

DESAIN MODEL KLASIFIKASI SAMPAH ORGANIK MENJADI BAHAN BAKU BRIKET BIOMASSA MENGUNAKAN METODE DEEP LEARNING

N. Tri Suswanto Saptadi^{1*}, Phie Chyan², dan Valentina Marchella Widjaja³,
^{1*,2,3}Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Makassar,
Email: tri_saptadi@lecturer.uajm.ac.id¹,

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi di Makassar telah menerapkan konsep smart city. Misi pembangunan kota adalah membangun perekonomian masyarakat kota yang memiliki kapasitas unggul, daya saing, produktif, kreatif, inovatif, efisien dan menggunakan teknologi informasi untuk pemanfaatan sampah yang dihasilkan oleh masyarakat dan perusahaan. Kota memiliki permasalahan yang berasal dari pembangunan dengan menghasilkan sampah berupa sampah organik dan anorganik. Untuk memberdayakan masyarakat diperlukan tata kelola kota dengan konsep desain yang berlanjut menuju green technology. Tujuan penelitian adalah merancang model yang dapat memilah dan mengidentifikasi sampah berdasarkan beragam jenis organik yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan briket biomassa sebagai sumber energi alternatif terbarukan. Penelitian menggunakan metode deep learning sebagai bagian dari machine learning dalam memecahkan permasalahan deteksi objek pada klasifikasi citra digital di computer vision. Penelitian menghasilkan desain model klasifikasi berdasarkan deteksi objek dengan mengklasifikasi 5 jenis sampah organik.

Kata Kunci: smart city, sampah organik, deep learning

Abstract

The development of information technology in Makassar has implemented the smart city concept. The mission of urban development is to build the economy of urban communities that have superior capacity, competitiveness, productivity, creativity, innovation, efficiency and use information technology to utilize the waste generated by the community and companies. Cities have problems stemming from development by producing waste in the form of organic and inorganic waste. To empower the community, city governance is needed with a design concept that continues towards green technology. The aim of the research is to design a model that can sort and identify waste based on various types of organic matter that can be used as raw material for making biomass briquettes as a renewable alternative energy source. Research uses deep learning methods as part of machine learning in solving object detection problems in digital image classification in computer vision. The research resulted in a classification model design based on object detection by classifying 5 types of organic waste.

KeyWords : smart city, organic waste, deep learning

I. PENDAHULUAN

Smart city memberikan pelayanan teknologi terkini dalam membangun infrastruktur yang pintar sehingga sangat efektif bagi kebutuhan hidup masyarakat kota [1]. Pembangunan *smart city* di negara Indonesia pernah dikemukakan di Bandung Jawa Barat oleh Direktur Perkotaan dan Perdesaan Kementerian PPN/Bappenas dalam sebuah kegiatan Konferensi *e-Indonesia Initiative* (eII) dan *Smart Indonesia Initiatives* (SII). Dikatakan bahwa urbanisasi setiap tahun dengan memperlihatkan sejumlah angka yang relatif cukup signifikan. Pembangunan yang *sustainable* terdiri dari pembangunan ekonomi, pembangunan sosial dan perlindungan lingkungan [2]. Misi pembangunan kota adalah membangun dengan kegiatan perekonomian masyarakat kota yang memiliki kapasitas unggul, daya saing, produktif, kreatif, inovatif, efisien dan menggunakan teknologi informasi dengan pemanfaatan sampah yang dihasilkan oleh masyarakat dan perusahaan [3].

Sampah yang belum diolah secara optimal dapat merusak lingkungan dan membuat air menjadi tidak jernih sehingga mengganggu kehidupan dan kesehatan di sekitar tempat tinggal manusia [4]. Sampah rumah tangga telah mendominasi dalam menghasilkan sampah di kota Makassar dengan rerata memperoleh 900 ton per hari yang dikirim ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Antang [5]. Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kota Makassar menyampaikan bahwa konsumsi masyarakat yang tinggi dimasa COVID-19 baik sebelum dan saat penerapan PSBB hingga PPKM tidak menurun secara signifikan terhadap keberadaan sampah yang berkisar 850-950 ton. Keberadaan sampah organik harus dapat dimanfaatkan oleh masyarakat agar tidak hanya berakhir di TPA semata tetapi juga diolah menjadi sesuatu agar konstruktif, bermanfaat, dan bernilai ekonomi tinggi [6].

