



Image Processing Based Flood Detector Using Convolutional Neural Network (CNN) Within Surveillance Camera

Pendeteksi Banjir dengan *Image Processing* Berbasis *Convolutional Neural Network (CNN)* pada Kamera Pengawas

Muhammad Arief Hidayat¹, Nyayu Latifah Husni², Faisal Damsi³

^{1,2,3}Department of Electronical Engineering, State Polytechnic of Sriwijaya, Indonesia

E-Mail: ¹hidayatmuhammadarief@gmail.com,
²nyayu_latifah@polsri.ac.id, ³faisal_damsi@polsri.ac.id

Received Jul 29th 2022; Revised Aug 07th 2022; Accepted Aug 27th 2022
Corresponding Author: Muhammad Arief Hidayat

Abstract

Geographical, geological, and hydrological conditions and demographic conditions and climatological weather conditions allow natural disasters to occur which can cause property losses, environmental damage and cause fatalities. Indonesia's geographical condition, which is surrounded by oceans and flows through by many rivers, has resulted in Indonesia having many flood-prone points. As an effort to reduce and/or eliminate the threat of flooding, preparedness is needed in anticipating disasters. Early warning of flooding in a place is part of disaster mitigation efforts. Image processing technology can perform the task of performing image recognition from the given input data. The advantage of the Convolutional Neural Network (CNN) algorithm in carrying out image recognition tasks is that the CNN algorithm has a deep layers neuron structure and iterative data training process. The addition of an image processing system as an early detection of possible flooding and added readings of temperature, humidity, and air quality in the environment around the surveillance camera makes it a facility to improve the quality of people's lives and a form of disaster mitigation. Image captured by surveillance cameras and ultrasonic sensors to measure water levels produces accurate readings of the early warning for the possibility of a flooding.

Keyword: *Convolutional Neural Network, Disaster Mitigation, Flood, Image Processing, Surveillance Camera*

Abstrak

Kondisi alam seperti geografis, geologis, dan hidrologis lingkungan dan kondisi demografis kehidupan manusia dan kondisi klimatologis cuaca memungkinkan terjadinya bencana alam sehingga dapat menimbulkan kerugian harta benda, kerusakan lingkungan serta menyebabkan timbulnya korban jiwa. Kondisi geografis Indonesia yang dikelilingi oleh lautan dan banyak dialiri sungai mengakibatkan Indonesia memiliki banyak titik rawan banjir. Sebagai upaya untuk mengurangi dan/atau menghilangkan ancaman bencana banjir, diperlukan kesiapsiagaan dalam mengantisipasi bencana. Peringatan dini akan kemungkinan terjadinya bencana banjir pada suatu tempat merupakan bagian upaya mitigasi bencana. Teknologi *image processing* dapat menjalankan tugas untuk melakukan pengenalan gambar dari input data yang diberikan. Keunggulan algoritma *Convolutional Neural Network (CNN)* dalam menjalankan tugas pengenalan gambar karena algoritma CNN memiliki struktur neuron *deep layers* dan proses pelatihan data berulang. Penambahan fungsi pada kamera pengawas dengan ditambahkan sistem *image processing* sebagai pendeteksi dini kemungkinan bencana banjir dan ditambahkan dengan pembacaan temperatur, kelembapan udara, dan kualitas udara pada lingkungan sekitar kamera pengawas menjadikannya sebagai sebuah fasilitas untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat dan bentuk mitigasi bencana. Pemrosesan citra yang ditangkap oleh kamera pengawas dan sensor ultrasonik untuk mengukur level ketinggian air menghasilkan pembacaan kemungkinan terjadinya bencana banjir yang akurat, sehingga dapat memberikan peringatan dini untuk dapat mengurangi dan/atau bahkan menghilangkan ancaman bencana.

Kata Kunci: Bencana Banjir, Convolutional Neural Network, Image Processing, Kamera Pengawas, Mitigasi Bencana

1. PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada wilayah yang memiliki kondisi geografis, geologis, hidrologis yang memungkinkan terjadinya bencana alam, terlebih distribusi demografi yang memadat di daerah perkotaan atau urbanisasi memungkinkan terjadinya bencana karena faktor nonalam maupun faktor manusia. Bencana

merupakan peristiwa yang mengancam dan mengganggu serta dapat mengakibatkan kerugian berupa kerugian harta benda, kerusakan lingkungan, dan menyebabkan timbulnya korban jiwa. Dengan kondisi klimatologis dengan kecenderungan curah hujan tinggi, ditambah dengan kepadatan penduduk pada area perkotaan yang mengakibatkan peningkatan luas area terbangun dan mengecilnya area resapan air membuat banyak tempat di Indonesia menjadi rawan bencana banjir. Pada area bantaran sungai terdapat lebih banyak faktor penyebab terjadinya banjir yang meningkatkan resiko bencana banjir seperti pendangkalan sungai akibat sedimen, sampah, dan kerusakan pada aliran sungai, luapan air sungai akibat hujan lebat, dan tinggi pasang induk sungai yang mengakibatkan luapan arus balik pada hulu sungai kecil [1], [2].

