

IMPLEMENTASI *DEEP LEARNING* DENGAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* UNTUK KLASIFIKASI GAMBAR SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK

(*Implementation Of Deep Learning With Convolutional Neural Network To Classification Organic And Nonorganic Waste Picture*)

Octavia Devi Safitri Sunanto^{1*)}, Putranto Hadi Utomo²⁾

Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret
Jalan Insinyur Sutami No. 36, Surakarta, Jawa Tengah
e-mail: octaviadevisafitrisunanto@student.uns.ac.id, putranto@staff.uns.ac.id
*)penulis korespondensi

Abstrak. Indonesia is the second largest plastic waste contributor in the world. This is due to the lack of maximum waste recycling process. Recycling of waste is one way to reduce the amount of waste that accumulates in the environment. The recycling process starts from the process of separating waste. In mathematics, the waste separation process can be applied using the Convolutional Neural Network model. Convolutional Neural Network (CNN) is one of the deep learning methods that can be used to detect and recognize an object on a network digital image. This study will determine the CNN (Convolutional Neural Network) model which has high accuracy in sorting waste using the tensorflow method. In this study, an analysis of the CNN that is suitable for the classification of waste sorting will be carried out optimally. So that this algorithm can be used for the implementation of automatic waste separation using the system. This research aims to reduce time and simplify the process of waste separation in the waste recycling stage.

Keyword: sampah, anorganik, organik, *Convolutional Neural Network*, tensorflow.

1. Pendahuluan

Sampah adalah benda yang berbentuk padat maupun tidak padat yang sudah tidak terpakai dari hasil aktivitas makhluk hidup [1]. Negara Indonesia merupakan negara penyumbang sampah terbesar kedua di dunia setelah negara Cina. Hal ini disebabkan kurangnya kesadaran masyarakat Indonesia dalam hal mendaur ulang sampah. Pada tahun 1990, sebanyak 220 juta penduduk ibukota Indonesia menghasilkan kurang lebih 300.000ton sampah per hari. Tahun 2000 produksi sampah di Indonesia meningkat khususnya di kota-kota besar. Sebanyak 2,9 miliar orang yang tinggal di Indonesia menghasilkan 3 juta ton sampah per hari. Tahun 2025 produksi sampah di Indonesia akan mencapai puluhan hingga ratusan juta ton per hari, hal ini terjadi karena tingkat kepadatan penduduk sebanding dengan tingginya tingkat konsumsi yang menghasilkan sampah [8].

Menurut Fatmawati, dkk [3] dalam penanganan dan pengolahannya sampah digolongkan menjadi dua jenis yaitu sampah organik dan anorganik. Sampah organik merupakan sampah yang dapat membusuk seperti sisa dapur dan makanan yang dapat didaur ulang

menjadi kompos, sedangkan sampah anorganik adalah sampah yang dihasilkan dari proses teknologi industri seperti logam, plastik, kaleng, dan sebagainya yang dapat didaur ulang menjadi barang yang bisa bermanfaat kembali. Tingkat kesadaran masyarakat untuk membuang sampah pada tempat sampah berdasarkan kategori organik dan anorganik masih sangat minim, hal ini mengakibatkan pembuangan sampah akan berakhir tidak pada tempatnya sehingga tidak bisa diolah kembali. Berdasarkan data SWI (*Sustainable Waste Indonesia*), negara Indonesia masih belum efektif dalam mengolah sampah. Sebesar 24% sampah Indonesia tidak dikelola, 7% sampah berhasil didaur ulang, dan 69% sampah berakhir di TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Berdasarkan permasalahan tersebut, solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah dengan memanfaatkan teknologi sistem cerdas yang dapat mengklasifikasi gambar sampah menggunakan aplikasi mobile.

Seiring dengan perkembangan teknologi di era digital, klasifikasi gambar digital sangat dibutuhkan diberbagai macam bidang, seperti: informatika, kedokteran, ke- lautan, pertanian, dan bisnis. Beberapa penelitian yang telah dilakukan misalnya klasifikasi buku dan klasifikasi pada daging [2]. Tujuan dari klasifikasi gambar adalah mengklasifikasikan memasukkan gambar ke dalam beberapa kategori tertentu. Klasifikasi gambar saat ini menjadi salah satu problem yang telah lama dicari solusinya dalam *computer vision*. Bagaimana menduplikasikan kemampuan manusia dalam memahami informasi gambar digital, supaya komputer dapat mengenali objek pada gambar selayaknya manusia.