Keberadaan sampah organik telah memberikan dampak dan potensi yang baik untuk dapat menghasilkan sumber energi alternatif seperti bahan bakar briket bagi pemenuhan kehidupan manusia [7]. Kumpulan sampah yang terdapat pada suatu tempat tertentu menjadi tidak mudah untuk diketahui potensi energi baru terbarukan sehingga membutuhkan suatu cara dengan menggunakan sistem atau alat elektronik tertentu untuk dapat mendeteksi. Produksi sampah meningkat seiring dengan naiknya angka jumlah penduduk, cara konsumsi, dan gaya hidup penduduk kota. Permasalahan yang telah teridentifikasi meliputi terdapatnya jumlah timbulan sampah, jenis, dan beragam karakteristik dari sampah [8]. Sampah di sekitar masyarakat memiliki bermacam jenis sehingga sulit dibedakan apabila dikonversi menjadi bahan baku pembuatan briket. Sampah memiliki sifat

kimia yang terdiri dari kelompok sampah organik dan anorganik [9]. Keberadaan sampah bersumber dari lahan pertanian, perkebunan, peternakan, rumah tangga, industri, rumah sakit, instansi/kantor/sekolah, market, dan lain sebagainya.

Istilah biomassa menggambarkan semua jenis material organik yang dapat digunakan [10]. Penggunaan biomassa sebagai bahan bakar dari bahan baku tempurung kelapa, serbuk kayu, bonggol jagung, sekam padi, rerantingan, jerami, maupun biji-bijian. Energi alternatif yang bersumber dari energi biomassa dapat menjadi pengganti alternatif bahan bakar yang bersumber dari fosil (minyak bumi) [11] yang telah memiliki kelebihan untuk digunakan dan memiliki karakter dapat diperbaharui serta dapat meningkatkan efektif dalam pemanfaatan sumber daya alam. Bahan bakar padat berasal dari briket yang dibuat dari campuran biomassa. Pengembangan secara massal tengah dilakukan dari bahan bakar padat dalam waktu yang relatif tidak terlalu lama [12].

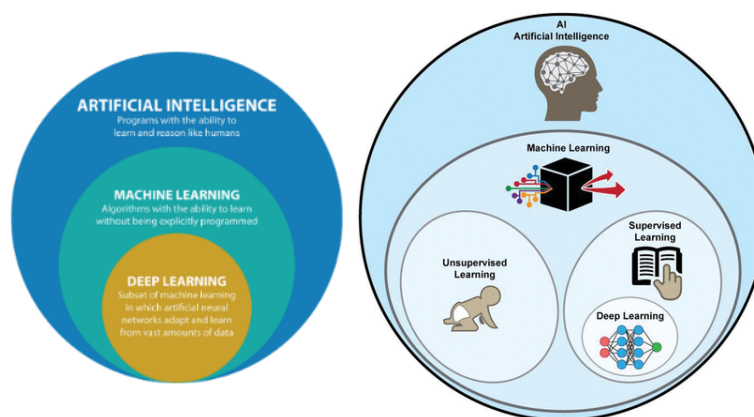
Penerapan bahan baku pembuatan kompos berasal dari daur ulang sampah organik yang dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif terbarukan yaitu berupa bahan baku yang berasal dari pengolahan briket biomassa [13]. Briket berbahan baku sampah organik mempunyai banyak keuntungan. Jika dibandingkan dengan batubara maka briket memiliki kemampuan khusus dalam penyebaran bara api yang efektif, tidak harus mengeluarkan tenaga ekstra dalam pengipasan, dan tidak mudah untuk padam [14]. Keuntungan lain adalah jumlah asap yang dihasilkan lebih rendah dari briket yang bersumber dari sampah organik yang dihasilkan dari kayu ataupun minyak tanah.

Pendekatan *Artificial Intelligence* (AI) berasal dari proses pembelajaran mesin atau *Machine Learning* (ML) [15] yang berguna dalam meniru sikap atau perilaku manusia dalam mencari solusi atau melakukan proses otomatisasi. ML berupaya mengikuti proses aktifitas makhluk pintar atau manusia dalam belajar dan mengeneralisasi masalah. Klasifikasi [16] dan prediksi [17] adalah dua dari penerapan suatu aplikasi. Pada ML terdapat proses pembelajaran dan pelatihan atau (*training*). Dibutuhkan data citra *digital* untuk mempelajari sebagai dasar data *training* atau latih. Metode dalam ML menggunakan klasifikasi yang berguna untuk memilah atau mengklasifikasi objek berdasarkan bentuk atau ciri tertentu seperti manusia yang berupaya dalam mengelompokkan benda yang satu dengan lain. Mesin memperkirakan keluaran dengan menggunakan prediksi atau regresi untuk suatu data citra yang di-input berdasarkan data yang sudah dipelajari dalam suatu proses *training* [18].