Kondisi geografis Indonesia yang banyak dialiri sungai dan faktor klimatologis dengan curah hujan yang cenderung tinggi semakin meningkatkan resiko terjadinya bencana banjir. Kondisi demografis banyaknya pemukiman penduduk di bantaran sungai meningkatkan resiko kerugian harta benda, kerusakan lingkungan, dan dapat menyebabkan timbulnya korban jiwa memerlukan tindakan tanggap darurat ketika terjadinya bencana. Sebagai bentuk peningkatan kesiapsiagaan darurat bencana diperlukan sistem peringatan dini untuk melakukan mitigasi ketika terjadi bencana.

Pada penelitian [3] menjelaskan bahwa pada tahun terakhir ini data untuk kejadian bencana banjir di Indonesia menjadi topik yang hangat. Jumlah bencana banjir di Indonesia sebesar > 90%. Kemudian usaha untuk mengurangi kerugian dari bencana ini dibutuhkanlah ilmu pengetahuan dan teknologi. Untuk menanggapi bencana ini digunakan *big data* dari media sosial seperti twitter dan pembelajaran mesin yaitu *supervised learning* menggunakan metode Random Forest dan *unsupervised learning* menggunakan metode CNN. Hasil penelitiannya menunjukkan hasil yang baik untuk dapat diterapkan walau harus dilakukan pengembangan kedepannya.

Berdasarkan pengujian dan penelitian [4] menjelaskan bahwa metode CNN dalam mengklasifikasikan citra tangkapan layar halaman Instagram memiliki peningkatan nilai untuk accuracy 91%, precision 93%, recall 90% dan F1-score 91%. Untuk model yang diujikan memberikan hasil yang maksimal untuk jenis makanan, tetapi model ini bisa meramal atau memprediksikan semua jenis dari percobaan yang dilakukan. Jumlah yang diujikan model terdapat 25 untuk data citra tangkapan layar, dapat melakukan prediksi 20 citra tangkapan layar. Kesimpulan dari penelitian ini cukup baik.

Jaringan saraf buatan (*Artificial Neural Network*) merupakan sistem pengolahan data tiruan dari sistem saraf manusia di mana terdapat beberapa lapisan neuron yang mengolah data dan dihubungkan oleh dendrit. *Artificial Neural Network* (ANN) terdiri dari tiga tipe lapisan neuron. Pada tiap-tiap lapisan ini dilakukan proses pengolahan data yang berbeda. ANN dapat digunakan dalam pemrosesan gambar (*image processing*) dikarenakan memiliki beragam fungsi, tipe Neural Network yang populer digunakan dalam pemrosesan data adalah CNN (*Convolutional Neural Network*). Metode algoritma CNN adalah pendekatan paling efisien seringkali digunakan dalam pengolahan gambar karena dilakukan *training data* yang berulang yang terjadi pada bagian *hidden layer* yang menjalankan berbagai fungsi untuk menentukan karakteristik dari tiap pixel yang membentuk gambar sehingga dapat mengklasifikasi karakteristik dari data yang dimasukkan tanpa perlu membuat jaringan neuron satu-persatu. Pengklasifikasian algoritma CNN juga hanya terfokus pada karakteristik unik pada tiap gambar tanpa terganggu oleh bagian lain gambar yang beragam sehingga dapat membedakan karakteristik abstrak dan tetap [5]–[8].

Sistem pemrosesan gambar dengan metode CNN ini kemudian dapat menjadi fungsi tambahan pada kamera pengawas untuk melakukan pendeteksian banjir dengan memanfaatkan gambar tangkapan kamera pengawas sebagai input sistem. Jaringan CNN yang terdiri dari banyak lapisan perceptron dapat menghasilkan klasifikasi pembacaan yang akurat dalam waktu singkat [9], [10]. Dengan kemampuan CNN ini dapat dibangun sebuah sistem pendeteksi banjir dengan melakukan *training data* berupa gambar yang dihasilkan kamera pengawas pada area perairan seperti bantaran sungai. Kemudian sistem ini dapat ditambahkan dengan sensor kualitas udara, sensor temperatur, dan sensor kelembapan udara untuk menampilkan informasi-informasi terkait dari area lingkungan sekitar kamera pengawas sebagai bentuk informasi interaktif untuk masyarakat sekitar. Sensor ultrasonik juga ditambahkan sebagai instrumentasi kontrol untuk mengukur ketinggian level permukaan air untuk mencegah terjadinya kesalahan pembacaan pada sistem. Penelitian ini memiliki tujuan untuk membangun sistem peringatan dini pendeteksi banjir yang tepat dan akurat sehingga diharapkan dapat mengurangi dan/atau menghilangkan dampak bencana banjir berupa kerugian harta benda, kerusakan lingkungan, dan bahkan timbulnya korban jiwa sebagai bentuk kewajiban masyarakat dalam melakukan penanggulangan bencana.