Convolutional Neural Network merupakan perkembangan dari metode ANN (*Artificial Neural Network*) yang berfokus pada pemrosesan gambar, video, dan suara. *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan salah satu metode *deep learning* yang dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengenali sebuah objek pada sebuah gambar digital. CNN telah banyak diterapkan diberbagai bidang diantaranya untuk mendeteksi pengenalan karakter plat nomor kendaraan [6], pendeteksian patah tulang femur [9], pendeteksian jenis sampah [11], dan pendeteksian penyakit pada daun tanaman buah apel [13]. Pada dasarnya *deep learning* adalah konsep dasar dari *machine learning* yang menerapkan algoritma ANN dengan lapisan yang lebih banyak. Banyaknya lapisan tersembunyi yang digunakan antara lapisan masukan dan lapisan keluaran, sehingga jaringan ini dapat dikatakan *deep neural network*.

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa mengenai model CNN yang sesuai untuk klasifikasi pemilahan sampah secara maksimal. Sehingga algoritme ini dapat digunakan untuk implementasi pemisahan sampah secara otomatis menggunakan sistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi waktu dan mempermudah proses pemisahan sampah dalam tahapan daur ulang sampah. Oleh karena itu, peneliti membuat penelitian yang berjudul “Implementasi *Deep Learning* dengan *Convolutional Neural Network* untuk klasifikasi gambar sampah organik dan anorganik”.

2. Metode Penelitian

2.1 Citra Digital

Citra digital adalah gambar dua dimensi yang dihasilkan dari gambar dua dimensi yang kontinu menjadi gambar diskrit melalui proses sampling. Sebuah citra digital dapat mewakili oleh sebuah matriks yang terdiri dari M kolom N baris, dimana perpotongan antara kolom dan baris disebut pixel. (pixel = *picture element*), yaitu elemen terkecil dari sebuah citra. Pixel mempunyai dua parameter, yaitu koordinat dan intensitas atau warna. Nilai yang terdapat pada koordinat (x, y) adalah $f(x, y)$, yaitu besar intensitas atau warna dari pixel di titik itu. Oleh karena itu, citra dapat dituliskan seperti pada Persamaan (1).

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, M-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1, M-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Berdasarkan Persamaan (1) diatas, suatu citra $f(x, y)$ dapat dituliskan ke dalam fungsi matematika seperti berikut ini:

$$\begin{aligned} 0 &\leq x \leq M-1 \\ 0 &\leq y \leq N-1 \\ 0 &\leq f(x, y) \leq G-1 \end{aligned}$$

dengan

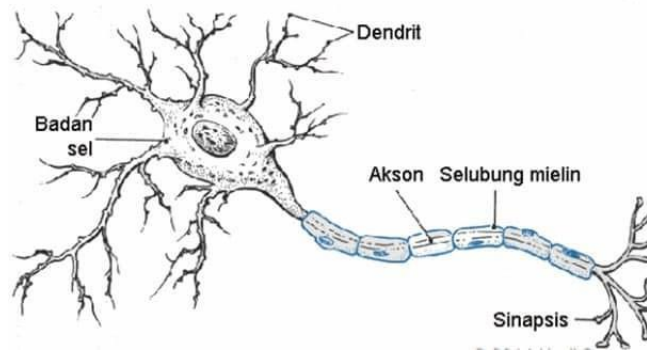
M = jumlah pixel baris pada array citra

N = jumlah pixel kolom pada array citra

G = nilai skala keabuan (grayscale)

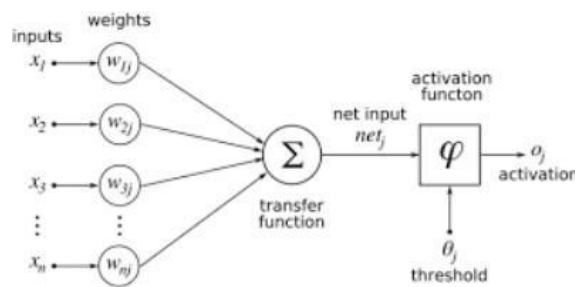
2.2 Artificial Neural Network (Jaringan Syaraf Tiruan)