Salah satu bagian dari ML adalah *Deep Learning* (DL) yang berupaya mempelajari komputasi sendiri dengan menggunakan otak atau berpikir sendiri [19]. DL didesain agar dapat menganalisa data dan pengambilan keputusan dengan memiliki kapasitas yang mumpuni berdasarkan bantuan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) yang berbentuk jaringan biologis otak atau pikiran manusia [20]. Desain model yang akan dibentuk membutuhkan proses *neural network* dengan menerapkan suatu formula. Untuk mendapatkan *neuron* tujuan (y) maka nilai yang pada *neuron* (x) dikalkulasi dengan bobot (w) dan ditambahkan dengan bias (b) yang diaktivasi dengan fungsi (g) untuk menentukan *neuron* berikutnya (y). Formula yang terbentuk adalah:

$$y = g\left(\sum_{i=1}^n x_i w_i + b\right) \quad (1)$$

Komunitas riset, industri dan perusahaan telah memanfaatkan DL untuk mendukung dan mencari solusi terhadap banyak persoalan data besar seperti pada pengembangan *Computer Vision* (CV) [21]. DL digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dalam CV yang berbentuk pengklasifikasian citra [22].



Gambar 1: Hubungan dan Posisi AI, ML dan DL [23]

Ilmu pengetahuan yang berfokus dalam rekonstruksi, interpretasi dan pemahaman sebuah tampilan 3 (tiga) dimensi dari tampilan 2 (dua) dimensi berkaitan karakter dari struktur tampilan disebut *Computer Vision* (CV) [24]. CV merupakan pemodelan mengikuti penginderaan manusia dengan kemampuan *software* maupun *hardware* komputer [25]. *Object Detection* merupakan suatu klasifikasi dan lokalisasi dari beberapa objek dalam satu gambar. Setelah dapat dideteksi maka objek yang menjadi perhatian akan dapat ditelusuri [26].

Penggunaan data *image* berdasarkan jenis *neural network* akan menerapkan *Convolutional Neural Network (CNN)* [27] karena di dalam level *network* sehingga CNN merupakan jenis *Deep Neural Network* dan dimanfaatkan untuk mengolah data citra *digital*. Klasifikasi berdasarkan *feed forward* dan urutan pembelajaran dengan *back propagation* merupakan dua metode yang dimiliki oleh CNN. Terdapat kemiripan fungsi dan struktur yang dipunyai CNN seperti *Artificial Neural Network (ANN)* [28].

Pertanyaan penelitian yang akan dicari jawaban adalah bagaimana cara melakukan deteksi objek dan klasifikasi terhadap beragam sampah organik untuk menghasilkan bahan baku briket biomassa sebagai potensi energi alternatif. Tujuan penelitian adalah membuat desain berdasarkan data citra *digital* yang dapat memilah dan mengidentifikasi sampah berdasarkan beragam jenis organik yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan briket biomassa sebagai sumber energi alternatif dengan menggunakan pendekatan metode *deep learning*. Sampah organik terdiri dari tempurung kelapa, serbuk kayu, bonggol jagung, sekam padi, dan daun tanaman. Urgensi penelitian adalah pengolahan sampah organik secara efektif dapat menghasilkan potensi energi sebagai sumber energi alternatif dalam penyediaan bahan baku pembuatan briket biomassa.

II. METODE

A. Pendekatan dan Jenis Penelitian

Pendekatan penelitian menggunakan kuantitatif dengan jenis penelitian berdasarkan studi eksperimen (hasil studi literatur), wawancara, dan pengamatan dalam mendeteksi objek beragam sumber sampah organik yang kemudian dianalisis secara citra digital untuk menentukan bahan baku briket biomassa.

B. Sumber Data

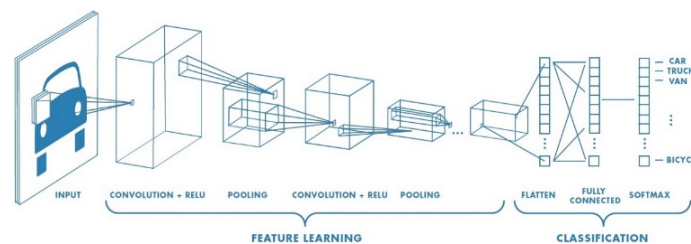
Data sekunder berasal dari DLH Kota Makassar serta pengamatan dan wawancara kepada warga masyarakat berkaitan dengan sumber sampah organik. Data primer bahan baku terdiri dari tempurung kelapa (tk), serbuk kayu (sk), bonggol jagung (bj), sekam padi (sp) dan daun tanaman (dt).

C. Teknik Pengumpulan Data

Data sampah yang terkumpul dibuat dalam bentuk dataset citra *digital* terhadap 5 (lima) jenis bahan baku sumber sampah organik.

D. Mekanisme Penelitian

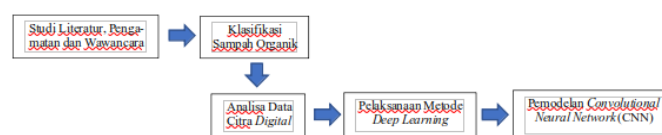
Mekanisme deteksi objek dan model berdasarkan pendekatan metode *Deep Learning* dengan melakukan klasifikasi yang terdiri dari *fully-connected* hingga output dengan arsitektur *Convolutional Neural Network (CNN)*.