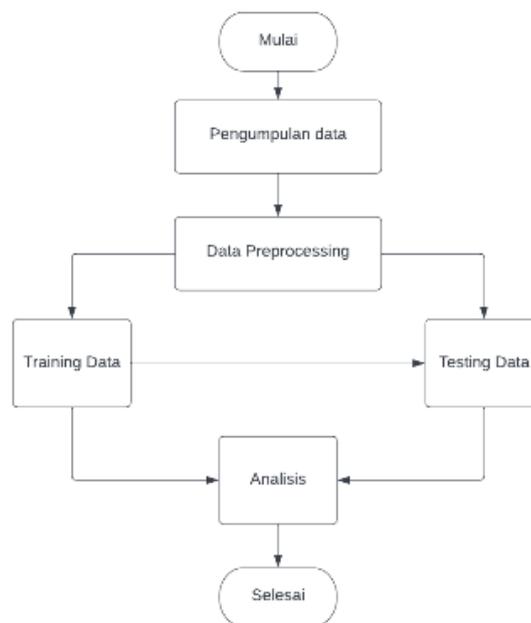
2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Desain sistem ini menggunakan pemrosesan gambar untuk identifikasi pola pada objek berupa air untuk memperkirakan level permukaan air sehingga dapat mengidentifikasi bencana banjir. Tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan kemampuan *machine learning* untuk mengidentifikasi objek sehingga bisa mengidentifikasi kejadian alam seperti bencana banjir. Rancangan sistem ini diawali dengan analisa dataset

berupa gambar yang kemudian dilakukan proses pembelajaran mesin atau *machine learning* agar sistem mampu mengidentifikasi pola pada gambar.

2.1 Metodologi Penelitian

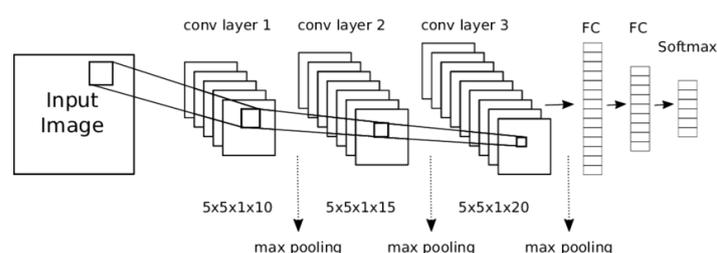
Algoritma CNN (*Convolutional Neural Network*) yaitu algoritma *deep learning* sesuai untuk digunakan pada data spasial. Algoritma CNN menggunakan pembacaan karakteristik sebagai input dan dijabarkan sebagai tensor dengan hubungan tiap neuron dan perceptron yang saling berkorelasi. CNN dapat mengidentifikasi hubungan tiap karakteristik dari hasil pemrosesan sekaligus melakukan pemrosesan gambar secara bersamaan sehingga dapat menghasilkan performa kerja yang lebih tinggi [10]. Metodologi penelitian diawali dengan pengumpulan data berupa gambar hasil tangkapan kamera pengawas pada area bantaran sungai yang kemudian dilakukan *data preprocessing* untuk meningkatkan kualitas data dengan validasi untuk menilai tingkat kelengkapan dan akurasi imputansi data yang konsisten. Setelah dilakukan imputansi data, dilakukan *training data* dengan metode CNN dan *testing* yang kemudian dianalisis hasil pendeteksian sebagai hasil Penelitian. Gambar 1 menunjukkan alur metodologi penelitian.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