Artificial neural network merupakan sistem jaringan yang bekerja seperti prinsip kerja jaringan syaraf manusia, dibangun node-node yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya [7]. Sama seperti jaringan syaraf biologis (Gambar 1), jaringan syaraf tiruan juga terdiri dari elemen pemroses informasi yang disebut simpul atau neuron. Kumpulan neuron akan disusun menjadi suatu lapisan atau layer. Menurut Sari dan Gunawan [10], susunan neuron-neuron dalam layer dan pola koneksi di dalam dan antar layer disebut dengan arsitektur jaringan. Menurut Graupe [5], jaringan syaraf tiruan tidak hanya memberikan pemahaman tentang arsitektur dan metodologi komputasi yang penting, tetapi juga memberikan pemahaman yang lebih sederhana dari mekanisme jaringan saraf biologis.



Gambar 1. Jaringan syaraf biologis manusia

Menurut Haykin [7], neuron didefinisikan sebagai unit pengolah informasi yang merupakan dasar dari proses sebuah jaringan saraf tiruan. Untuk menggambarkan sebuah operasi yang dikerjakan oleh sebuah neuron atau perceptron dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



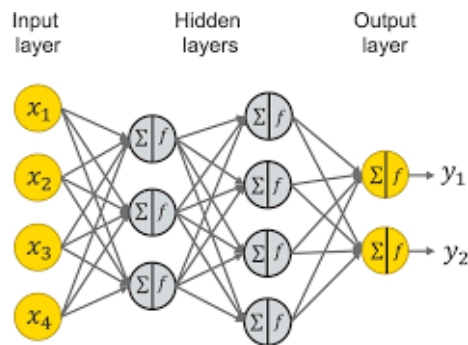
Gambar 2. Arsitektur sederhana jaringan syaraf tiruan

Jaringan syaraf tiruan mempunyai algoritma belajar yang terbagi menjadi dua tahap pemrosesan informasi yaitu tahap pelatihan (*training dataset*) dan tahap pengujian (*testing dataset*). Tahap pelatihan dimulai dengan memasukkan pola-pola pelatihan ke dalam jaringan. Dengan menggunakan pola-pola ini jaringan akan mengubah bobot menjadi penghubung antar neuron. Tahap pengujian merupakan pengujian suatu pola masukan yang belum pernah dilatihkan sebelumnya menggunakan bobot-bobot yang telah dihasilkan pada tahap pelatihan.

2.3 Deep Learning

Menurut Hoornweg [8], *deep learning* adalah suatu *artificial neural network* yang memiliki banyak layer. Pada umumnya *deep learning* sendiri memiliki lebih dari 3 *layers* dan dalam proses pembelajarannya sendiri disebut *deep neural network* (DNN). Algoritma pada *deep learning* memiliki fitur yang unik yaitu sebuah fitur yang mampu mengekstraksi secara otomatis. Hal ini berarti algoritma yang dimilikinya secara otomatis dapat menangkap fitur yang relevan sebagai keperluan dalam pemecahan suatu masalah.

Algoritma semacam ini sangat penting dalam sebuah kecerdasan buatan karena mampu mengurangi beban pemrograman.



Gambar 3. Deep Neural Network

Gambar 3 merupakan DNN dengan 5 layer, sehingga final *output*nya dapat dirumuskan pada Persamaan (2) sebagai berikut.

$$f_i = \sigma \left(\sum_{j=1}^{H_2} u_j, i \sigma \left(\sum_{k=1}^{H_1} v_k, j \left(\sum_{m=1}^M x_m w_m + \beta_k \right) + \gamma_j \right) + \lambda_i \right) \quad (2)$$

dengan β, γ, λ adalah noise atau bias.

