Pragmatic Study. 2(1), 1–7.
- Septilia, H. A., Parjito, P., & Styawati, S. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Pemberian Dana Bantuan menggunakan Metode AHP. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 1(2), 34–41.
- Sintaro, S., Surahman, A., Andraini, L., & Ismail, I. (2022). Implementasi Motor Driver Vnh2Sp30 Pada Mobil Remote Control Dengan Kendali Telepon Genggam Pintar. *Jtst*, 3(1), 9–16.
- Sofa, K., Suryanto, T. L. M., & Suryono, R. R. (2020). Audit Tata Kelola Teknologi Informasi Menggunakan Kerangka Kerja COBIT 5 Pada Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 1(1), 39–46.
- Styawati, S., Samsugi, S., Rahmanto, Y., & ... (2022). Penerapan Perpustakaan Digital Pada SMA Negeri 1 Padang Cermin. ... of Engineering and ..., 1(3), 95–103. <http://jurnal.teknokrat.ac.id/index.php/JEIT-CS/article/view/168>

- Styawati, S., Samsugi, S., Rahmanto, Y., & Ismail, I. (2022). PENERAPAN APLIKASI ADMINISTRASI DESA PADA DESA MUKTI KARYA MESUJI. 3(1), 123–131.
- Suaidah, S. (2021). Teknologi Pengendali Perangkat Elektronik Menggunakan Sensor Suara. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 02(02). <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/jtst/article/view/1341>
- Sulastio, B. S., Anggono, H., & Putra, A. D. (2021). SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK MENENTUKAN LOKASI RAWAN MACET DI JAM KERJA PADA KOTA BANDARLAMPUNG PADA BERBASIS ANDROID. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 2(1), 104–111.
- Sulistiani, H., Darwanto, I., & Ahmad, I. (2020). Penerapan Metode Case Based Reasoning dan K-Nearest Neighbor untuk Diagnosa Penyakit dan Hama pada Tanaman Karet. *JEPIN (Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika)*, 6(1), 23–28.
- Sulistiani, H., Yanti, E. E., & Gunawan, R. D. (2021). Penerapan Metode Full Costing pada Sistem Informasi Akuntansi Biaya Produksi (Studi Kasus: Konveksi Serasi Bandar Lampung). *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Akuntansi*, 1(1), 35–47.
- Surahman, A., Prastowo, A. T., & Aziz, L. A. (2014). RANCANG ALAT KEAMANAN SEPEDA MOTOR HONDA BEAT BERBASIS SIM GSM MENGGUNAKAN METODE RANCANG BANGUN.
- Susanto, T., & Ahdan, S. (2020). Pengendalian Sikap Lateral Pesawat Flying Wing Menggunakan Metode LQR. Vol, 7, 99–103.
- Teknologi, J., Jtsi, I., Akuntansi, S. I., Teknik, F., & Indonesia, U. T. (2021). Produksi Pada Konveksi Sjm Bandar Lampung. 2(1), 65–73.
- Wantoro, A. (2020). KOMBINASI METODE ANALITICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) DAN SIMPLE ADDTIVE WEIGHT (SAW) UNTUK MENENTUKAN WEBSITE E-COMMERCE TERBAIK. *Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi*, 9(1), 131–142.
- Wantoro, A., Admi Syarif, A. S., Berawi, K. N., & Lukman, P. (2020). Peer Review: Application-Based on Fuzzy Tsukamoto And Profile Matching for Combination Drugs Recommendations in Patients Hypertension with Complications.
- Wardany, K., Pamungkas, M. P., Sari, R. P., & Mariana, E. (2021). Sosialisasi Dasar Teknik Instalasi Listrik Rumah Tangga di Kelurahan Kecamatan Trimurjo. *Sasambo: Jurnal Abdimas (Journal of Community Service)*, 3(2), 41–48. <https://doi.org/10.36312/sasambo.v3i2.394>
- Widodo, T., Irawan, B., Prastowo, A. T., & Surahman, A. (2020). Sistem Sirkulasi Air Pada Teknik Budidaya Bioflok Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno R3. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 1(2), 1–6.