2.2 Convolutional Neural Network (CNN)

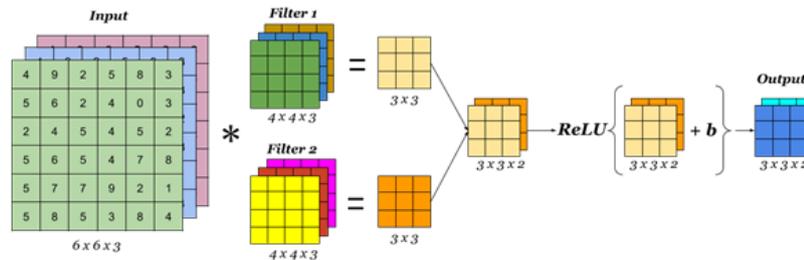
CNN merupakan urutan lapisan, kemudian setiap lapisan dari CNN menjadikan satu volume aktivasi ke yang lain melalui fungsi yang dapat dibedakan. CNN terdiri dari tiga lapisan *hidden-layer* utama: *convolution layer*, *pooling layer*, *fully-connected layer*; yang neuronnnya tersusun dalam 3 dimensi (lebar, tinggi, kedalaman). CNN menjadi populer dan sering digunakan karena kinerjanya yang luar biasa dalam memecahkan berbagai masalah. Facebook adalah salah satu contohnya, yang perusahaannya menerapkan CNN untuk deteksi wajah yang ditandai. Google juga menggunakan CNN untuk pencarian foto dan pengenalan suara. Selain itu, pengaplikasian CNN di Spotify dan LINE Company banyak direkomendasikan pada sebagian besar proyek mereka. CNN awalnya dipelajari untuk karakter tulisan tangan dari kode pos. Karena kinerjanya menjanjikan dan lebih efisien daripada penelitian sebelumnya, CNN kemudian banyak digunakan dalam *image recognition* seperti tugas *object recognition* [11] dari pengklasifikasi terlatih CNN yang kuat untuk mengekstraksi fitur dari nilai pixel mentah. Untuk CNN pada penelitian ini lihat gambar 2.



Gambar 2. Struktur CNN menggunakan tiga *convolutional layer*, tiga *max-pooling layer*, dan dua *fully-connected layer*

1. Convolutional Layer (CL)

Convolutional Layer (CL) terdiri dari filter dan menggabungkannya pada gambar input untuk mengekstrak fitur. Convolutional Layer (lihat gambar 3) adalah himpunan node bersebelahan di lapisan bawah yang terhubung dengan node lapisan atas dan tepi. Perhitungan node convolutional layer melibatkan nilai node dan bobot tepi serta fungsi aktivasi. Selain itu, himpunan node yang bersebelahan juga dikenal sebagai node lokal. Convolutional layer umumnya digunakan dalam pemrosesan gambar dengan jaringan saraf. Perhitungan gambar melalui lapisan konvolusi memiliki efek yang sama seperti menerapkan filter gambar. Sementara itu, karakteristik filter ditentukan oleh bobot tepi. Filter dapat menekankan fitur dalam gambar dan meneruskannya ke lapisan atas. Dengan kata lain, lapisan konvolusi melakukan ekstraksi fitur dari gambar.

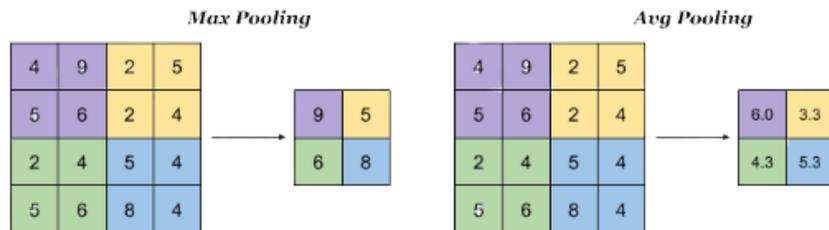


Gambar 3. Convolutional Layer

2. Pooling Layer (PL)

Pooling Layer (PL) menyediakan subsampling ke output lapisan bawah untuk mencapai invarian translasi. Pooling layer memiliki koneksi lokal dengan lapisan bawah, yang mirip dengan convolutional layer (lihat gambar 4). Akan tetapi, metode penghitungan nilai node berbeda dengan fully-connected layer dan convolution layer. Nilai yang ditentukan dari node lokal di lapisan bawah dibawa ke depan menjadi nilai lapisan atas. Misalnya, nilai maksimum node lokal dibuat menjadi nilai lapisan atas.

Pooling layer juga biasa digunakan dalam pemrosesan gambar dengan jaringan saraf. Perhitungan gambar melalui pooling layer tidak mempengaruhi nilai terutama pada saat perubahan kecil (translational invariance) karena nilai maksimum hanya diambil pada area tertentu dan dibawa ke lapisan atas. Oleh karena itu, pooling layer mengembalikan nilai yang sama bahkan dengan perubahan kecil dalam rentang. Dengan kata lain, pun jika gambarnya sedikit berubah, itu akan tetap menghasilkan hasil yang sama.



Gambar 4. Pooling Layer

3. Fully-Connected Layer (FCL)

Setiap neuron di lapisan ini terhubung ke semua nomor di volume yang lebih rendah. Berdasarkan contoh CIFAR-10 pada [10], FCL akan menghitung skor kelas dan menghasilkan hasil [1x1x10], di mana masing-masing dari sepuluh angka menyerupai skor kelas. Sementara itu, dalam penelitian ini, semua neuron dari FCL terhubung dan membentuk dua skor: banjir atau tidak banjir.