Gambar 2: Arsitektur CNN

E. Tahapan Penelitian

Untuk dapat memperoleh hasil yang baik maka diperlukan tahapan penelitian yang jelas.

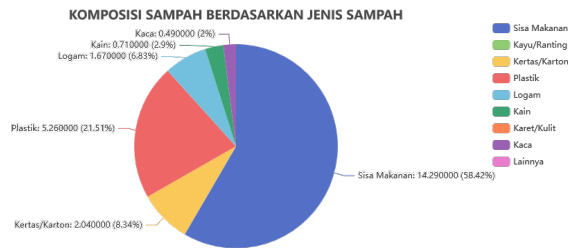


Gambar 3: Tahap Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komposisi Sampah

Hasil penelusuran, pengamatan dan wawancara yang dilakukan sebelumnya telah diperoleh informasi mengenai komposisi sampah berdasarkan jenis sampah. Data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (KLHK RI) tahun 2020 yang ditunjukkan oleh Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) (<https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>) menjelaskan bahwa komposisi sampah yang berupa kaca, karet/kulit, kain, logam, plastik, kertas/karton, kayu/ranting, sisa makanan, dan lainnya.



Gambar 4: Bahan Baku Sampah Organik

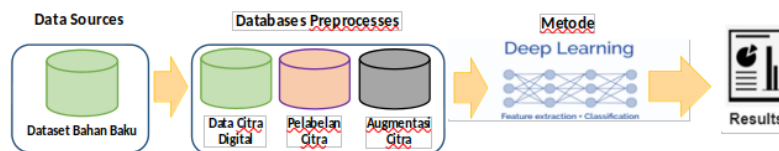
Sampah organik menghasilkan potensi energi yang terdiri dari 5 (lima) bahan baku dasar seperti karet/kulit/tempurung kelapa (tk), kayu/ranting/serbuk kayu (sk), sisa makanan/bonggol jagung (bj)/sekam padi (sp) dan lainnya/daun tanaman (dt). Pemilihan bahan baku didasarkan oleh kondisi sampah organik yang ada di sekitar lingkungan masyarakat yang paling dominan dan memungkinkan untuk dilakukan pembuatan model. Gambar 5 berikut adalah bahan baku yang dipilih.



Gambar 5: Bahan Baku Sampah Organik

B. Data Modeling

Pemodelan data terdiri dari data *sources* dan *database* preprocesses. Gambar 6 berikut menggambarkan pembentukan model data dibuat yang terdiri dari dataset bahan baku, data citra *digital*, pelabelan citra, augmentasi citra, metode deep learning dan hasil model.



Gambar 6: Pemodelan Data

C. Kebutuhan Data

Data yang dibutuhkan meliputi 5 (lima) jenis sampah organik dengan parameter citra yang telah ditentukan berupa warna, ukuran (rerata), bentuk tekstur, massa referensi, dan massa manual (dalam foto).

Tabel I: Bahan Baku dan Parameter Sampah Organik

No.	Jenis	citra	Warna	Ukuran (rata-rata)	Bentuk tekstur	Massa Referensi (dalam foto)	Massa Manual (dalam foto)
1	Tempurung Kepala		Coklat Hitam	Lebar: 3mm Diameter: 95mm	Lingkar variasi	140g/satuan	75g/setengah
2	Serbuk Kayu		Coklat Kuning Putih	/variasi	/variasi	/variasi	40gr (8 oz)
3	Bonggol Jagung		Kuning Coklat Putih	Lebar: 21 cm Diameter: 47 mm	Tabung Balogok	260g /satuan (Dengan Jagung)	260g /satuan (Dengan Jagung)
4	Sekam Padi		Abu-abu Kuning Coklat Hitam	Panjang: 9 mm Diameter 2,4 mm	Lonjong	/variasi	50gr (8 oz)
5	Daun Tanaman		Hijau Kuning Coklat	/variasi	Daun	/variasi	40gr (16 oz) (Daun Sayur)

Pada Tabel II menunjukkan kombinasi data sampah organik dengan 5 (lima) jenis yang ditentukan berdasarkan kode tertentu untuk pembentukan dataset. Adapun kombinasi yang direncanakan akan dibuat dan dikumpulkan untuk membentuk dataset citra meliputi:

Tabel II: Kombinasi Data

No	Kombinasi	Jumlah Jenis
1	TK, SK, BJ, SP, DT (A)	5 buah
2	TK, SK, SP (B)	3 buah
3	TK, SK (C)	2 buah
4	TK, SP (C)	2 buah
5	TK, DT (C)	2 buah
6	SK, DT (C)	2 buah
7	SP, DT (C)	2 buah
8	SP, BJ (C)	2 buah
9	SP, SK (C)	2 buah
10	TK, SK, BJ, SP, DT (D)	1 buah

Penentuan kombinasi dan jumlah jenis ini berguna untuk membentuk suatu dataset yang akan dibangun dengan jumlah sekitar 5000 gambar dengan distribusi masing-masing 500 untuk setiap kombinasi. Dataset diperlukan untuk proses deteksi objek yang berguna dalam mengetahui apakah objek yang dideteksi nanti merupakan bagian dari 5 (lima) jenis bahan baku sampah organik tersebut. Dari dataset yang terbentuk akan menjadi data training. Kombinasi diperlukan untuk mengetahui efektifitas dalam pembuatan desain model yang dapat diimplementasi dalam kondisi tumpukan sampah sesungguhnya.