2.4 Convolutional Neural Network

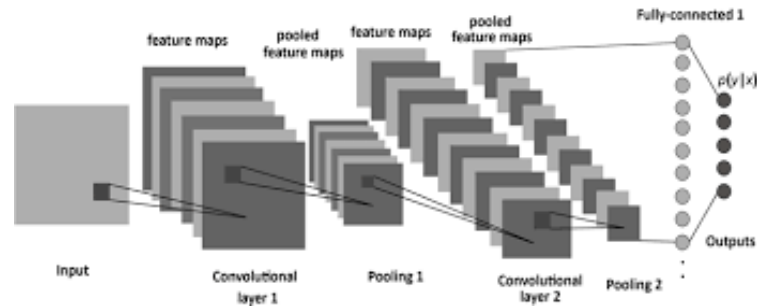
Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu metode *deep learning* yang dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengenali sebuah objek pada sebuah citra digital. CNN digunakan untuk melakukan klasifikasi data yang berlabel dengan menggunakan metode supervised learning yang cara kerjanya terdapat data yang dilatih dan terdapat variabel yang ditargetkan sehingga tujuan dari metode ini yaitu mengelompokkan suatu data ke data yang sudah ada. Arsitektur dari CNN ditunjukkan pada Gambar 4. *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan salah satu jenis *neural network* yang berisi kombinasi beberapa *layer* yaitu *convolutional layer*, *pooling layer*, dan *fully connected layer* [4]. *convolution layer* merupakan bagian dari tahap pada arsitektur CNN. Operasi konvolusi dapat dituliskan sebagai berikut

$$s(t) = (x * w)(t)$$

dengan:

$s(t)$ = Fungsi hasil operasi konvolusi

x = Input



Gambar 4. Arsitektur Convolution Neural Network

Fungsi $s(t)$ menghasilkan *output* tunggal berupa *feature map*, argumen pertama adalah *input* yang merupakan x dan argumen kedua w sebagai kernel atau filter. Jika input sebagai citra 2 dimensi, maka dapat diasumsikan t sebagai *pixel* dan menggantinya dengan i dan j . Oleh karena itu, operasi untuk konvolusi ke input dengan lebih dari satu dimensi dapat dinyatakan dengan Persamaan (3) sebagai berikut.

$$s(i, j) = K * I(i, j) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(i - m, j - n)K(m, n) \quad (3)$$

Persamaan (3) di atas adalah perhitungan dasar dalam operasi konvolusi dengan i dan j sebagai sebuah pixel dari citra. Setelah tahap *convolution layer* kemudian dilanjutkan fungsi aktivasi menggunakan fungsi aktivasi ReLu (*Rectifier Linear Unit*), kemudian dilanjutkan dengan proses pooling. Proses ini diulang terus menerus sampai didapatkan peta fitur yang cukup untuk dilanjutkan ke *fully connected neural network*, sehingga dapat dihasilkan *output class*.

2.5 TensorFlow

TensorFlow adalah *open source library* untuk *machine learning* yang di *release* oleh Google yang mendukung beberapa bahasa pemrograman [4]. Dalam proses *transfer learning*, tensorflow berperan untuk memproses Inception-v3 untuk di *training* ulang menggunakan data yang baru dan kemudian menghasilkan *classifier* dengan komputasi yang cepat dan akurasi yang baik. Tensorflow menggabungkan aljabar komputasi teknik pengoptimalan kompilasi, mempermudah penghitungan banyak ekspresi matematis dimana masalahnya adalah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan. Fitur utamanya meliputi:

1. Mendefinisikan, mengoptimalkan, dan menghitung secara efisien ekspresi matematis yang melibatkan *array multidimensional* (tensors).
2. Pemrograman pendukung jaringan syaraf dalam dan teknik pembelajaran mesin.
3. Penggunaan GPU yang transparan, mengotomatisasi manajemen dan optimalisasi memori yang sama dan data yang digunakan. Tensorflow bisa menulis kode yang sama dan menjalankannya baik di CPU atau GPU lebih khususnya lagi, tensorflow

akan mengetahui bagian perhitungan yang harus dipindahkan ke GPU.