2.3 Mini PC

Mini PC merupakan jenis komputer multi-user yang memiliki spektrum komputasi berada di posisi menengah dibawah jenis komputer mainframe dan sistem komputer single-user seperti komputer pribadi. Istilah komputer mini dalam era sekarang ini sudah dianggap kuno dan diganti dengan istilah-istilah seperti komputer menengah IBM (midrange system). Komputer mini memiliki kemampuan beberapa kali lebih besar jika dibandingkan dengan PC. Hal ini disebabkan karena microprocessor yang dipakai untuk melakukan proses data memiliki kemampuan jauh lebih unggul dibandingkan microprocessor yang digunakan pada PC. Komputer mini pada umumnya dapat digunakan untuk melayani lebih dari satu pengguna. Raspberry Pi, Cubie Board, Orange Pi, Banana Pi, Intel Galileo dan lain sebagainya merupakan contoh dari mini PC [12].

2.4 Arduino Nano

Arduino Nano merupakan board mikrokontroler berbasis Atmega328 dengan pengaplikasian breadboard klasik, yang memiliki dimensi kecil. Arduino Nano difasilitasi pin header yang memungkinkan pemasangan mudah ke breadboard dan dilengkapi dengan sambungan ke USB mini-B. Arduino nano mempunyai 14 port Input/Output digital dan 8 port analog input dan 6 pin PWM [13].

2.5 Web Camera

Pada penelitian ini digunakan web camera sebagai pengganti kamera pengawas untuk menangkap visual yang kemudian visual tangkapan tersebut dikirimkan ke mini pc untuk diproses dengan sistem yang telah dibangun.

2.6 Sensor Ultrasonik JSN SR-04T

Sensor ultrasonik JSN SR-04T adalah sensor ultrasonik waterproof dengan bagan pemancar ultrasonik atau transmitter yang terpisah dengan bagan transduser modul untuk mengubah hasil sensor menjadi pulse digital kedua bagan ini dihubungkan dengan kabel sepanjang 2,5 meter. Dengan pemisahan kedua bagan ini maka sensor ultrasonik ini menjadi waterproof karena bagan yang tidak tahan air terpisah dari bagan pemancarnya. Sensor ini memiliki jarak pembacaan maksimal sejauh 4,5 meter dan pembacaan minimum sejauh 25 centimeter. Pembacaan sensor akan mengalami gangguan atau error ketika terdapat objek dengan jarak kurang dari 25 centimeter [14].

2.7 Sensor Temperatur dan Kelembapan Udara DHT11

Sensor DHT11 terdiri dari dua bagian, yaitu sensor kelembapan udara dan sensor temperatur. Sensor kelembapan udara pada DHT 11 terbentuk dari dua elektroda yang menghimpit substrat penahan kelembapan (biasanya garam atau polimer plastik konduktif). Substrat akan mengeluarkan ion ketika menyerap uap air, yang mana akan meningkatkan konduktivitas antar elektroda. Perubahan resistansi antara dua elektroda sebanding dengan kelembapan relatif. Kelembapan relatif yang lebih tinggi menurunkan resistansi antara elektroda, sedangkan kelembapan relatif yang lebih rendah meningkatkan resistansi antara elektroda. Untuk sensor temperatur, DHT11 menggunakan thermistor yang akan berubah nilai resistansinya berdasarkan temperatur.

2.8 Sensor Kualitas Udara MQ7

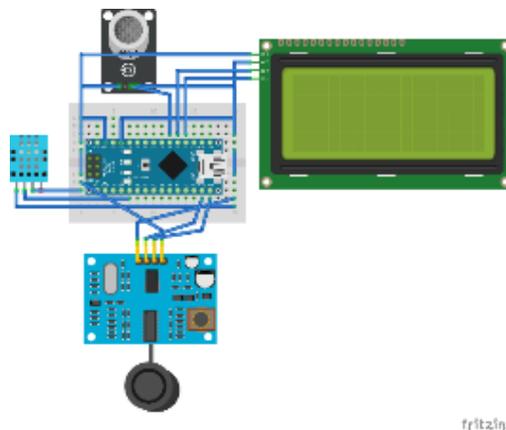
Kemampuan sensor Gas MQ7 tergantung pada chemiresister. Bahan kimianya adalah Tin Dioxide (SnO_2) yang memiliki elektron bebas (donor). Molekul oksigen menarik elektron bebas yang ada dalam timah dioksida yang mendorong mereka ke permukaan timah dioksida. Ketika tidak ada elektron bebas yang tersedia, arus keluaran akan menjadi nol. Molekul oksigen menarik elektron bebas di dalam timah dioksida (SnO_2) dan mencegahnya memiliki elektron bebas untuk menghantarkan arus [15].

