ALGORITMA CNN UNTUK KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN KECAMATAN XYZ

Aamir Pangestu Aji
Teknologi Informasi
*) Aamir.Aji2442@gmail.com

Abstrak

Perencanaan dan pemantauan tutupan lahan merupakan masalah di banyak negara berkembang, termasuk Indonesia. Karena cakupan Indonesia yang luas, teknologi konvensional dan observasi lapangan terbatas. Pemantauan, kategorisasi, dan perencanaan tutupan lahan semuanya dapat diotomatisasi dengan menggunakan pembelajaran mendalam dan data satelit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui teknik kategorisasi berdasarkan data satelit Sentinel-2 dan Convolutional Neural Networks (CNN). Sementara dokumen RSNI-1 dari Badan Standar Nasional Indonesia untuk kategorisasi tutupan lahan dalam Interpretasi Gambar Optik Resolusi Menengah berfungsi sebagai dasar untuk ekstraksi fitur, indeks spektral dan karakteristik spasial digunakan sebagai input. Tutupan lahan wilayah Semarang menjadi subjek penelitian. Menurut alur penelitian, kelas hutan didefinisikan menggunakan dokumen RSNI-1, karakteristik optik citra diekstraksi dari definisi kelas tutupan lahan, fitur citra diekstraksi dari data satelit Sentinel-2, dan fitur objek citra diklasifikasikan menggunakan CNN. Segmentasi gambar perangkat lunak eCognition menghasilkan 2072 item. Pendekatan pelatihan semi-diawasi digunakan untuk mengidentifikasi label data pelatihan untuk setiap kelas. Item diklasifikasikan menurut jenis tutupan lahannya, seperti hutan kering utama, hutan kering sekunder, hutan tanaman, padang rumput, pemukiman, badan air, atau tanah tandus, menggunakan Jaringan Saraf Konvolusi. Studi ini menunjukkan akurasi yang sangat baik dari pendekatan CNN, dengan akurasi keseluruhan 98,4% untuk data pelatihan dan pengujian. Untuk setiap kelas tutupan lahan, nilai akurasi rata-rata untuk pengguna dan produsen adalah lebih dari 95%.

Kata Kunci: CNN, Klasifikasi, Penutupan Lahan.

PENDAHULUAN

Banyak negara kaya, seperti Indonesia, masih berjuang dengan perencanaan dan pemantauan penggunaan lahan (Darwis, 2016; Nurkholis & Sitanggang, 2020; Yulianti et al., 2021). Penggunaan teknologi konvensional dan observasi lapangan dilakukan ketika ada kesulitan karena geografi Indonesia yang sangat besar (Alita et al., 2020; Gulö, 2014; Hashim et al., 2016; Sulastio et al., 2021). Untuk memantau penggunaan lahan dengan lebih baik, diperlukan otomatisasi pemantauan dan klasifikasi tutupan lahan (Alita, 2021; Neneng et al., 2021; Styawati et al., 2021). Teknologi yang memerlukan kajian lebih lanjut agar dapat secara otomatis menilai tutupan lahan suatu wilayah yang luas (Ahdan et al., 2021; Ahluwalia, 2020; Lestari et al., 2021; Utami Putri, 2022).

Pembelajaran mendalam dan citra satelit dapat digunakan untuk mendukung pemantauan otomatis dan klasifikasi tutupan lahan (Darwis & Pasaribu, 2020; KUSWOYO et al., 2013; Neneng et al., 2016; Neneng & Fernando, 2017). Keuntungan menggunakan pembelajaran mendalam dengan data satelit sebagai input adalah dapat memfasilitasi akuisisi data yang lebih cepat dan cakupan data yang lebih luas dibandingkan dengan teknologi konvensional atau observasi lapangan (Fakhrurozi et al., 2021; Mandasari & Wahyudin, 2019; Pratiwi et al., 2021). Munculnya metode mendalam pembelajaran dalam dekade terakhir telah memainkan peran utama dalam mengembangkan metode yang andal untuk klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra satelit sebagai masukan (Putri, 2022; Ramdan & Utami, 2020; Susanto et al., 2019). Algoritma Pembelajaran Mendalam (DL) semakin banyak digunakan untuk analisis citra satelit (penginderaan jauh) dalam beberapa tahun terakhir (Anderha & Maskar, 2021; Permatasari & Anggarini, 2020; Sidiq & Manaf, 2020). DL telah diterapkan pada analisis citra satelit termasuk klasifikasi citra, deteksi objek, klasifikasi penggunaan lahan dan tutupan lahan, segmentasi, dan analisis citra (Aziz & Fauzi, 2022; Prasetyawan et al., 2021; Sarasvananda et al., 2021). Jaringan saraf sebagai Dasar dari algoritma deep learning telah digunakan dalam penginderaan jauh (Febriani & Sulistiani, 2021; Jupriyadi, 2018; Rahmanto et al., 2021).