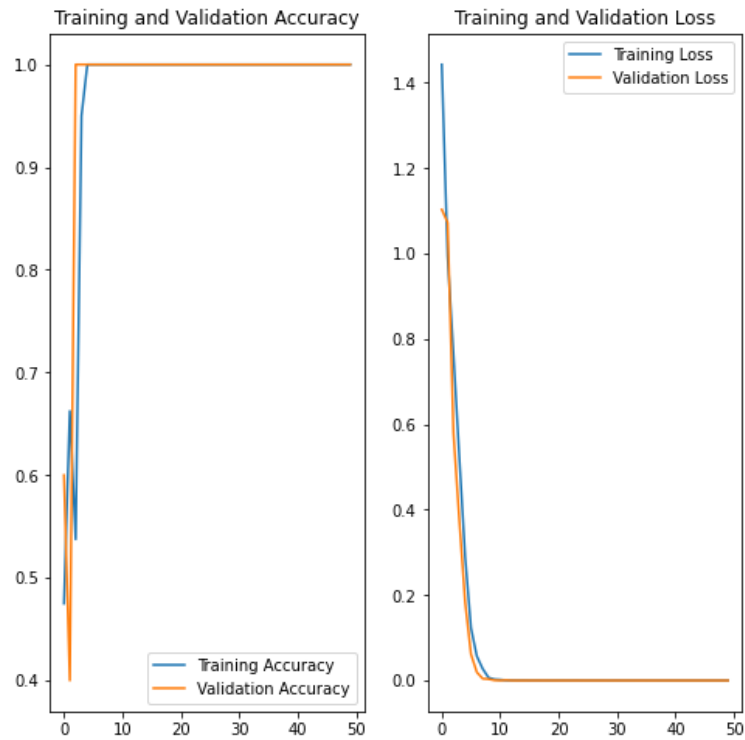
4. Skalabilitas komputasi yang tinggi di seluruh mesin dan kumpulan data yang besar.

3. PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan data citra gambar yang diperoleh dari hasil foto sampah yang diambil dari handphone. Klasifikasi sampah dengan menggunakan algoritma CNN dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

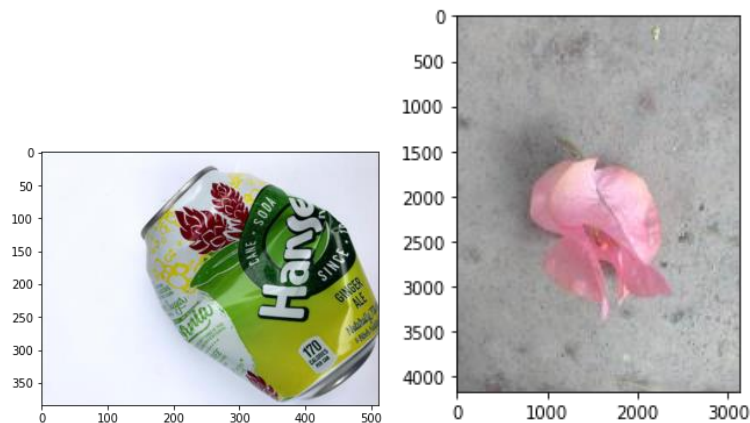
1. Mengimpor TensorFlow dan dataset yang dibutuhkan. Data yang digunakan sebanyak 100 data yang terdiri dari 50 sampah organik dan 50 sampah anorganik. Dalam proses yang pertama ini dilakukan pembagian data menjadi 3 bagian, yaitu data train sebanyak 80%, data validation 20%, dan satu data lagi yaitu data *test* yang akan digunakan untuk mengecek model.
2. Menyiapkan variabel global untuk dataset dengan melakukan *figsize*. Bagian ini digunakan untuk menentukan seberapa banyak jumlah epoch untuk proses *training*, *input dimension*, *batch size*, dan juga label klasifikasi yang diinginkan.
3. Memvisualisasikan datanya.
4. Membangun model dengan memilih dense sebanyak 128 layer. Kemudian menambahkan fungsi aktivasi *Rectifier Linear Unit (RELU)*, *Max Pooling* dengan *pool size* (1,0). Epoch yang digunakan sebanyak 50. Epoch menandakan satu siklus algoritma *machine learning* ‘belajar’ dari seluruh set data latih.
5. Algoritma optimasi yang digunakan adalah Adam. Algoritma Adam dapat diimplementasikan dengan mudah, memiliki komputasi yang efisien, memiliki kebutuhan memori yang kecil, invarian terhadap penskalaan gradien, dan cocok diterapkan pada data atau parameter dengan jumlah yang besar.
6. Membuat model dan mengcompilanya. Tahap ini dilakukan untuk memastikan model menjadi siap untuk melakukan proses training yang selanjutnya akan divisualisasikan.