2.9 Liquid Crystal Display (LCD) 20x4

Liquid crystal display (LCD) 20x4 adalah perangkat elektronik untuk menampilkan data berupa angka, huruf dan karakter. Perancangan ini menggunakan LCD 20x4 untuk menampilkan data sensor yang terpasang pada perangkat pengawasan. Selain data sensor, LCD juga digunakan untuk menampilkan pemberitahuan yang dideteksi oleh sistem.

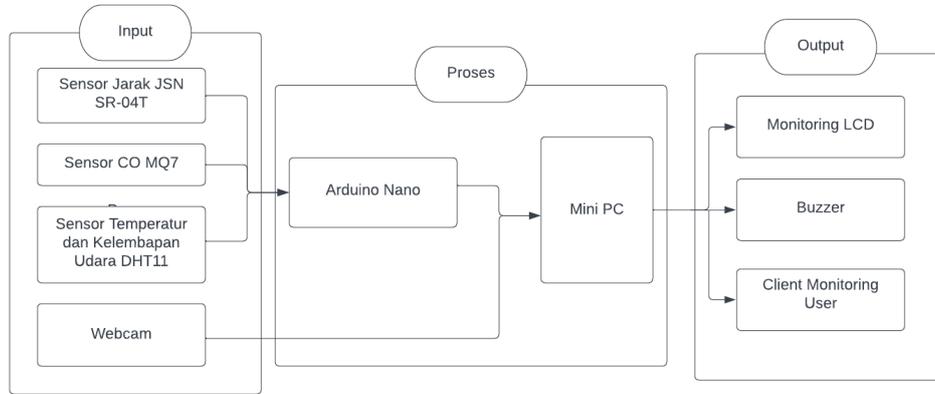
2.10 Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Banjir

Rangkaian skematik sensor dan arduino ditunjukkan pada gambar 5.



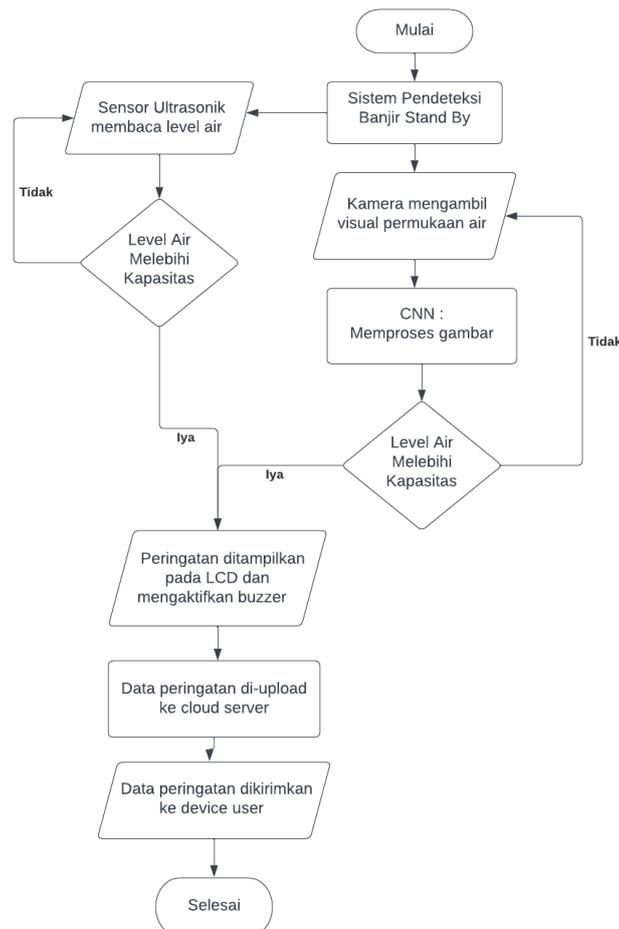
Gambar 5. Rangkaian Skematik Sistem

Sistem bekerja dengan input yang berasal dari sensor DHT11, sensor MQ7, sensor JSN-SR-04T, dan kamera pengawas yang pada penelitian ini digantikan dengan web camera. Inputan yang diberikan akan diproses oleh arduino nano dan juga mini PC yang kemudian akan mengeluarkan output ke LCD yang akan menunjukkan hasil pembacaan sensor, kemudian buzzer yang akan aktif apabila sistem mendeteksi terjadinya banjir, dan juga meng-upload hasil yang terbaca pada cloud server untuk ditampilkan pada web. Kerja sistem pendeteksi banjir ini ditunjukkan pada gambar 6.



