

PENGGABUNGAN LIDAR DAN KAMERA 2D UNTUK DETEKSI OBJEK DAN PENGUKURAN JARAK OBJEK ADAS MENGUNAKAN *ROBOTIC OPERATING SYSTEM (ROS)*

Arif Saputra¹⁾, Rido Febryansyah²⁾

¹⁾Teknik Komputer

²⁾Sistem Informasi

^{*)}ridofebryansyah5@gmail.com

Abstrak

Sistem bantuan pengemudi canggih (ADAS) adalah salah satu masalah yang melindungi orang dari tabrakan kendaraan. Sistem peringatan tabrakan merupakan bagian penting dari ADAS untuk melindungi orang dari bahaya kecelakaan yang disebabkan oleh kelelahan, kantuk, dan kesalahan manusia lainnya. Multi-sensor telah banyak digunakan di ADAS untuk persepsi lingkungan seperti kamera, radar, dan deteksi cahaya dan jangkauan (LiDAR). Karya ini mengusulkan bahwa orientasi relatif dan translasi antara dua sensor harus dipertimbangkan dalam melakukan fusi. Para peneliti membahas sistem peringatan tabrakan waktu nyata menggunakan 2D LiDAR dan sensor Kamera untuk persepsi lingkungan dan mengukur jarak (jarak) dan sudut rintangan. Dalam tulisan ini, peneliti mengusulkan perpaduan dua sensor yang terdiri dari kamera dan LiDAR 2D untuk mendapatkan jarak dan sudut rintangan di depan kendaraan yang diimplementasikan pada Nvidia Jetson Nano menggunakan Robot Operating System (ROS). Oleh karena itu, diperlukan proses kalibrasi antara kamera dan LiDAR 2D. Setelah itu, integrasi dan pengujian dilakukan menggunakan skenario statis dan dinamis di lingkungan yang relevan. Hasil eksperimen proses fusion antara kamera dengan LiDAR 2D didapatkan tingkat error sebesar 0,197 meter. Untuk hasil akurasi yang lebih baik pada pendeteksian objek dan pengukuran jarak objek pada penelitian yang akan datang, disarankan untuk menggunakan pendekatan transformasi geometri dan proyeksi komputasi.

Kata Kunci: lidar, Kamera, Deteksi Objek, Deteksi Jarak, ROS.

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, sistem bantuan pengemudi canggih (ADAS) adalah salah satu isu untuk melindungi orang dari tabrakan kendaraan (Ardian & Fernando, 2020). Sistem peringatan tabrakan merupakan bagian penting dari ADAS untuk melindungi orang dari bahaya kecelakaan yang disebabkan oleh kelelahan, kantuk, dan kesalahan manusia lainnya (Susanto & Ramadhan, 2017). Multi-sensor telah banyak digunakan di ADAS untuk persepsi lingkungan seperti kamera, radar, dan deteksi cahaya dan jangkauan (LiDAR) (Kurniawan & Surahman, 2021). Kamera banyak digunakan untuk pengenalan objek, sedangkan radar dan LiDAR biasanya digunakan untuk pengukuran jarak (Riskiono & Pasha, 2020). LiDAR dan radar memiliki keunggulan dalam pengukuran jarak jauh

objek dalam berbagai kondisi seperti mendung, hujan, siang, dan malam(Puspaningrum, Neneng, et al., 2020). Namun, kemampuan ini tidak cukup untuk melakukan analisis lingkungan(Ahmad & Indra, 2016). LiDAR atau radar sering digabungkan dengan kamera untuk melakukan pengenalan persepsi lingkungan(Utama & Putri, 2018). Dalam sistem bantuan pengemudi, kamera banyak digunakan untuk pengenalan rambu lalu lintas, deteksi real-time dan pelacakan pejalan kaki(Zanofa et al., 2020), deteksi kendaraan, atau deteksi tabrakan dan mendahului(Sanger et al., 2021).

Menggabungkan 3D LiDAR dan kamera adalah cara populer untuk membangun sistem transportasi cerdas atau mobil self-driving atau ADAS(Ramadhanu & Priandika, 2021). Namun, biaya perangkat keras yang mahal dari 3D LiDAR merupakan kelemahan sekaligus penghalang(Kardiansyah, 2021). Untuk menekan biaya tersebut, LiDAR 2D menjadi solusi dalam mengembangkan sistem bantuan pengemudi berbiaya rendah(Anita et al., 2020). Namun, LiDAR 2D memiliki satu kelemahan, yaitu hanya memindai satu garis horizontal(Asmiati et al., 2019). Kalibrasi intrinsik dan ekstrinsik dari kedua sensor diperlukan untuk menghasilkan data yang akurat(Samsugi & Wajiran, 2020). Selain itu, orientasi relatif dan translasi antara kedua sensor merupakan hal yang harus diperhatikan dalam melakukan fusi(Samsugi et al., 2018).