Algoritma pembelajaran mendalam terus berkembang. Salah satu algoritma DL yang berkembang pesat adalah Convolutional Neural Networks (CNNs) (Abidin et al., 2021; Pajar & Putra, 2021; Syah & Witanti, 2022). Studi terbaru menunjukkan bahwa representasi fitur dipelajari oleh CNN sangat efektif dalam pengenalan gambar, skala deteksi objek, dan segmentasi semantik (Borman et al., 2017; Surahman et al., 2021; Wahyudi et al., 2021). Penelitian yang dilakukan oleh menjelaskan bahwa model CNN dirancang secara hierarki lapisan convolutional dan pooling (Abidin & Permata, 2021; *Aplikasi E-Marketplace Bagi Pengusaha Stainless Berbasis Mobile Di Wilayah Bandar Lampung*, 2021; Pratama & Yuliandra, 2021). Struktur hierarki CNN ini memungkinkan untuk mempelajari fitur dari input data secara hierarkis (Putra et al., 2022; Qadafi & Wahyudi, 2020; Yasin et al., 2022). Penelitian ini berhasil melakukan pengenalan objek visual dan navigasi visi pada robot mobile off-road (Arrahman, 2021; Pajar et al., 2018; Rikendry & Navigasi, 2007). Berbagai data yang terdapat pada citra satelit seperti data studi multispektral belum dieksplorasi dalam penelitian ini (Andika & Darwis, 2020; Borman et al., 2022; Pamungkas et al., 2020). Studi lain yang dilakukan oleh telah berhasil

menggunakan informasi dalam pita spektral citra satelit, yaitu bentuk dan warna untuk mengklasifikasikan tutupan lahan tetapi penelitian ini belum mengeksplorasi informasi indeks spektral dalam citra satelit, sedangkan nilai indeks spektral ini berguna untuk mendeteksi suatu objek (Mahfud et al., 2020; Nurmala Sari et al., 2021; Rusliyawati & Sinaga, 2017). penjelasan tentang metode yang memanfaatkan kelebihan Kerangka kerja CNN (Amelia, 2021; Ramli et al., 2008), yaitu: ekstraksi fitur citra otomatis untuk mengklasifikasikan objek perkotaan yang kompleks (seperti atap gedung dan mobil) (Handoko & Gumantan, 2021; Samsugi et al., 2021; Zanofa et al., 2020). Namun, penelitian ini belum mengekstraksi informasi dalam definisi kelas tutupan lahan. Penelitian yang dilakukan oleh menjelaskan keuntungan menggunakan CNN dan memperoleh hasil akurasi tinggi sebesar 85% untuk klasifikasi tanaman (gandum, jagung, bunga matahari, kedelai, dan gula bit) (Herlinda et al., 2021; Saipulloh Fauzi1, 2020). Kajian ini menjadi dasar untuk penggunaan lebih lanjut dari data citra satelit Sentinel-1A di Ukraina. Eksplorasi penggunaan CNN dan Data citra sentinel juga dapat digunakan untuk wilayah Indonesia (Santikha et al., 2021; Wahyudin, 2015; Wantoro et al., 2021). Penelitian yang dilakukan oleh menunjukkan keunggulan CNN untuk ekstraksi fitur dan klasifikasi tutupan lahan dari citra satelit.

Penelitian ini menghasilkan akurasi sebesar 76%. Eksplorasi ekstraksi fitur dan teknik seleksi dapat dilakukan digunakan untuk meningkatkan akurasi. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk:

mengembangkan metode klasifikasi tutupan lahan menggunakan CNN pada Sentinel-2 . citra satelit Kelas tutupan lahan yang dianalisis terdiri dari tujuh kelas, yaitu hutan kering primer, hutan kering sekunder, hutan tanaman, padang rumput, pemukiman, badan air, dan lahan terbuka dengan areal daerah penelitian di Semarang, Jawa Tengah. Penelitian ini menggunakan fitur spektral, indeks spectral dan berbagi fitur spasial sebagai fitur input (Bertarina & Arianto, 2021; Gumantan et al., 2021; Kurniawan et al., 2018). Penelitian ini juga menggunakan definisi kelas penutup tanah dari dokumen RSNI-1 Badan Standar Nasional Indonesia untuk Klasifikasi Kelas Tertutup Tanah dalam Interpretasi Citra Optik Resolusi Menengah sebagai dasar ekstraksi ciri untuk dapatkan fitur pengklasifikasi yang tepat Tujuan penelitian ini yaitu melakukan klasifikasi tutupan lahan menggunakan Convolutional Neural Network pada citra satelit Sentinel-2 (Gandhi et al., 2021; Septiani

& Pasaribu, n.d.; Sulistiyawati & Supriyanto, 2021). Tujuan ini dirumuskan berdasarkan potensi

pengembangan penelitian sebelumnya. Kontribusi penelitian ini adalah menghasilkan metode klasifikasi tutupan lahan sebagai alternatif cara untuk mengatasi masalah perencanaan dan pemantauan penggunaan lahan di Indonesia yang memiliki wilayah yang luas.

METODE

Tutupan Lahan menggambarkan tutupan fisik yang ditemukan selama bumi permafrost. Di kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, penggunaan citra pengamatan tersebar luas. Karena pernyataan berikut: (1) Cakupan awan dari wilayah yang hancur (2) Karakteristik geografis dan topografi Semarang berkontribusi pada analisis studi kelas tutupan lahan. Blok kota Semarang yang dipilih untuk studi ini terdiri dari kelas tutupan lahan utama yang mencakup hutan kering primer, kering sekunder, hutan tanaman, padang rumput, pemukiman, badan air, dan lahan terbuka. (3) Semarang adalah satu-satunya kota di Indonesia di mana kepadatan penduduk dan pertumbuhan ekonomi telah menyebabkan peningkatan permintaan lahan. Faktor-faktor tersebut membuat penggunaan dan perencanaan lahan daerah menjadi sangat penting.