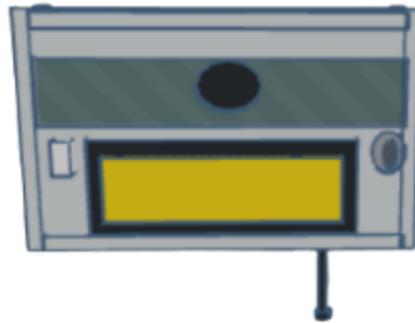
Gambar 6. Diagram Blok Sistem

Alur kerja untuk sistem dalam pendeteksi banjir ini dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Flowchart Sistem

Sistem pendeteksi banjir ini terhubung langsung dengan kamera pengawas dan terhubung dengan sensor yang akan mendeteksi kondisi pada lingkungan sekitar sehingga didesain agar tahan terhadap kondisi pada luar ruangan. Desain mekanik sistem ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Desain Mekanik Sistem

3. HASIL DAN ANALISIS

Data yang digunakan berupa foto yang diambil di sepanjang bantaran Sungai Sekanak, Palembang, Sumatera Selatan. Data yang diambil sebanyak 300 foto dengan 200 data tidak banjir dan 100 data banjir. Data training yang diberikan dibagi menjadi 2 (dua) kondisi klasifikasi yang berbeda. Pada kali ini dibagi menjadi klasifikasi banjir dan normal yang ditunjukkan pada gambar 9.



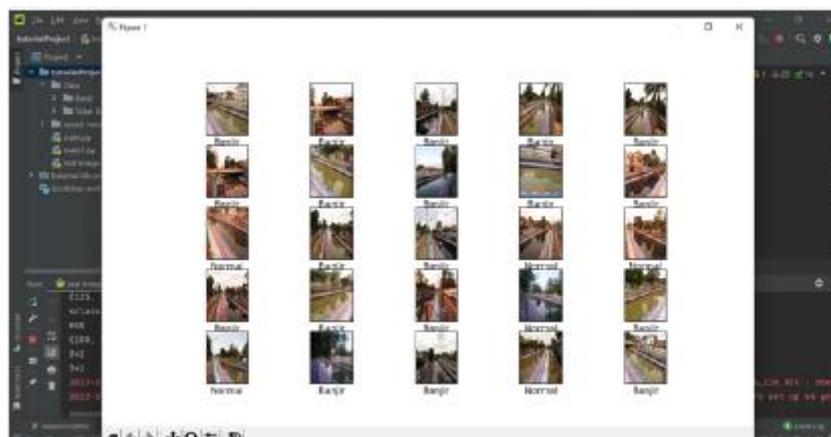
(a) Data Banjir



(b) Data Normal

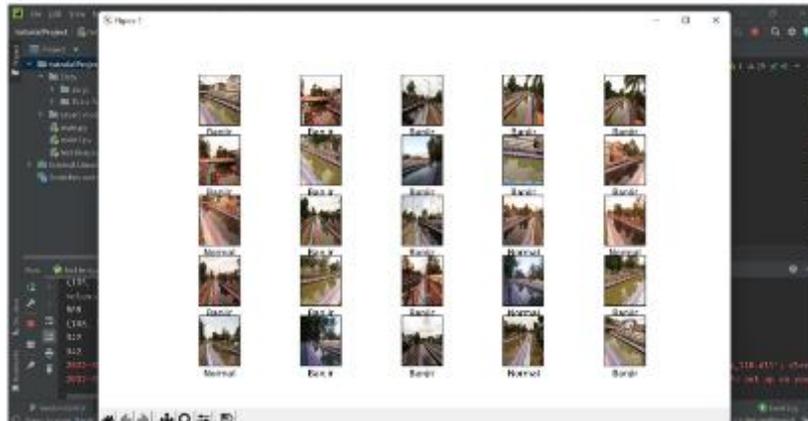
Gambar 9. Data Training

Hasil dari *training* data yang dilakukan pada sistem dengan metode CNN memiliki akurasi sebesar 0.98 atau 98% dan hasil *training* data yang ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil pembacaan *training* data metode CNN

Kemudian dilakukan pengujian data *testing* pada sistem. Data *testing* dilakukan untuk melihat hasil pembacaan algoritma CNN terhadap pengklasifikasian kondisi banjir atau normal berdasarkan hasil pengkategorian dari data *training*. Pada hasil tes data, didapatkan akurasi sebesar 0.73 atau 73%. Hasil *testing* data ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Hasil pembacaan *testing* data metode CNN

