

Proposal Skripsi

**Desain Tempat Sampah Otomatis Pemisah Sampah
Organik dan Anorganik Berbasis Convolutional
Neural Network Googlenet Yang Dioperasikan di
Raspberry Pi 3b+**

**Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
sarjana Sains dalam bidang Fisika Instrumentasi**



Oleh :

**Muhammad Raihan Ekaputra Idrisatria
185090807111004**

Program Studi : S1 Instrumentasi

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU
PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2022

**LEMBAR PENGESAHAN
PROPOSAL SKRIPSI**

**DESAIN TEMPAT SAMPAH OTOMATIS
PEMISAH SAMPAH ORGANIK DAN
ANORGANIK BERBASIS CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK GOOGLNET YANG
DIOPERASIKAN DI RASPBERRY PI 3B+**

**OLEH:
MUHAMMAD RAIHAN EKAPUTRA
IDRISATRIA 123**

185090807111004

**PROGRAM STUDI : S1 INSTRUMENTASI
MALANG, 9 JULI 2022**

Pembimbing I

Pembimbing II

**Drs. Hari Arief
Dharmawan, M.Eng.,
Ph.D
NIP. 19690920 199412 1
001**

**Prof. Dr.Eng. Agus
Naba, S.Si., M.T.
NIP. 19720806 199512 1
001**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi S1 Instrumentasi
Jurusan Fisika UB**

**Dr.Eng. Agus Naba, S.Si., M.T.
NIP. 19720806 199512 1 001**

KATA PENGANTAR

Segala puji serta syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Desain Tempat Sampah Otomatis Pemisah Sampah Organik dan Anorganik Berbasis Convolutional Neural Network Googlenet Yang Dioperasikan Di Raspberry Pi 3B+” dengan tepat waktu sebagai syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar sarjana sains dari studi strata satu Program Studi Instrumentasi, Jurusan Fisika FMIPA UB.

Selama proses pengerjaan tugas akhir dengan judul “Desain Tempat Sampah Otomatis Pemisah Sampah Organik dan Anorganik Berbasis Convolutional Neural Network Googlenet Yang Dioperasikan Di Raspberry Pi 3B+”. Tentu tidak lepas dari dukungan baik materil maupun non materil. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat berupa Kesehatan, petunjuk, dan kelancaran selama proses penelitian ini berlangsung.
2. Bapak Riri Satria dan Ibu Idrianita Anis selaku kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan baik materil maupun non materil.
3. Nadya Emirah Dwiputri Idrisatria selaku saudara kandung dari penulis yang selalu memberikan motivasi kepada penulis selama penulis mengerjakan tugas akhir.
4. Kak Zanuvar Ekaputra Rus'an selaku mentor batch 1 MBKM SIB Dicoding yang telah menerima ide penulis dengan baik saat program MBKM berlangsung. Sehingga, penulis dapat lebih percaya diri saat mengajukan ide serupa untuk tugas akhir penulis.

5. Bapak Drs. Hari Arief Dharmawan, M.Eng., Ph.D. dan Bapak Dr.Eng. Agus Naba, S.Si., M.T. selaku kedua dosen pembimbing satu dan dua yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penelitian dan pengerjaan tugas akhir ini.
6. Seluruh bapak dan ibu dosen jurusan Fisika FMIPA UB yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
7. Rosa Desinta selaku teman penulis yang telah memberikan motivasi kepada penulis serta masukan selama proses penelitian dan penulisan tugas akhir ini.
8. Ardan Praja Ananta, Taufik Ramadhan, Helentika JP Sihombing, dan Juandika Ahmad Risaldi selaku rekan laboratorium *signal processing* dan AI.
9. Teman-teman jurusan fisika Angkatan 2018 yang telah memberikan semangat kepada penulis selama menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penelitian dan penulisan naskah tugas akhir ini.

Dalam pembuatan naskah tugas akhir ini penulis masih menyadari bahwa naskah ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, besar harapan penulis akan adanya kritik maupun saran yang membangun untuk kesempurnaan dari naskah ini. Akhir kata, penulis berharap semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang penulis terima.

Malang, 10 Juli 2022

Muhammad Raihan E.I.
185090807111004

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang dihadapi oleh masyarakat pada umumnya. Dapat dikatakan bahwa sampah dapat dihasilkan oleh masyarakat setiap harinya. Namun, yang menjadi permasalahan adalah sampah hanya dibuang tanpa dipisahkan antara sampah organik dan anorganik. Hal ini tentu dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan yang dapat menimbulkan masalah kesehatan bagi manusia. Masalah mengenai sampah tidak akan berhenti seiring dengan berlangsungnya aktivitas manusia dan bertambahnya jumlah populasi manusia. Secara alami, sampah dapat terurai oleh alam terutama jenis sampah organik, namun jika volume produksi sampah melebihi kapasitas alam untuk mengurai sampah, tentu dapat menimbulkan masalah lingkungan (Suryana, 2018).