Penelitian ini menggunakan data dari citra satelit Sentinel-2 yang diakses melalui situs web dengan URL <https://earthexplorer.usgs.gov/>, yang diakuisisi pada 27 Agustus 2017, pukul 14:55:47 dengan tutupan awan di daerah yang diamati sebesar 8,49%. Citra diperoleh pada musim kemarau dengan paparan sinar matahari yang tinggi. Penelitian ini menggunakan citra satelit Sentinel-2 karena alasan sebagai berikut:

1. Cakupan citra satelit Sentinel-2 mencakup seluruh dunia dalam resolusi 10-60 meter.
2. Citra satelit ini memiliki 13 pita spektrum pita. Pita yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas: pita 4 (merah), pita 3 (hijau), pita 2 (biru), pita 8 (Near-Infrared) dan pita 11 (SWIR, Short-Wave Infrared). Pita 4 berguna untuk mengidentifikasi jenis-jenis vegetasi, tanah dan fitur perkotaan; pita 3 memberikan kontras yang sangat baik antara air jernih dan keruh (berlumpur); pita 2 berguna untuk identifikasi lahan dan vegetasi, pemetaan tipe hutan, dan untuk mengidentifikasi fitur buatan manusia;

pita 8 baik untuk memetakan garis pantai dan kandungan biomasa, serta mendeteksi dan menganalisis vegetasi, juga digunakan untuk pengamatan status vegetasi, dan struktur kanopi; sementara pita 11 berguna untuk mengukur kelembaban tanah dan tumbuh-tumbuhan, dan pita ini memberikan kontras yang baik.

3. Memiliki resolusi temporal 10 hari dan 5 hari. Citra direkam setiap 10 hari dan 5 hari masing-masing menggunakan satu satelit dan dua satelit untuk menghasilkan data observasi dalam jumlah besar.

Metode klasifikasi yang dikembangkan pada penelitian ini digambarkan pada alur penelitian sebagai berikut: (1) Mendefinisikan kelas hutan berdasarkan RSNI-1 Badan Standar Nasional Indonesia untuk Klasifikasi Kelas Penutupan Lahan dalam Penafsiran Citra Optis Resolusi Sedang, (2) Mengekstraksi fitur optik citra berdasarkan definisi kelas tutupan lahan, (3) Mengekstraksi fitur citra dari citra satelit Sentinel-2, dan (4) Mengklasifikasikan fitur objek citra menggunakan pengklasifikasi CNN.

Klasifikasi terawasi (supervised) digunakan pada penelitian ini. Klasifikasi secara supervised (terawasi) adalah proses klasifikasi piksel menggunakan sebuah model yang telah dilatih secara terawasi atau proses pelatihan menggunakan dataset yang sudah diberi label (kelas) kategori penutup lahan sebagai input. Kelebihan klasifikasi terawasi: (1) kontrol terhadap informasi karakteristik

kelas berdasarkan area yang diamati, (2) adanya kontrol terhadap klasifikasi. Proses klasifikasi tutupan lahan dengan CNN.

Langkah-langkah berikut membentuk proses saat ini: Melatih CNN; menampilkan data mentah hasil ekstraksi fitur Citra; mengikuti pelatihan data; dan Evaluasi. Tata letak CNN utama yang digunakan dalam penelitian ini memiliki format berikut: Conv1D (10 filter, 2 ukuran kernel, 10 aktivasi padding "sama", bentuk input (1, 4), relu))

1. filter keluaran dalam 10 dimensi (jumlah keluaran filter pada convolutional).
2. panjang jendela convolutional menggunakan ukuran kernel 2.
3. "Relu", sebuah fungsi yang mengaktifkan Rectified Linear Unit (relu). ReLu tidak menerima umpan balik negatif.
4. Bentuk vektor masukan adalah bentuk masukan_ (1, 4).

- padding "sama" menambahkan padding ke input sehingga output memiliki panjang yang sama dengan input.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Ekstreksi Fitru

Ekstraksi fitur citra satelit diimplementasikan menggunakan perangkat lunak eCognition. Segmentasi berbasis poligon digunakan untuk membagi citra menjadi sejumlah segmen/objek berdasarkan kesamaan piksel. Proses ini diimplementasikan dengan menggunakan logika fuzzy yang memungkinkan integrasi spektrum secara luas dari fitur objek yang berbeda, seperti nilai spektral, bentuk, dan tekstur. Dalam penelitian ini, teknik segmentasi multi-resolusi diterapkan untuk menggabungkan piksel dengan nilai yang sama ke dalam satu objek. Segmentasi citra menghasilkan 2072 objek dengan menggunakan eCognition yang kemudian digunakan sebagai data training dan data testing.