Di sini, kami membahas sistem peringatan tabrakan waktu nyata menggunakan sensor LiDAR dan Kamera 2D untuk persepsi lingkungan dan memperkirakan jarak (kedalaman) dan sudut rintangan(Riskiono et al., 2020). Dalam penelitian ini diusulkan penggabungan dua sensor yaitu kamera dan LiDAR 2D untuk mendapatkan jarak dan sudut rintangan di depan kendaraan yang diimplementasikan pada Nvidia Jetson Nano menggunakan Robot Operating System (ROS)(Wajiran et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan proses kalibrasi antara kamera dan LiDAR 2D, yang disajikan di bagian tiga diikuti oleh integrasi dan pengujian menggunakan skenario statis dan dinamis di lingkungan yang relevan(Sintaro et al., 2021).

KAJIAN PUSTAKA

Pengertian *Advanced Driver Assistant System* (ADAS)

Advanced Driver Assistance System (ADAS) adalah sistem yang ada dalam kendaraan yang memungkinkan pengemudi mencapai tujuannya dengan sedikit stress, lebih aman, lebih nyaman, dan efisien dalam jalur(Michael, 2018).

Pengertian *Light Detection and Ranging (LIDAR)*

Menurut Light Detection and Ranging (LIDAR) adalah sebuah teknologi sensor jarak jauh menggunakan properti cahaya yang tersebar untuk menemukan jarak dan informasi suatu objek dari target yang dituju(Sulistiyawati & Supriyanto, 2021).

Prinsip kerja Lidar secara umum adalah sensor memancarkan sinar laser terhadap objek kemudian sinar tersebut dipantulkan kembali ke sensor(Suaidah, 2021). Berkas sinar yang dipantulkan kemudian ditangkap dan di analisis oleh peralatan detector(Putra et al., 2019). Perubahan komposisi cahaya yang diterima dari sebuah target ditetapkan sebagai sebuah karakter objek(Ahdan et al., 2019). Hasil dari proses Lidar adalah berupa sudut dan waktu perjalanan sinar saat dipancarkan dan diterima kembali diperlukan sebagai variabel penentu perhitungan jarak dari benda ke sensor(Samsugi, 2017).

METODE

Metode *Robot Operating System (ROS)*

Penelitian ini berfokus pada pembahasan sistem peringatan tabrakan secara real-time menggunakan 2D LiDAR(Utami & Rahmanto, 2021) dan sensor Kamera untuk persepsi lingkungan dan memperkirakan jarak (kedalaman) dan sudut rintangan untuk Advanced Driver Assistant System (ADAS)(Isnain et al., 2021). Dalam karya ini, pendekatan sensor fusion antara kamera dan sensor LiDAR 2D diusulkan untuk memperkirakan jarak dan sudut rintangan di depan kendaraan yang diimplementasikan pada Nvidia Jetson Nano menggunakan Robot Operating System (ROS)(Samsugi et al., 2021).

Dalam konteks ini, ADAS dilengkapi dengan kamera LOGITECH Webcam C170 untuk streaming video dan sensor LiDAR 2D model SLIMTEC RP-LiDAR A1 untuk memperkirakan jarak dan sudut rintangan(Pasaribu et al., 2019). Komputer papan tunggal NVIDIA Jetson Nano dengan CPU Quad-core ARM A57 @ 1,43 GHz, Memori 4GB, dan GPU Maxwell 128-core(Rahmanto, 2021) telah diimplementasikan sebagai prosesor utama

sistem ADAS yang dilengkapi dengan 7" HDMI IPS LCD, yang dipasang di dashboard mobil Untuk perangkat lunak, ROS Melodic diinstal pada NVIDIA Jetson Nano sebagai platform utama untuk mengimplementasikan sistem peringatan tabrakan untuk ADAS(Pratama & Surahman, 2021).