Terjadi penurunan akurasi pada hasil *test* data dibanding ketika *training* data. Terdapat kekeliruan sistem dalam membedakan kondisi banjir dan tidak banjir. Terdapat kemungkinan dataset yang diberikan tidak lengkap dan dibutuhkan dataset baru untuk menaikkan tingkat akurasi hasil *training* dan *testing* data [16]. Dengan memanfaatkan banyaknya kamera pengawas, ditambah dengan teknologi *image processing* yang memungkinkan dilakukannya tugas identifikasi, identifikasi pola, dll. Beberapa teknologi tersebut dapat digabungkan untuk menghasilkan sistem deteksi banjir *real time* menggunakan *image processing*. Dengan menggunakan algoritma CNN yang memiliki keunggulan dalam melakukan pengidentifikasian pola dapat digunakan untuk pendeteksian kondisi banjir.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu metode CNN bisa dipakai sebagai sistem pendeteksi banjir pada daerah yang tergenang air, tetapi tidak dapat mendeteksi banjir pada aliran sungai dengan posisi lebih tinggi dari daerah yang terdampak banjir seperti pada area bantaran Sungai Sekanak, Palembang, Sumatera Selatan. Pada area bantaran Sungai Sekanak tempat penelitian ini dilakukan, kondisi pemukiman warga yang terdampak banjir lebih rendah daripada area bantaran sungai. Hal ini menyebabkan aliran buang kolam retensi dari aliran sungai mengalir ke area pemukiman warga, dan tidak mengalir pada aliran sungai dikarenakan perbedaan tinggi bantaran sungai dan pemukiman warga. Kekeliruan pembacaan pada sistem ini dikarenakan kurangnya kemampuan sistem untuk memperkirakan level air pada aliran sungai pada saat terjadi banjir pada area pemukiman. Tetapi, pendeteksian banjir berhasil dilakukan apabila ditempatkan pada area yang terdampak banjir dan menunjukkan adanya genangan air.

REFERENSI

- [1] Indonesia. *Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*. Lembaran Negara RI Tahun 2007 Nomor 66, Tambahan Lembaran RI Nomor 4723. Sekretariat Negara. Jakarta.
- [2] “Analisis faktor lingkungan penyebab banjir Kota Palembang.” <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/26680> (accessed Apr. 26, 2022).
- [3] H. Riza, E. W. Santoso, I. G. Tejakusuma, F. Prawiradisastra, and P. Prihartanto, “Utilization of Artificial Intelligence To Improve Flood Disaster Mitigation,” *J. Sains dan Teknol. Mitigasi Bencana*, vol. 15, no. 1, pp. 1–11, 2020, doi: 10.29122/jstmb.v15i1.4145.
- [4] A. Kholik, “Klasifikasi Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) Pada Tangkapan Layar Halaman Instagram,” *Jdmsi*, vol. 2, no. 2, pp. 10–20, 2021.
- [5] O. Bayat, S. Aljawarneh, H. F. Carlak, International Association of Researchers, Institute of Electrical and Electronics Engineers, and Akdeniz Üniversitesi, *Proceedings of 2017 International Conference on Engineering & Technology (ICET'2017) : Akdeniz University, Antalya, Turkey, 21-23 August, 2017*.
- [6] Z. Qin, F. Yu, C. Liu, and X. Chen, “How convolutional neural network see the world - A survey of convolutional neural network visualization methods,” Apr. 2018, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1804.11191>
- [7] T. Liu, S. Fang, Y. Zhao, P. Wang, and J. Zhang, “Implementation of Training Convolutional Neural Networks.”
- [8] M. Egmont-Petersen, D. de Ridder, and H. Handels, “Image processing with neural networks-a review,” 2002. [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/patcog
- [9] S. N. K. B. Amit and Y. Aoki, “Disaster detection from aerial imagery with convolutional neural

- network,” in *Proceedings - International Electronics Symposium on Knowledge Creation and Intelligent Computing, IES-KCIC 2017*, Dec. 2017, vol. 2017-January, pp. 239–245. doi: 10.1109/KCIC.2017.8228593.
- [10] K. Khosravi *et al.*, “Convolutional neural network approach for spatial prediction of flood hazard at national scale of Iran,” *Journal of Hydrology*, vol. 591, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.jhydro.2020.125552.
- [11] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, “ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks.” [Online]. Available: <http://code.google.com/p/cuda-convnet/>
- [12] V. F. Dr. Vladimir, “BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64,” *Gastron. ecuatoriana y Tur. local.*, vol. 1, no. 69, pp. 5–24, 2019.
- [13] Y. Triawan and J. Sardi, “Perancangan Sistem Otomatisasi Pada Aquascape Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano,” *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 76–83, 2020, doi: 10.24036/jtein.v1i2.30.
- [14] I. W. A. W. K. Heru Purwanto, Malik Riyadi, Destiana Windi Widi Astuti, “Komparasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Dan JSN-SR04T Untuk Aplikasi Sistem Deteksi Ketinggian Air,” *J. SIMETRIS*, vol. 10, no. 2, pp. 717–724, 2019.
- [15] P. A. B. Bangun, “UNIVERSITAS SUMATERA UTARA Poliklinik UNIVERSITAS SUMATERA UTARA,” *J. Pembang. Wil. Kota*, vol. 1, no. 3, pp. 82–91, 2018.
- [16] “IMPLEMENTASI DEEP LEARNING UNTUK IMAGE CLASSIFICATION MENGGUNAKAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) PADA CITRA WAYANG GOLEK.”