Selanjutnya, fitur citra diekstraksi berdasarkan definisi kelas tutupan lahan dari dokumen RSNI-1 Badan Standar Nasional Indonesia untuk Klasifikasi Kelas Penutupan Lahan dalam Penafsiran Citra Optis Resolusi Sedang untuk setiap segmen yang mewakili kelas tutupan lahan yang terkait. Fitur yang dihasilkan adalah: warna, rona, tekstur, dan bentuk. Karena ekstraksi fitur citra satelit diimplementasikan menggunakan perangkat lunak eCognition maka masing-masing fitur hasil ekstraksi (warna, rona, tekstur, dan bentuk) dipetakan ke dalam fitur-fitur citra yang ada di eCognition. Kemudian fitur-fitur ini yang digunakan sebagai fitur pengklasifikasi. Fitur-fitur tersebut yaitu: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), Brightness, GLCM (the Gray-Level Co-occurrence Matrix), dan Rectangular fit. Pemetaan atribut hasil ekstraksi fitur citra satelit Sentinel-2 terhadap fitur citra eCognition.

Di antara fitur yang diekstraksi, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) banyak digunakan sebagai indeks vegetasi karena kesederhanaannya tetapi efektif untuk mengukur vegetasi hijau.

2. Klasifikasi Tutupan Lahan

Penelitian ini menggunakan teknik klasifikasi terawasi (supervised). Model pengklasifikasi pada klasifikasi terawasi dibentuk berdasarkan data yang sudah ada, data tersebut berupa sekumpulan data (dataset) yang telah diberi label kelas. Data umumnya dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian. Data pelatihan digunakan untuk menghasilkan model pengklasifikasi yang merupakan representasi pengetahuan. Sedangkan data pengujian digunakan untuk mengukur sejauh mana model pengklasifikasi berhasil melakukan klasifikasi dengan benar terhadap data baru yang belum pernah digunakan. Dataset yang digunakan pada penelitian ini merupakan objek-objek yang diperoleh dari hasil segmentasi dan ekstraksi fitur citra menggunakan eCognition area Semarang (terdapat 2072 objek citra). Tiap objek kemudian diberi label kelas menggunakan pendekatan pelatihan semi terawasi (semi-supervised) dengan proses sebagai berikut: (1) mengamati satu objek citra beserta nilai fiturnya (fitur brightness, NDVI, GLCM homogeneity dan rectangular fit), (2) membandingkan objek tersebut dengan objek yang sama pada peta tematik Kementerian LHK 2017, (3) memberi label kelas pada objek tersebut sesuai warna tema dan nama kelas yang ada pada tematik. Ulangi proses satu sampai tiga untuk semua objek citra. Alur proses memberi label kelas pada objek citra.

Dataset berlabel ini kemudian digunakan untuk melatih model pengklasifikasi pelatihan terawasi (supervised) menggunakan Root Mean Square Error (RMSE) sebagai fungsi objektif. K-Fold crossvalidation digunakan untuk mengukur kinerja model klasifikasi CNN. Kinerja model diukur menggunakan overall accuracy, untuk data pelatihan, dan data pengujian, producer's accuracy dan user's accuracy untuk tiap kelas tutupan lahan. K-Fold cross-validation bekerja dengan membagi data ke wadah sebanyak K dan mengulangi (iterasi) eksperimen sebanyak K juga. Penelitian menggunakan $K = 4$, artinya data dilipat (dibagi) menjadi empat bagian kemudian iterasi eksperimen proses belajar model klasifikasi diulangi sebanyak empat kali. Nilai K ini dipilih dengan pertimbangan ukuran dataset yang tidak terlalu besar (2072 objek citra). Akurasi pelatihan dikalkulasi pada tiap iterasi. Penelitian ini menggunakan epoch 5000 untuk CNN dengan harapan makin lama siklus/waktu pelatihan/belajar dapat menghasilkan nilai akurasi yang tinggi. Satu epoch terdiri dari satu siklus pelatihan penuh pada data pelatihan. Setelah semua data pada data pelatihan dieksekusi, siklus pelatihan satu epoch dinyatakan selesai

dan menandai awal dari siklus pelatihan epoch berikutnya. Hasil klasifikasi kelas tutupan lahan dan confusion matrix data pelatihan dan data.

Hasil klasifikasi menunjukkan false value yang tinggi dihasilkan dari perbandingan kelas hutan tanam terhadap padang rumput hal ini terjadi karena karakteristik dan nilai indeks vegetasi (NDVI) yang hampir mirip. Selain itu false value yang tinggi juga ditunjukkan pada perbandingan lahan terbuka terhadap badan air. Hal ini terjadi terutama pada lahan terbuka dengan rona gelap. Akurasi hasil klasifikasi dikalkulasi dengan basis confusion matrix, yaitu membandingkan nilai aktual dengan nilai prediksi pada data training dan data testing. Hasil dari penelitian ini yaitu CNN telah dapat mengklasifikasi tujuh kelas tutupan lahan yang diamati dengan nilai akurasi sebagai berikut:

- a. Overall accuracy, nilai akurasi ini memberitahu berapa proporsi dipetakan dengan benar dari semua data referensi. Overall accuracy diperoleh hasil 98.4% untuk data pelatihan dan 98.4% untuk data pengujian, hal ini menunjukkan bahwa model klasifikasi ini telah dengan akurat dan baik mengklasifikasi kelas penutup lahan dengan fitur citra yang diekstraksi dari citra satelit Sentinel-2 dan definisi kelas tutupan lahan pada dokumen RSNI-1 Badan Standar Nasional Indonesia untuk Klasifikasi Kelas Penutupan Lahan dalam Penafsiran Citra Optis Resolusi Sedang (NDVI, Brightness, GLCM homogeneity and Rectangular fit).
- b. User's accuracy, nilai akurasi ini pada dasarnya untuk mengetahui seberapa sering kelas pada peta benar-benar akan hadir di lapangan (nilai akurasi ini disebut juga dengan kehandalan). Kehandalan 100% artinya model memiliki kehandalan yang tinggi. Model klasifikasi pada penelitian ini memiliki kehandalan yang tinggi (rata-rata nilai akurasi lebih besar dari 95%) pada data pelatihan dan data pengujian untuk mengklasifikasi tiap kelas penutup lahan.
- c. Producer's accuracy, nilai akurasi ini dapat diartikan bahwa seberapa sering fitur-fitur nyata di lapangan dengan benar ditampilkan pada peta hasil klasifikasi atau berapa kemungkinan bahwa penutup lahan dapat diklasifikasikan dengan benar. Nilai producer's accuracy 100% artinya

model memiliki kemungkinan yang besar untuk mengklasifikasi dengan benar. Model klasifikasi pada penelitian ini memiliki kemungkinan yang besar (rata-rata nilai akurasi lebih besar dari 95%)

Penelitian ini telah membuktikan penelitian sebelumnya tentang potensi penggunaan salah satu metode deep learning yakni CNN pada analisis citra satelit untuk klasifikasi objek, deteksi objek dan klasifikasi tutupan lahan. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini telah membuat perbaikan dengan menambahkan fitur spektral, indeks spektral dan fitur spasial sebagai fitur input dan menambahkan definisi kelas tutupan lahan dari dokumen RSNI-1 Badan Standar Nasional Indonesia untuk Klasifikasi Kelas Penutupan Lahan dalam Penafsiran Citra Optis Resolusi Sedang sebagai dasar untuk fitur ekstraksi untuk mendapatkan fitur pengklasifikasi yang tepat.

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode klasifikasi tutupan lahan menggunakan deep learning yaitu CNN pada citra satelit Sentinel-2 memberikan hasil akurasi yang tinggi untuk diklasifikasikan menjadi tujuh kelas tutupan lahan (hutan kering primer, hutan kering sekunder, tanaman pangan, padang rumput, pemukiman, badan air, dan lahan terbuka), yaitu akurasi keseluruhan Hasil yang diperoleh adalah 98,4% untuk data latih dan 98,4% untuk data uji dan nilai rata-rata akurasi yang lebih besar dari 95% pada akurasi pengguna dan akurasi produsen untuk data latih dan pengujian. Namun metode ini masih menghasilkan false value yang tinggi dari perbandingan kelas hutan tanaman dengan padang rumput, hal ini terjadi karena karakteristik dan nilai indeks vegetasi (NDVI) yang hampir sama. Selain itu, nilai salah yang tinggi juga ditampilkan dalam perbandingan lahan terbuka dengan badan air. Ini terjadi terutama di area terbuka dengan rona gelap. Tantangan masa depan dari penelitian ini meliputi penentuan wilayah yang diminati, keragaman jenis tutupan lahan yang diamati (pada beberapa kelas tutupan lahan memiliki karakteristik yang berbeda hampir sama) dan penentuan algoritma klasifikasi. Secara teknis, metode dalam penelitian ini dapat: diadaptasi untuk melatih model klasifikasi tutupan lahan di setiap lokasi selama citra satelit Sentinel-2 untuk lokasi pengamatan dan peta tematik dan dokumen klasifikasi tutupan lahan yang diterbitkan oleh pemerintah daerah tersedia untuk menentukan kelas tutupan lahan.

REFERENSI

- Abidin, Z., Borman, R. I., Ananda, F. B., Prasetyawan, P., Rossi, F., & Jusman, Y. (2021). Classification of Indonesian Traditional Snacks Based on Image Using Convolutional Neural Network (CNN) Algorithm. *2021 1st International Conference on Electronic and Electrical Engineering and Intelligent System (ICE3IS)*, 18–23.
- Abidin, Z., & Permata, P. (2021). PENGARUH PENAMBAHAN KORPUS PARALEL PADA MESIN PENERJEMAH STATISTIK BAHASA INDONESIA KE BAHASA LAMPUNG DIALEK NYO. *Jurnal Teknoinfo*, 15(1), 13. <https://doi.org/10.33365/jti.v15i1.889>
- Ahdan, S., Sucipto, A., Priandika, A. T., & ... (2021). Peningkatan Kemampuan Guru SMK Kridawisata Di Masa Pandemi Covid-19 Melalui Pengelolaan Sistem Pembelajaran Daring. *Jurnal ABDINUS ...*, 5(2), 390–401. <http://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/PPM/article/view/15591>
- Ahluwalia, L. (2020). EMPOWERMENT LEADERSHIP AND PERFORMANCE: ANTECEDENTS. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 7(1), 283. [http://www.nostarch.com/javascriptforkids%0Ahttp://www.investopedia.com/terms/i/in_specie.asp%0Ahttp://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35612/1/Trabajo de Titulacion.pdf%0Ahttps://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GUIA-METODOL](http://www.nostarch.com/javascriptforkids%0Ahttp://www.investopedia.com/terms/i/in_specie.asp%0Ahttp://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35612/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf%0Ahttps://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/GUIA-METODOL)
- 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., Tubagus, I., Rahmanto, Y., Styawati, S., & Nurkholis, A. (2020). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Wilayah Kelayakan Tanam Tanaman Jagung Dan Singkong Pada Kabupaten Lampung Selatan. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 1(2).
- Amelia, D. (2021). UPAYA PENINGKATAN KOSAKATA BAHASA INGGRIS MELALUI STORYTELLING SLIDE AND SOUND. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 2(1), 22–26.
- 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>
- Andika, D., & Darwis, D. (2020). Modifikasi Algoritma Gifshuffle Untuk Peningkatan Kualitas Citra Pada Steganografi. *Jurnal Ilmiah Infrastruktur Teknologi Informasi*, 1(2), 19–23.
- Arrahman, R. (2021). Automatic Gate Based on Arduino Microcontroller Uno R3. *Jurnal Robotik*, 1(1), 61–66.
- 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.
- Bertarina, B., & Arianto, W. (2021). ANALISIS KEBUTUHAN RUANG PARKIR