Selanjutnya, arsitektur ROS dibuat dengan menerapkan sistem model subscriber-publisher, yang arsitekturnya menggabungkan data dari kedua sensor(Ahmad et al., 2018). Dalam arsitektur ini, ada dua node yang berfungsi sebagai penerbit atau pelanggan, yaitu "Node Deteksi Objek" dan "Node deteksi jarak / jarak"(Ramadhan et al., 2021). Kedua node ini terhubung ke ROS Master yang berfungsi sebagai broker(Puspaningrum, Firdaus, et al., 2020). Bagian utama dari sistem peringatan tabrakan dalam pekerjaan ini adalah sistem deteksi objek dan sistem untuk mengukur jarak dan sudut rintangan.

1. Sistem Deteksi Objek

Dalam karya ini, bagian penting dari sistem peringatan tabrakan adalah sistem deteksi objek(Surahman et al., 2020). Bagian ini berfungsi untuk mengidentifikasi hambatan di depan kendaraan, seperti mobil, sepeda motor, pejalan kaki, dan objek lainnya(Darwis & Pasaribu, 2020). Untuk itu, sensor kamera berperan penting sebagai pemasok citra lingkungan untuk proses pengenalan objek. "Node Deteksi Objek" adalah kumpulan paket ROS yang berisi alat untuk sistem deteksi objek menggunakan SSD MobileNet-V2(Neneng et al., 2016). Arsitektur SSD MobileNet-V2 menggunakan prediktor konvolusi SSD300 dengan ukuran input 680x480 piksel dari webcam LOGITECH dengan bidang pandang (FoV) 600(Neneng & Fernando, 2017). Kumpulan data telah diterapkan untuk membuat model ini, yang mendukung NVIDIA Jetson Nano.

Output dari "Object Detection Node" dapat dipublikasikan di ROS Master menggunakan topik "/jetson/result_detection" yang berisi data gambar (lebar dan tinggi) dan koordinat kotak pembatas dari objek yang terdeteksi. Berikut ini adalah algoritma pendeteksian objek :

Algoritma 1 : Deteksi Objek

Estimasi deteksi objek dengan Mobilenet

Masukan : Kamera FoV 60o dengan 640x480

Output : Menampilkan deteksi objek, lebar, tinggi, dan deteksi koordinat tengah

Metode :

1. ROS simpul awal dengan ObjectDetection
2. Gambar parameter deteksi objek awal, lebar dan tinggi
3. Id kelas deteksi dengan SSD mobilnet
4. Koordinat deteksi kiri, kanan, bawah, lebar, tinggi, luas dan tengah koordinat x dan y
5. Publikasikan deteksi dengan gambar parameter, lebar dan Tinggi

2. Pengukuran Jarak dan Sudut Hambatan

Pengukuran jarak dan sudut rintangan dilakukan dengan menggabungkan sensor kamera dan sensor RP-LiDAR 2D(Andika & Darwis, 2020). Proses fusi dijalankan di “Fusing Object and Range Detection Node” dengan input dari “Object Detection Node”, “Range Detection Node”, dan “ROS Master”. “Range Detection Node” (Imani & Ghassemian, 2019) akan membaca data jarak dan sudut rintangan di sekitar kendaraan dari sensor RP-LiDAR dengan radius pembacaan 360 derajat menggunakan library rplidar(Surahman et al., 2021). Selanjutnya data tersebut dikirim ke ROS Master menggunakan topik “/ scan_msg” kemudian data tersebut akan digabungkan pada “Fusing Object and Range Detection Node”. Untuk mendapatkan jarak dan sudut hambatan, data fusi dari RP-LiDAR dan sensor kamera dilakukan. Hasil pendeteksian jarak dan sudut halangan akan digunakan untuk memberikan peringatan pada ADAS. Sebelumnya telah dilakukan proses kalibrasi dengan menggunakan mekanisme seperti terlihat pada Gambar 4 dimana sensor Kamera dan sensor Lidar ditempatkan pada posisi yang sama seperti pada gambar 6. Pada proses kalibrasi, panjang fokus atau bidang pandang (fov) dari kamera dan RP-LiDAR diatur pada sudut 60 derajat. FoV akan digunakan sebagai acuan dalam sistem peringatan di ADAS. Artinya jika titik tengah kotak pembatas dari objek yang terdeteksi oleh SSD-MobileNet dalam area FoV, sistem peringatan di ADAS akan bekerja (peringatan akan divisualisasikan pada LCD 7” menggunakan paket RViz). Rumus yang digunakan untuk tujuan ini adalah sebagai berikut :

$\text{sudut} = (60.0/640.0) * \text{terdeteksi.Pusat}$ (1)

$\text{angle_detection} = 60,0 + \text{sudut}$ (2)