Deteksi objek dipengaruhi oleh berbagai parameter citra yang terdiri dari warna, ukuran, bentuk tekstur, serta massa berdasarkan referensi dan manual. Melalui penentuan parameter ini diharapkan akan dapat memperoleh hasil deteksi dengan tingkat akurasi yang tinggi dan relevan dengan kebutuhan klasifikasi.

Dalam memperoleh sampah organik di suatu tempat/lokasi tentu akan dipengaruhi oleh berbagai faktor terkait. Tabel III berikut menunjukkan faktor dan pengaruh yang perlu diperhatikan dan diperhitungkan.

Tabel III: Caption

No	Faktor	Pengaruh
1	Jarak Pengambilan Foto	Dapat mempengaruhi ukuran
2	Letak Objek (x, y pada foto)	Dapat mempengaruhi akurasi
3	Cuaca / Suhu	Dapat mempengaruhi sampah dan teksturnya
4	Pencahayaan	Dapat mempengaruhi pewarnaan
5	Tempat / Lingkungan	Dapat mempengaruhi daerah/latar sampah

Sumber data sampah sebagai bahan baku briket berasal dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA), keranjang sampah rumah tangga, keranjang sampah di kantor, keranjang sampah fasilitas umum, dan sampah di jalanan.

D. Database Preprocesses

1) Pengumpulan Data Citra Digital

Data yang dikumpulkan adalah data citra *digital* sampah yang dipotret menggunakan kamera DSLR Canon EOS 600D.

Ukuran data citra yang dihasilkan yaitu 5184 x 3456 *pixel*. Pengumpulan data citra menggunakan latar yang bertujuan agar pengambilan citra dapat lebih fokus. Pengambilan citra dilakukan pada masing-masing jenis sampah organik.



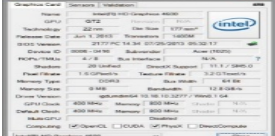



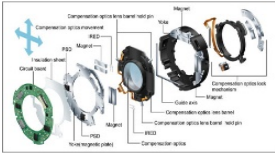

2) Pelabelan Data

Proses pelabelan data berfungsi untuk memberikan nama pada data citra sampah yang telah potret agar dapat dengan mudah dikenali. Peneliti membuat *folder* yang terdiri dari *folder train* dan *folder test*. *Folder train* berfungsi untuk menyimpan data untuk diproses pada proses pembelajaran, sedangkan *folder test* untuk mengvalidasi data pada proses *training*. Untuk pelabelan data terbagi atas lima jenis sampah organik.

3) Augmentasi Data

Pada proses augmentasi data akan berupaya memodifikasi data citra dengan menggunakan *Adobe Photoshop*. Modifikasi yang dilakukan berdasarkan jenis sampah organik dengan menggabungkan banyak data citra menjadi satu data citra. Pada penelitian ini menggabungkan sepuluh data citra sampah organik menjadi satu data citra *digital*. Selain itu juga melakukan *resize* pada data citra sampah organik yang awalnya 5184 x 3456 *pixel* menjadi 224 x 224 *pixel*.

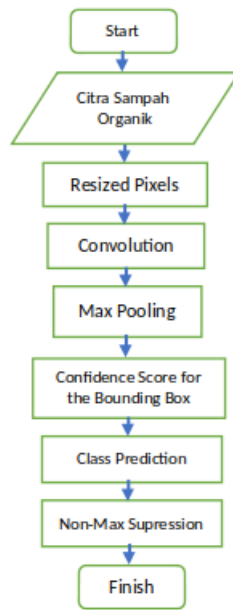
Tabel IV: Peralatan Dokumentasi

No.	Merk/Tipe	Alat	Kemampuan
1	CPU Intel core i7		
2	GPU Intel HD Graphics 4600		
3	GPU NVIDIA GeForce GTX 760M		
4	Canon 550D		
5	Lensa 18-55		
6	Tripod kamera standar		

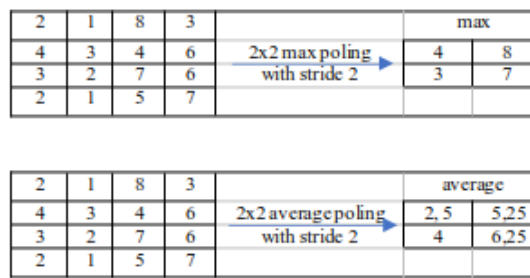
E. Pemodelan Training

1) Bagan Alir (Flowchart)