- (STUDI KASUS: AREA PARKIR ICT UNIVERSITAS TEKNOKRAT INDONESIA). *Jurnal Teknik Sipil*, 2(02), 67–77.
- Borman, R. I., Ahmad, I., & Rahmanto, Y. (2022). Klasifikasi Citra Tanaman Perdu Liar Berkhasiat Obat Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function. *Bulletin of Informatics and Data Science*, 1(1), 6–13.
- Borman, R. I., Priopradono, B., & Syah, A. R. (2017). *Klasifikasi Objek Kode Tangan pada Pengenalan Isyarat Alphabet Bahasa Isyarat Indonesia (Bisindo)*.
- Darwis, D. (2016). Aplikasi Kelayakan Lahan Tanam Singkong Berdasarkan Hasil Panen Berbasis Mobile. *Jurnal Teknoinfo*, 10(1), 6–10.
- 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.
- Fakhrurozi, J., Pasha, D., Jupriyadi, J., & Anggrenia, I. (2021). Pemertahanan Sastra Lisan Lampung Berbasis Digital Di Kabupaten Pesawaran. *Journal of Social Sciences and Technology for Community Service (JSSTCS)*, 2(1), 27. <https://doi.org/10.33365/jsstcs.v2i1.1068>
- Febriani, S., & Sulistiani, H. (2021). Analisis Data Hasil Diagnosa Untuk Klasifikasi Gangguan Kepribadian Menggunakan Algoritma C4. 5. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 2(4), 89–95.
- Aplikasi E-Marketplace Bagi Pengusaha Stainless Berbasis Mobile Di Wilayah Bandar Lampung, 2 *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi (JTISI)* 15 (2021). <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/JTISI>
- Gandhi, B. S., Megawaty, D. A., & Alita, D. (2021). Aplikasi Monitoring Dan Penentuan Peringkat Kelas Menggunakan Naïve Bayes Classifier. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 2(1), 54–63.
- Gulö, I. (2014). Nias Unmutated Personal Pronouns. *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, 19(1), 129–134. <https://doi.org/10.9790/0837-1914129134>
- Gumantan, A., Nugroho, R. A., & Yuliandra, R. (2021). Learning during the covid-19 pandemic: Analysis of e-learning on sports educatiGumantan, A., Nugroho, R. A., & Yuliandra, R. (2021). Learning during the covid-19 pandemic: Analysis of e-learning on sports education students. *Journal Sport Area*, 6(1), 51–5. *Journal Sport Area*, 6(1), 51–58.
- Handoko, D., & Gumantan, A. (2021). Penerapan Permainan Tradisional Dalam Pembelajaran Olahraga di SMAN 1 Baradatu. *Journal Of Physical Education*, 2(1), 1–7.
- Hashim, R., Roy, C., Shamshirband, S., Motamedi, S., Fitri, A., Petković, D., & Song, K. I. I. L. (2016). Estimation of Wind-Driven Coastal Waves Near a Mangrove Forest Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. *Water Resources Management*, 30(7), 2391–2404. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1267-0>
- Herlinda, V., Darwis, D., & Dartono, D. (2021). ANALISIS CLUSTERING UNTUK RECREDESIALING FASILITAS KESEHATAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY C-MEANS. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi*, 2(2), 94–99.
- Jupriyadi, J. (2018). Implementasi Seleksi Fitur Menggunakan Algoritma Fvbrm Untuk

Klasifikasi Serangan Pada Intrusion Detection System (Ids). *Prosiding Semnastek*.