$\text{Jarak} = \text{scan}[\text{int}(\text{angle_detection})]$ (3)

Berikut ini adalah algoritma pendeteksian jarak :

Algoritma 2 : Deteksi Jarak

Deteksi Jarak dengan Lidar 2D dengan RPLidar Input : RPLiDAR

Output : Metode deteksi jarak:

1. Node awal RoS dengan RangeDetection
2. Sudut Deteksi
3. Konversi Sudut ke Radian
4. Publikasikan deteksi rentang dengan rentang parameter dan derajat

Berikut ini adalah algoritma pendeteksian objek dan sudut fusi :

Algoritma 3 : Objek Fusion dan Deteksi Sudut

Deteksi Rentang dengan Lidar 2D dengan RPLiDAR

Input : node ObjectDetection dan node RangeDetection Output : Menampilkan objek dan deteksi sudut

Metode :

1. Berlangganan Deteksi Objek dan Deteksi Jangkauan
2. Rentang awal Radian ke piksel
3. Deteksi objek dengan koordinat titik tengah
4. Ubah koordinat pusat dengan rentang untuk menghemat rentang data
5. Publikasikan deteksi dan jangkauan jangkauan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Di bagian ini, kami menjelaskan pengaturan eksperimental dan proses evaluasi kinerja yang terperinci dari metode fusi data dalam konteks penginderaan jarak dan sudut untuk sistem peringatan di ADAS. Prototipe ADAS dipasang di bagian depan mobil untuk mendapatkan hasil deteksi yang baik. Dalam pekerjaan ini, kami menggunakan LIDAR 2D,

yang dapat memindai objek dengan radius 0 - 360. RP-LiDAR dan kamera dipasang paralel, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 untuk memudahkan kalibrasi proses fusi.

Eksperimen pengujian performansi ADAS dilakukan untuk tiga objek yaitu pejalan kaki, sepeda motor dan mobil dengan skenario seperti terlihat pada Gambar 5. Berdasarkan hasil eksperimen, data keluaran dari sensor RP-LiDAR berupa 360 array dengan nilai tak terhingga jika objek berada di atas 12 meter, dan datanya akan memiliki nilai numerik jika suatu objek terdeteksi di bawah jarak itu. Selanjutnya data tersebut akan dikirimkan oleh “range detection node” ke master ROS dengan topik pesan “/scan_msg”. Berikut ini adalah contoh data hasil deteksi RP-LiDAR pada tn :

t = 1602756357940128087 | data = 3.565999984741211,

3.0840001106262207, 3.0339999198913574,

2.8399999141693115, 2.696000099182129,

2.677999973297119, 2.681999921798706, 2.885999917984009, inf, 8.833999633789062

Sedangkan data hasil pendeteksian halangan dari “Node Deteksi Objek” berisi informasi tentang waktu, koordinat titik tengah kotak pembatas objek, dan label objek. Berikut ini adalah contoh data dari hasil deteksi objek :

t = 1602756362772608041 | (x,y) = (236.691894531,272.439361572) | distance = 0.641584333167 | lable = motorcycle

t = 1602757073928807020 | (x,y) = (431.908874512,215.612228394) | distance = 2.18477000313 | lable = truck

t = 1602756751280932903 | (x,y) = (478.734436035,191.203140259) | distance = 3.9323105664 | lable = bus

t = 1602757064671120882 | (x,y) = (377.174682617,215.417694092) | distance = 0.528737693536 | lable = car

t = 1602757063625045061 | (x,y) = (316.203216553,210.66519165) | distance = 1.91034458866 | lable = person

Akibatnya, data deteksi objek dari "node deteksi objek" akan digabungkan dengan data "node deteksi jangkauan" hasil dari keluaran fusi.

SIMPULAN

Sistem ADAS telah dikembangkan menggunakan NVIDIA Jetson Nano dengan platform ROS dan input dari dua sensor. Sensor pertama adalah sensor LiDAR 2D dengan jangkauan 360o dengan jarak maksimal 12 meter. Sensor kedua adalah sensor Logitech USB Camera yang telah menunjukkan performa yang baik dimana sistem pendeteksi objek dapat bekerja dengan performa 40 fps, sehingga sangat cocok untuk sistem real-time. Sementara itu, kinerja fusi yang diterapkan dengan konversi dari derajat ke koordinat juga menunjukkan kinerja yang memuaskan dari eksperimen untuk mendeteksi objek mobil, sepeda motor, dan orang. Didapatkan error rate dengan rata-rata 0.197 meter. Ini sangat realistis, mengingat jaraknya masih di bawah 1 meter. Namun, untuk meningkatkan akurasi untuk penelitian mendatang, para peneliti merekomendasikan menggunakan transformasi geometri komputasi dan pendekatan proyeksi.