Proses permulaan dalam pembuatan bagan alir (*flowchart*) dengan cara menyusun *algorithm* dengan menginput sebuah citra sampah organik yang di *resize* menjadi 416x416 *pixels*. Proses meliputi *Convolution* dan *MaxPooling*. Proses manipulasi citra dengan menggunakan eksternal *mask/subwindows* untuk menghasilkan citra yang baru dengan pendekatan konvolusi. Kernel 3x3 digunakan untuk konvolusi. Setelah itu proses mereduksi input secara spasial dengan mereduksi jumlah parameter berdasarkan operasi down-sampling dan mengambil nilai terbesar dari bagian tersebut dengan proses *MaxPooling*. Untuk kernel 2x2 *filters* dan *stride* 2 pada setiap matriks akan selalu terbagi menjadi seperduanya sebagai contoh 432x432 menjadi 216x216 dan seterusnya.



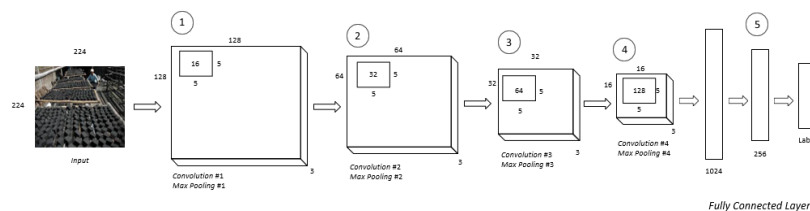
Gambar 7: Flowchart Pemodelan CNN



Gambar 8: Proses Max dan Average Polling

2) Pemodelan CNN

Menggunakan dua model *CNN from the scratch* dan CNN dengan *transfer learning ResNet*. Perancangan model CNN dilakukan dengan *training* untuk menghasilkan model (*classifier rules*) yang mengklasifikasikan sumber sampah dan menjadi bahan baku briket biomassa. Model CNN yang diusulkan berupa parameter yang dihubungkan menjadi sebuah vektor (*flatten*) untuk masuk ke *fully connected layer*. Masuk ke *Dense layer* yang kemudian hasil tersebut diperkecil menjadi 1024 *output* dan kemudian diperkecil kembali menjadi 256 *output*. Setelah itu masuk *layer* terakhir proses klasifikasi yang dilakukan menggunakan *softmax function* sehingga menghasilkan jumlah kelas yang sesuai kategori atau kelas pada data.



Gambar 9: Model CNN Diusulkan

3) Pelatihan (Training)

Dalam upaya memperlancar proses pelatihan diperlukan pengaturan yang bertujuan untuk memperoleh model terbaik secara efektif, efisien dan terukur. Variabel *keras_model* bertujuan untuk menyimpan model ke dalam direktori yang telah disiapkan. Pada proses pelatihan terdapat dataset yang terjadi pengulangan (*epoch*) untuk beberapa kali dalam

mendapatkan kinerja model yang paling maksimal. Pada setiap kali pengulangan nilai akurasi yang naik dan turun yang baik dengan menggunakan *checkpoint* dengan di set untuk menyimpan model dengan nilai *loss error* terendah. Nilai *loss function* yang rendah berbanding lurus dengan tingkat akurasi yang dimiliki model. Proses berikut menggunakan *fit generator* yang memungkinkan augmentasi data pada *CPU* dan *training* pada *GPU* yang dilakukan paralel secara *real-time*.

Layer pertama dalam CNN adalah *input layer* di mana pada *input layer* menerima masukan citra gambar *digital* dengan tiga atribut, yaitu panjang citra (*pixel*), lebar citra (*pixel*), dan *channel* warna (RGB atau grayscale). Penelitian ini bersifat *supervised learning* sehingga input citra pelatihan juga menggunakan label untuk memudahkan pendeteksian suatu citra. Data besaran nilai RGB *channel* pada setiap *pixel* akan diproses di *convolutional layer* yang berfungsi untuk mengekstraksi *feature map* pada citra dengan menggunakan *filter*.

Setelah memberi sebuah sampel atau objek utama kemudian bisa mengklik tombol *train*, untuk sampel sampah organik yang dibuat sehingga bisa dikenali oleh AI dari *teachable machine*. Jika memiliki pengalaman lebih mengenai AI akan dapat menyesuaikan *Epochs*, *Batch Size*, dan yang lain. Pada menu *dropdown Advanced*, jika tidak maka dapat langsung *train* dengan pengaturan *default* dari *teachable machine* yang tersedia secara fleksibel.