- Kurniawan, D. E., Janah, N. Z., Wibowo, A., Mufida, M. K., & Prasetyawan, P. (2018). C2C marketplace model in fishery product trading application using SMS gateway. *MATEC Web of Conferences*, 197, 2–7. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819715001>
- KUSWOYO, H., SUJATNA, E. V. A. T. S., & CITRARESMANA, E. (2013). Theme of imperative clause in political advertising slogan. *Research Journal of English Language and Literature*, 1(4), 162–168.
- Lestari, F., Susanto, T., & Kastamto, K. (2021). Pemanenan Air Hujan Sebagai Penyediaan Air Bersih Pada Era New Normal Di Kelurahan Susunan Baru. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(2), 427. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i2.4447>
- Mahfud, I., Gumantan, A., & Fahrizqi, E. B. (2020). Analisis IMT (Indeks Massa Tubuh) Atlet UKM Sepakbola Universitas Teknokrat Indonesia. *SATRIA: Journal of Sports Athleticism in Teaching and Recreation on Interdisciplinary Analysis*, 3(1), 9–13.
- Mandasari, B., & Wahyudin, A. Y. (2019). Flipped Classroom Learning Model: Implementation and Its Impact on EFL Learners' Satisfaction on Grammar Class Corresponding Email Article's History Flipped Classroom Learning Model: Implementation and Its Impact on EFL Learners' Satisfaction on Grammar C. *Ethical Lingua*, 8(1), 2021.
- 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*.
- Neneng, N., Putri, N. U., & Susanto, E. R. (2021). Klasifikasi Jenis Kayu Menggunakan Support Vector Machine Berdasarkan Ciri Tekstur Local Binary Pattern. *CYBERNETICS*, 4(02), 93–100.
- Nurkholis, A., & Sitanggang, I. S. (2020). Optimalisasi model prediksi kesesuaian lahan kelapa sawit menggunakan algoritme pohon keputusan spasial. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 8(3), 192–200.
- Nurmala Sari, S., Aminatun, D., Sari, S. N., Aminatun, D., Nurmala Sari, S., & Aminatun, D. (2021). Students' Perception on the Use of English Movies to Improve Vocabulary Mastery. *Journal of English Language Teaching and Learning*, 2(1), 16–22. <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/english-language-teaching/index>
- Pajar, M., & Putra, K. (2021). A Novel Method for Handling Partial Occlusion on Person Re-identification using Partial Siamese Network. 12(7), 313–321.
- Pajar, M., Setiawan, D., Rosandi, I. S., Darmawan, S., Putra, M. P. K., & Darmawan, S. (2018). *Deteksi Bola Multipola Pada Robot Krakatau FC*. 6–9.
- Pamungkas, N. B., Darwis, D., Nurjayanti, D., & Prastowo, A. T. (2020). Perbandingan Algoritma Pixel Value Differencing dan Modulus Function pada Steganografi untuk Mengukur Kualitas Citra dan Kapasitas Penyimpanan. *Jurnal Informatika*, 20(1), 67–77.

- Permatasari, B., & Anggarini, D. R. (2020). Kepuasan Konsumen Dipengaruhi Oleh Strategi Sebagai Variabel Intervening Pada WaruPermatasari, B., Permatasari, B., & Anggarini, D. R. (2020). Kepuasan Konsumen Dipengaruhi Oleh Strategi Sebagai Variabel In. *Jurnal Manajerial*, 19(2), 99–111.
- Prasetyawan, P., Samsugi, S., & Prabowo, R. (2021). Internet of Thing Menggunakan Firebase dan Nodemcu untuk Helm Pintar. *Jurnal ELTIKOM*, 5(1), 32–39. <https://doi.org/10.31961/eltikom.v5i1.239>
- Pratama, W. U., & Yuliandra, R. (2021). *PERSEPSI ANGGOTA EKSTRAKURIKULER BOLA BASKET TERHADAP PENGGUNAAN APLIKASI PAPAN STRATEGI*. 2(2), 1–7.
- Pratiwi, D., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Metro, U. M., Hujan, I., & Biopori, L. (2021). *Salah Satu Mitigasi Banjir Perkotaan Pada Jalan Seroja , Kecamatan Tanjung Senang*. 02(02), 46–56.
- Putra, S. D., Borman, R. I., & Arifin, G. H. (2022). Assessment of Teacher Performance in SMK Informatika Bina Generasi using Electronic-Based Rating Scale and Weighted Product Methods to Determine the Best Teacher Performance. *International Journal of Informatics, Economics, Management and Science*, 1(1), 55. <https://doi.org/10.52362/ijiems.v1i1.693>
- Putri, R. H. (2022). Pengaruh Kebijakan Subsidi, Foreign Direct Investment (Fdi) Dan Tata Kelola Pemerintahan Terhadap Pertumbuhan Ekonomi (Studi Kasus Negara – Negara Di Asean). *REVENUE: Jurnal Manajemen Bisnis Islam*, 3(1), 129–144. <https://doi.org/10.24042/revenue.v3i1.11621>
- Qadafi, A. F., & Wahyudi, A. D. (2020). SISTEM INFORMASI INVENTORY GUDANG DALAM KETERSEDIAAN STOK BARANG MENGGUNAKAN METODE BUFFER STOK. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 1(2), 174–182. <https://doi.org/10.33365/jatika.v1i2.557>
- Rahmanto, Y., Alfian, J., Damayanti, D., & Borman, R. I. (2021). Penerapan Algoritma Sequential Search pada Aplikasi Kamus Bahasa Ilmiah Tumbuhan. *Jurnal Buana Informatika*, 12(1), 21. <https://doi.org/10.24002/jbi.v12i1.4367>
- Ramdan, S. D., & Utami, N. (2020). Pengembangan Koper Pintar Berbasis Arduino. *Journal ICTEE*, 1(1), 4–8. <https://doi.org/10.33365/jictee.v1i1.699>
- Ramli, N., Suci, D. M., Sunanto, S., Nugraheni, C., Yulifah, A., & Peternakan, F. (2008). *Performan Ayam Broiler yang diberi Ransum Mengandung Pottasium Diformate Sebagai Pengganti Flavomycin*. 8(1), 1–8.
- Rikendry, & Navigasi, S. (2007). *Sistem kontrol pergerakan robot beroda pematik api*. 2007(Snati), 1–4.
- Rusliyawati, & Sinaga, I. (2017). Pengaruh Self-Efficacy Komputer Jurusan Sia (Studi Kasus Mahasiswa Bidang Keahlian Sia Stmik Teknokrat Lampung). *Prosiding Seminar Nasional Darmajaya*, 1(1), 56–89. <https://jurnal.darmajaya.ac.id/index.php/PSND/article/view/750%0Ahttps://jurnal.darmajaya.ac.id/index.php/PSND/article/viewFile/750/484>
- Saipulloh Fauzil, L. F. L. (2020). PERAN FOTO PRODUK, ONLINE CUSTOMER REVIEW, ONLINE CUSTOMER RATING PADA MINAT BELI KONSUMEN.