REFERENSI

- Ahdan, S., Susanto, E. R., & Syambas, N. R. (2019). Proposed Design and Modeling of Smart Energy Dashboard System by Implementing IoT (Internet of Things) Based on Mobile Devices. *2019 IEEE 13th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (TSSA)*, 194–199.
- Ahmad, I., & Indra, H. (2016). Rancang Bangun Sistem Tiket Masuk Pada Objek Wisata Pantai Mutun. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Manajemen Sistem Informasi*, 2(2), 61–71.
- 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).
- Andika, D., & Darwis, D. (2020). Modifikasi Algoritma Gifshuffle Untuk Peningkatan Kualitas Citra Pada Steganografi. *Jurnal Ilmiah Infrastruktur Teknologi Informasi*, 1(2), 19–23.
- Anita, K., Wahyudi, A. D., & Susanto, E. R. (2020). Aplikasi Lowongan

- Pekerjaan Berbasis Web Pada Smk Cahaya Kartika. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 1(1), 75–80.
- Ardian, A., & Fernando, Y. (2020). Sistem Informasi Manajemen Lelang Kendaraan Berbasis Mobile (Studi Kasus Mandiri Tunas Finance). *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 1(2), 10–16.
- Asmiati, A., Aldino, A. A., Notiragayu, N., Zakaria, L., & Muslim Ansori, M. (2019). Dimensi Metrik Hasil Operasi Tertentu pada Graf Petersen Diperumum. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, 16(2), 87–93.
- Darwis, D., & Pasaribu, A. F. O. (2020). KOMPARASI METODE DWT DAN SVD UNTUK MENGUKUR KUALITAS CITRA STEGANOGRAFI. *Network Engineering Research Operation*, 5(2), 100–108.
- Imani, M., & Ghassemian, H. (2019). Electrical Load Forecasting Using Customers Clustering and Smart Meters in Internet of Things. *9th International Symposium on Telecommunication: With Emphasis on Information and Communication Technology, IST 2018*, 113–117. <https://doi.org/10.1109/ISTEL.2018.8661071>
- Isnain, A. R., Sintaro, S., & Ariany, F. (2021). Penerapan Auto Pump Hand Sanitizer Berbasis Iot. 2(2), 63–71.
- Kardiansyah, M. Y. (2021). Pelatihan Guru dalam Penggunaan Website Grammar Sebagai Media Pembelajaran selama Pandemi. *English Language and Literature International Conference (ELLiC) Proceedings*, 3, 419–426.
- 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.
- Michael, I. A. (2018). Development of lift control system algorithm and p-m-e analysis in the workplace. *Applied System Innovation*, 1(4), 1–10. <https://doi.org/10.3390/asi1040038>
- Neneng, N., Adi, K., & Isnanto, R. (2016). Support Vector Machine Untuk Klasifikasi Citra Jenis Daging Berdasarkan Tekstur Menggunakan

- Ekstraksi Ciri Gray Level Co-Occurrence Matrices (GLCM). *JSINBIS (Jurnal Sistem Informasi Bisnis)*, 6(1), 1–10.
- Neneng, N., & Fernando, Y. (2017). Klasifikasi Jenis Daging Berdasarkan Analisis Citra Tekstur Gray Level Co-Occurrence Matrices (GlcM) Dan Warna. *Prosiding Semnastek*.
- Pasaribu, A. F. O., Darwis, D., Irawan, A., & Surahman, A. (2019). Sistem informasi geografis untuk pencarian lokasi bengkel mobil di wilayah Kota Bandar Lampung. *Jurnal Tekno Kompak*, 13(2), 1–6.
- Pratama, R. R., & Surahman, A. (2021). Perancangan Aplikasi Game Fighting 2 Dimensi Dengan Tema Karakter Nusantara Berbasis Android Menggunakan Construct 2. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 1(2), 234–244. <https://doi.org/10.33365/jatika.v1i2.619>
- 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.
- Puspaningrum, A. S., Neneng, N., Saputri, I., & Ariany, F. (2020). PENGEMBANGAN E-RAPORT KURIKULUM 2013 BERBASIS WEB PADA SMA TUNAS MEKAR INDONESIA. *Jurnal Komputasi*, 8(2), 94–101.
- Putra, A., Indra, A., & Afriyastuti, H. (2019). *PROTOTIPE SISTEM IRIGASI OTOMATIS BERBASIS PANEL SURYA MENGGUNAKAN METODE PID DENGAN SISTEM MONITORING IoT*. Universitas Bengkulu.
- Rahmanto, Y. (2021). 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.
- 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.
- Ramadhanu, P. B., & Priandika, A. T. (2021). RANCANG BANGUN WEB SERVICE API APLIKASI SENTRALISASI PRODUK UMKM PADA