4) Pengujian Model (Model Testing)

Hasil yang diperoleh untuk proses pelatihan berada pada dataset yang menghasilkan nilai *loss* pada validasi yang bernilai fluktuatif dengan nilai *loss* tertinggi pada nilai *loss training* dan *loss validation*. Setelah itu dibuatkan nilai akurasi untuk *training* terhadap dataset. Untuk mengetahui kualitas apakah model yang didesain baik atau tidak maka akan dilakukan pengujian melalui *data testing*. Jumlah data yang akan diuji dapat menggunakan *teachable machine* yang merupakan *web-based tool*.

Teachable machine merupakan alat yang membantu pembuatan model *Machine Learning* yang dibuat oleh google. Saat ini *teachable machine* baru menyediakan 3 (tiga) jenis pembuatan model, yaitu: *Image Project*, *Audio Project*, dan *Pose Project*.

Setelah proses *train* berhasil dengan tingkat akurasi di atas 85% maka dapat melihat hasilnya pada bagian *preview* dan juga menggunakan model AI yang telah di buat ke *project*. Melalui *export model* ke *tensorflow.js* yang digunakan pada *javascript*, akan dapat diimplementasikan melalui aplikasi mobile.

IV. SIMPULAN

Penelitian yang berkaitan dengan upaya memperoleh bahan baku sebagai potensi energi yang berasal dari sampah organik telah dapat menghasilkan kesimpulan, yaitu:

- 1) Pendekatan metode deep learning yang dilakukan telah dapat mendesain suatu model berdasarkan deteksi objek dan klasifikasi 5 (lima) jenis sampah organik.
- 2) Desain yang dihasilkan dan diusulkan berupa flowchat dan model Convolutional Neural Network (CNN) sehingga diharapkan dapat dilanjutkan dan diimplementasikan ke tahap berikut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan khusus kepada Pemerintah Kota Makassar, Kepala Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Makassar (DLH), Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Atma Jaya Makassar (LPPM UAJM), dan Masyarakat Kota Makassar yang telah berkontribusi dalam memperoleh data dan memberikan informasi, bimbingan, dan arahan secara konstruktif, transparan dan akuntabel. Secara khusus disampaikan ucapan terima kasih kepada rekan dosen yang telah memberikan pengetahuan yang memadai.

PUSTAKA

- [1] D. I. K. Besar and P. Sumatera, "Smart City, Konsep Kota Cerdas Sebagai Alternatif Penyelesaian Masalah Perkotaan Kabupaten/Kota, Di Kota-Kota Besar Provinsi Sumatera Utara," *Bul. Utama Tek.*, vol. 14, no. 2, 2019.
- [2] R. P. Putra, A. N. Hidayati, and I. Soewarni, "Strategi Pembangunan Perkotaan Berkelanjutan di Kota Batu," *J. Inov. Penelit.*, vol. 1, no. 9, pp. 1805–1824, 2021.
- [3] M. Huda and E. B. Santoso, "Pengembangan Daya Saing Daerah Kabupaten/Kota di Propinsi Jawa Timur berdasarkan Potensi Daerahnya," *J. Tek. POMITS*, vol. 3, no. 2, pp. 81–86, 2014, [Online]. Available: <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/7207>.
- [4] A. C. Malina, Suhasman, A. Muchtar, and Sulfahri, "Kajian Lingkungan Tempat Pemilahan Sampah di Kota Makassar," *J. Inov. dan Pelayanan Publik Makassar*, vol. 1, no. 1, pp. 14–27, 2017.
- [5] S. Asiri, M. Manaf, and P. Perencanaan Wilayah dan Kota Program Pascasarjana Universitas Bosowa, "Pengaruh Keberadaan Tpa Tamangapa Terhadap Perubahan Pemanfaatan Ruang Di Sekitarnya," *Plano Madani*, vol. 8, no. 2, pp. 138–146, 2019, [Online]. Available: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/planomadani>.
- [6] I. M. Harjanti and P. Anggraini, "Pengelolaan Sampah Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang, Kota Semarang," *J. Planol.*, vol. 17, no. 2, p. 185, 2020, doi: 10.30659/jpsa.v17i2.9943.
- [7] S. Fairus, L. Rahman, and E. Apriani, "Pemanfaatan Sampah Organik Secara Padu Menjadi Alternatif Energi: Biogas dan Precursor Briket," *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. Pengemb. Teknol. Kim. untuk Pengelolaan Sumber Alam Mns.*, no. 2006, p. E01, 2011.
- [8] A. Kahfi, "Tinjauan Terhadap Pengelolaan Sampah," *Jurisprud. Jur. Ilmu Huk. Fak. Syariah dan Huk.*, vol. 4, no. 1, p. 12, 2017, doi: 10.24252/jurisprudentie.v4i1.3661.
- [9] Wawan, "Pengelolaan Bahan Organik," *Buku Ajar*, pp. 1–130, 2017.