- Jurnal Muhammadiyah Manajemen Bisnis*, 1(1), 37–47.
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/JMMB/article/view/5917>
- Samsugi, S., Neneng, N., & Suprpto, G. N. F. (2021). Otomatisasi Pakan Kucing Berbasis Mikrokontroller Intel Galileo Dengan Interface Android. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer Dan Informatika)*, 5(1), 143–152.
- Santikha, I. A., Nani, D. A., & AYU SANTIKHA, I. (2021). PENGARUH KUALITAS LAYANAN DAN KEPERCAYAAN TERHADAP LOYALITAS KONSUMEN GO-FOOD DI BANDAR LAMPUNG. *Jurnal Bisnis Dan Manajemen*.
- Sarasvananda, I. B. G., Anwar, C., Pasha, D., Styawati, S., Donaya, P., & Styawati, S. (2021). ANALISIS SURVEI KEPUASAN MASYARAKAT MENGGUNAKAN PENDEKATAN E-CRM (Studi Kasus: BP3TKI Lampung). *Jurnal Data Mining Dan Sistem Informasi*, 2(1), 1–9.
<https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/JDMSI/article/view/1026>
- Septiani, K., & Pasaribu, A. F. O. (n.d.). *Penerapan Web Engineering Untuk Permohonan Negeri Tanjungkarang Kelas Ia*. 41–49.
- Sidiq, M., & Manaf, N. A. (2020). Karakteristik Tindak Tutur Direktif Tokoh Protagonis Dalam Novel Cantik Itu Luka Karya Eka Kurniawan. *Lingua Franca: Jurnal Bahasa, Sastra, Dan Pengajarannya*, 4(1), 13–21.
- Styawati, S., Hendrastuty, N., Isnain, A. R., Rahman Isnain, A., Yanti Rahmadhani, A., Styawati, S., Hendrastuty, N., & Isnain, A. R. (2021). Analisis Sentimen Masyarakat Terhadap Program Kartu Prakerja Pada Twitter Dengan Metode Support Vector Machine. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 6(3), 150–155.
<http://situs.com>
- 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.
- 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. *InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan*, 5(2), 65–70.
- Susanto, E. R., Puspaningrum, A. S., & Neneng, N. (2019). Model Rekomendasi Penerima Bantuan Sosial Berdasarkan Data Kesejahteraan Rakyat. *Jurnal Tekno Kompak*, 15(1), 1–12.
- Syah, H., & Witanti, A. (2022). Analisis Sentimen Masyarakat Terhadap Vaksinasi Covid-19 Pada Media Sosial Twitter Menggunakan Algoritma Support Vector Machine (Svm). *Jurnal Sistem Informasi Dan Informatika (Simika)*, 5(1), 59–67.
<https://doi.org/10.47080/simika.v5i1.1411>
- Utami Putri, N. (2022). Rancang Bangun Perangkat Hama Serangga Pada Padi Dengan Sumber Sel Surya (Studi Kasus: Rama Otama 1, Seputih Raman, Lampung Tengah, Lampung). *Electrician*, 16(1), 123–128. <https://doi.org/10.23960/elc.v16n1.2265>

- Wahyudi, A. D., Surahman, A., & ... (2021). Penerapan Media Promosi Produk E-Marketplace Menggunakan Pendekatan AIDA Model dan 3D Objek. *Jurnal Informatika* ..., 6(1), 35–40. <http://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/informatika/article/view/2304>
- Wahyudin, A. Y. (2015). *The implementation of scientific method in teaching English as a foreign language at senior high school level*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Wantoro, A., Syarif, A., Muludi, K., Berawi, K. N., Admi Syarif, A. S., Muludi, K., Berawi, K. N., Syarif, A., Muludi, K., & Berawi, K. N. (2021). Fuzzy-Based Application Model and Profile Matching for Recommendation Suitability of Type 2 Diabetic. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 11(3), 1105–1116. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.11.3.12277>
- Yasin, V., Peniarsih, P., Gozali, A., & Junaedi, I. (2022). Application of expert system diagnosis of color blindness with ishihara method with microsoft vb 6.0. *International Journal of Informatics, Economics, Management and Science*, 1(1), 13. <https://doi.org/10.52362/ijiems.v1i1.678>
- Yulianti, T., Samsugi, S. S., Nugroho, A., Anggono, H., Nugroho, P. A., & Anggono, H. (2021). Rancang Bangun Pengusir Hama Babi Menggunakan Arduino dengan Sensor Gerak. *Jtst*, 02(1), 21–27.
- 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.