- UPTD PLUT KUMKM PROVINSI LAMPUNG. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 2(1), 59–64.
- Riskiono, S. D., & Pasha, D. (2020). Analisis Metode Load Balancing Dalam Meningkatkan Kinerja Website E-Learning. *Jurnal TeknoInfo*, 14(1), 22–26.
- Riskiono, S. D., Prasetyawan, P., Mulyanto, A., Iqbal, M., & Prabowo, R. (2020). Control and Realtime Monitoring System for Mushroom Cultivation Fields based on WSN and IoT. *Journal of Physics: Conference Series*, 1655(1), 12003.
- Samsugi, S. (2017). Internet of Things (iot): Sistem Kendali jarak jauh berbasis Arduino dan Modul wifi Esp8266. *ReTII*.
- Samsugi, S., Neneng, N., & Aditama, B. (2018). *IoT: kendali dan otomatisasi si parmin (studi kasus peternak Desa Galih Lunik Lampung Selatan)*.
- Samsugi, S., Neneng, N., & Suprpto, G. N. F. (2021). Otomatisasi Pakan Kucing Berbasis Mikrokontroler Intel Galileo Dengan Interface Android. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer Dan Informatika)*, 5(1), 143–152.
- Samsugi, S., & Wajiran, W. (2020). IOT: Emergency Button Sebagai Pengaman Untuk Menghindari Perampasan Sepeda Motor. *Jurnal Teknoinfo*, 14(2), 99–105.
- Sanger, J. B., Sitanayah, L., & Ahmad, I. (2021). A Sensor-based Garbage Gas Detection System. *2021 IEEE 11th Annual Computing and Communication Workshop and Conference, CCWC 2021, February*, 1347–1353. <https://doi.org/10.1109/CCWC51732.2021.9376147>
- Sintaro, S., Surahman, A., & Pranata, C. A. (2021). Sistem Pengontrol Cahaya Pada Lampu Tubular Daylight Berbasis Iot. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 2(1), 28–35.
- 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>
- Sulistiyawati, A., & Supriyanto, E. (2021). Implementasi Algoritma K-means Clustering dalam Penentuan Siswa Kelas Unggulan. *Jurnal Tekno Kompak*, 15(2), 25. <https://doi.org/10.33365/jtk.v15i2.1162>

- Surahman, A., Wahyudi, A. D., Putra, A. D., Sintaro, S., & Pangestu, I. (2021). Perbandingan Kualitas 3D Objek Tugu Budaya Saibatin Berdasarkan Posisi Gambar Fotogrametri Jarak Dekat. *Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan*, 5(2), 65–70.
- Surahman, A., Wahyudi, A. D., & Sintaro, S. (2020). *Implementasi Teknologi Visual 3D Objek Sebagai Media Peningkatan Promosi Produk E-Marketplace*.
- Susanto, E. R., & Ramadhan, F. (2017). Rancang Bangun Aplikasi Berbasis Web Perizinan Praktik Tenaga Kesehatan Menggunakan Framework Codeigniter Pada Dinas Kesehatan Kota Metro. *Jurnal Tekno Kompak*, 11(2), 55–60.
- Utama, S., & Putri, N. U. (2018). Implementasi Sensor Light Dependent Resistor (LDR) Dan LM35 Pada Prototipe Atap Otomatis Berbasis Arduino. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 2(2).
- Utami, Y. T., & Rahmanto, Y. (2021). Rancang Bangun Sistem Pintu Parkir Otomatis Berbasis Arduino Dan Rfid. *Jtst*, 02(02), 25–35.
- Wajiran, W., Riskiono, S. D., Prasetyawan, P., & Iqbal, M. (2020). Desain Iot Untuk Smart Kumbung Thinkspeak Dan Nodemcu. *POSITIF: Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi*, 6(2), 97–103.
- Zanofa, A. P., Arrahman, R., Bakri, M., & Budiman, A. (2020). Pintu Gerbang Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO R3. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 1(1), 22–27.