- [10] A. D. Arafah and S. S. Harsono, "Analysis The Effect of Coconut Shell Charcoal Mixed Doses and Adhesive In Characteristics Jamu Dregs Briquettes," *Berk. Sainstek*, vol. 9, no. 4, p. 179, 2021, doi: 10.19184/bst.v9i4.27326.
- [11] A. S. Pramudiyanto and S. W. A. Suedy, "Energi Bersih Dan Ramah Lingkungan Dari Biomassa Untuk Mengurangi Efek Gas Rumah Kaca Dan Perubahan Iklim Yang Ekstrim," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 3, pp. 92–105, 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.9990.
- [12] B. Setyawan and R. Ulfa, "Analisis mutu briket arang dari limbah biomassa campuran kulit kopi dan tempurung kelapa dengan perekat tepung tapioka," *Edubiotik J. Pendidikan, Biol. dan Terap.*, vol. 4, no. 02, pp. 110–120, 2019, doi: 10.33503/ebio.v4i02.508.
- [13] R. Eka Putri and A. Andasuryani, "Studi Mutu Briket Arang Dengan Bahan Baku Limbah Biomassa," *J. Teknol. Pertan. Andalas*, vol. 21, no. 2, p. 143, 2017, doi: 10.25077/jtpa.21.2.143-151.2017.
- [14] K. Briket, D. Sampah, and O. Di, "Karakterisasi Briket Dari Sampah Organik Di Lingkungan Kampus Unnes," *Sainteknol*, vol. 10, no. 1, pp. 23–29, 2012, doi: 10.15294/sainteknol.v10i1.5541.
- [15] V. Wiley and T. Lucas, "Computer Vision and Image Processing: A Paper Review," *Int. J. Artif. Intell. Res.*, vol. 2, no. 1, p. 22, 2018, doi: 10.29099/ijair.v2i1.42.
- [16] R. T. Prasetio and E. Ripandi, "Optimasi Klasifikasi Jenis Hutan Menggunakan Deep Learning Berbasis Optimize Selection," *J. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 100–106, 2019, doi: 10.31311/ji.v6i1.5176.
- [17] G. Ayuni and D. Fitriah, "Penerapan Metode Regresi Linear Untuk Prediksi Penjualan Properti pada PT XYZ," *J. Telemat.*, vol. 14, no. 2, pp. 79–86, 2019.
- [18] W. S. Eka Putra, "Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) pada Caltech 101," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 1, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i1.15696.
- [19] B. Pang, E. Nijkamp, and Y. N. Wu, "Deep Learning With TensorFlow: A Review," *J. Educ. Behav. Stat.*, vol. 45, no. 2, pp. 227–248, 2020, doi: 10.3102/1076998619872761.
- [20] S. Cheon, H. Lee, C. O. Kim, and S. H. Lee, "Convolutional Neural Network for Wafer Surface Defect Classification and the Detection of Unknown Defect Class," *IEEE Trans. Semicond. Manuf.*, vol. 32, no. 2, pp. 163–170, 2019, doi: 10.1109/TSM.2019.2902657.
- [21] M. Z. Alom et al., "The History Began from AlexNet: A Comprehensive Survey on Deep Learning Approaches," 2018, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1803.01164>.
- [22] A. Peryanto, A. Yudhana, and R. Umar, "Rancang Bangun Klasifikasi Citra Dengan Teknologi Deep Learning Berbasis Metode Convolutional Neural Network," *Format J. Ilm. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 2, p. 138, 2020, doi: 10.22441/format.2019.v8.i2.007.
- [23] G. Zaharchuk, E. Gong, M. Wintermark, D. Rubin, and C. P. Langlotz, "Deep learning in neuroradiology," *Am. J. Neuroradiol.*, vol. 39, no. 10, pp. 1776–1784, 2018, doi: 10.3174/ajnr.A5543.
- [24] R. Bandi and J. Amudhavel, "Object recognition using Keras with backend tensor flow," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 3.6 Special Issue 6, pp. 229–233, 2018, doi: 10.14419/ijet.v7i3.6.14977.
- [25] T. Wijaya, "Membangun Aplikasi Chatbot Berbasis Web Pada CV. Unomax Indonesia," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 6, no. 2, pp. 110–121, 2019.
- [26] K. Belanja et al., "Penerapan Pendeteksian Manusia Dan Objek Dalam Keranjang Belanja Pada Antrian Di Kasir," *J. Tek. Inform.*, vol. 15, no. 2, pp. 101–108, 2020.
- [27] H. Kim, J. Kim, and H. Jung, "Convolutional neural network based image processing system," *J. Inf. Commun. Converg. Eng.*, vol. 16, no. 3, pp. 160–165, 2018, doi: 10.6109/jicce.2018.16.3.160.
- [28] A. Peryanto, A. Yudhana, and R. Umar, "Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network dan K Fold Cross Validation," *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 4, no. 1, pp. 45–51, 2020, doi: 10.30871/jaic.v4i1.2017.