Perhitungan yang dilakukan dengan bantuan software Python 3.0 diperoleh hasil visualisasi perbandingan dari *training* dan *validation accuary* menggunakan algoritme *Convolutional Neural Network* seperti pada Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Grafik Fungsi Aktivasi ReLu

Pada Gambar 5 terlihat bahwa tingkat akurasi sudah hampir 100%, dapat dilihat bahwa algoritma *Convolutional Neural Network* dapat digunakan dalam klasifikasi sampah dengan hasil prediksi yang cukup baik. Dengan menggunakan data test menunjukkan hasil dari penerapan model berikut.



Gambar 6. Hasil prediksi model untuk jenis sampah anorganik dan organik

4. Kesimpulan

Untuk memaksimalkan proses daur ulang sampah dapat dilakukan pengklasifikasian sampah organik dan anorganik. Proses klasifikasi menggunakan model *Convolutional Neural Network*. Penelitian dengan membagi data latih sebesar 80 % dan data uji sebesar 20 %, menggunakan *Convolutional Neural Network* dengan dense sebanyak 128 layer dan epoch sebanyak 50 menghasilkan akurasi penuh pada data latih dan data uji. Sehingga dengan menggunakan model *Convolutional Neural Network* dapat dilakukan klasifikasi gambar sampah anorganik dan organik.

Daftar Pustaka

- [1] Agus, R. N., Oktaviyanthi, R., and Sholahudin, U., (2019), 3R: Suatu Alternatif Pengolahan Sampah Rumah Tangga, *Kaibon Abhinaya : J. Pengabdian Masyarakat*, **1(2)**, 72-76. <https://doi.org/10.30656/ka.v1i2.1538>
- [2] Budianita, E., Jasril, Handayani, L., (2015), Implementasi Pengolahan Citra dan Klasifikasi K-Nearest Neighbour Untuk Membangun Aplikasi Pembeda Daging Sapi dan Babi, *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, **12(2)**, 242-247. <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/sitekin/article/view/1005/1009>
- [3] Fatmawati, K., Sabna, E., and Irawan, Y., (2020), Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Jarak Berbasis Mikrokontroler Arduino, *Riau J. Comput. Sci.*, **6(2)**, 124–134.
- [4] Goodfellow, I., Bengio, Y. Courville, A., (2016), *Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series)*. The MIT Press, Cambridge.
- [5] Graupe, D., (2006), *Principles of Artificial Neural Networks*, Second Edition, World Scientific Publishing, Singapore.
- [6] Harani, N. H., Prianto, C., and Hasanah, M., (2019), Deteksi Objek Dan Pengenalan Karakter Plat Nomor Kendaraan Indonesia Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis Python, *Jurnal Teknik Informatika*, **11(3)**, 47–53.
- [7] Haykin, S., (1999), *Neural Networks: A Comprehensive Foundaton*, 2nd Edition, Prentice Hall.
- [8] Hoornweg, D., Tata, P.B., Kennedy, C., (2013), Environment: Waste Production Must Peak This Century, *Nature International Weekly Journal of Science*, **502**, 615-617, <https://doi.org/10.1038/502615a>

- [9] Rokhana, R., Priambodo, J., Karlita, T., Sunarya, I.M.G., Yuniarno, E.M., Purnama, I.K.E., Purnomo, M.H., (2019), Convolutional Neural Network untuk Pendeteksian Patah Tulang Femur pada Citra Ultrasonik B-Mode, *JNTETI*, **8(1)**, 59-67.

- [10] Sari, R. dan Gunawan, (2015), Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan Untuk Pemodelan Proses Ekstraksi Aturan dengan Search Tree. *Prosiding Nasional*, ISSN: 2089-1121, 306-313.

- [11] Stephen, Raymond, Santoso, H., (2019), Aplikasi Convolution Neural Network Untuk Mendeteksi Jenis-Jenis Sampah, *Jurnal Sistem Informasi dan Telematika*, **10(2)**, 122-132.

- [12] Togacar, M., Ergen, B., and Comert, Z., (2019), Waste Classification Using AutoEncoder Network with Integrated Feature Selection Method in Convolutional Neural Network Models, *Measurement*, **153**, id. 107459, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107459>

- [13] Wicaksono, G., Andryana, S., Benrahman, (2020), Aplikasi Pendeteksi Penyakit Pada Daun Tanaman Apel Dengan Metode Convolutional Neural Network, *JOINTECS*, **5(1)**, 9-16.