Jika dikelola dengan benar, sampah dapat didaur ulang dan memiliki nilai jual. Salah satu upaya untuk mengelola sampah adalah dengan mendirikan Bank Sampah. Bank Sampah dapat didefinisikan sebagai kegiatan sosial yang bertujuan untuk memberdayakan masyarakat untuk mengelola sampah. Salah satu hal yang dilakukan pada kegiatan bank sampah ini adalah memisahkan antara sampah organik dan anorganik. Hal ini merupakan upaya untuk menyadarkan masyarakat mengenai pentingnya memilah, mendaur ulang, dan memanfaatkan sampah. Hal ini penting dilakukan agar sampah memiliki nilai jual dan budaya mengelola sampah dapat menjadi budaya baru di Indonesia (Suryani, 2014).

Salah satu metode untuk memisahkan sampah organik dan anorganik adalah dengan cara manual. Namun, cara tersebut memiliki kekurangan, antara lain adalah membutuhkan tenaga manusia yang banyak. Jika sampah yang ingin dipisahkan memiliki jumlah yang banyak tentu proses pemisahan tidak dapat efektif. Selain cara manual, cara otomatis juga telah dikembangkan dengan menggunakan perangkat keras berupa arduino uno dan sensor proksimiti sebagaimana telah dilakukan oleh (Widodo & Suleman, 2020). Namun, pada penelitian tersebut terdapat kekurangan, antara lain adalah penggunaan sensor proksimiti hanya mampu memisahkan sampah berdasarkan jenis material nya yaitu logam dan non logam. Selain itu, cara otomatis menggunakan convolutional neural network juga telah dikembangkan pada penelitian (Mao et al., 2021) dan menghasilkan akurasi sebesar 98% saat dilakukan pelatihan terhadap jaringan syaraf tiruan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana membuat tempat sampah otomatis berbasis *convolutional neural network* yang dijalankan menggunakan raspberry pi 3b+.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah jaringan syaraf tiruan yang digunakan adalah googlenet. Selain itu, bahasa pemrograman yang digunakan pada penelitian ini adalah matlab. Untuk perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini adalah raspberry pi seri 3b+ yang memiliki ram sebesar 1GB.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat tempat sampah otomatis yang dapat memisahkan jenis sampah organik dan anorganik dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan googlenet yang dijalankan di raspberry pi 3b+.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini, diharapkan pengelolaan sampah dapat berlangsung secara tepat guna, sampah dapat dikelola lagi menjadi produk yang dapat dimanfaatkan dan memiliki nilai jual. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menambah pemahaman terkait pembuatan model convolutional neural network dan menjalankannya di raspberry pi 3b+ menggunakan matlab.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Berdasarkan (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah, 2008) Bab I Pasal I, sampah dapat didefinisikan sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/ atau proses alam yang berbentuk padat. Berdasarkan waktu terurainya, sampah dapat dibagi atas dua yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik merupakan sampah yang berasal dari sisa makhluk hidup yang mudah terurai secara alami tanpa proses campur tangan manusia. Contoh dari sampah organik antara lain adalah sisa sayur, kulit pisang, buah busuk, dan daun kering. Sedangkan sampah anorganik merupakan sampah yang membutuhkan waktu lebih lama untuk terurai. Contoh dari sampah anorganik antara lain adalah botol plastik, botol kaca, ban bekas, besi, dan barang elektronik (Admin DLH, 2019).

Jika sampah tidak ditangani dengan baik maka akan menimbulkan pencemaran pada lingkungan. Selain itu, penumpukan sampah juga dapat menimbulkan masalah bagi kesehatan manusia. Sampah yang menumpuk juga menyebabkan manusia enggan untuk mendaur ulang sampah. Padahal, jika sampah didaur ulang dapat memberikan nilai ekonomi yang dapat menyejahterakan masyarakat (Yuliesti et al., 2020).

Maka dari itu, sampah harus dikelola. Salah satu cara untuk mengelola sampah adalah dengan memisahkan jenis sampah antara organik dan anorganik pada saat sampah ingin dibuang. Salah satu metode untuk memisahkan sampah antara organik dan anorganik adalah dengan cara manual. Namun cara tersebut memiliki kekurangan antara lain adalah dibutuhkan ketelitian pada tenaga kerja, sehingga hal ini menimbulkan tingginya biaya operasional (Mao et al., 2021). Cara otomatis yang telah dikembangkan untuk memisahkan sampah organik dan anorganik adalah dengan menggunakan perangkat keras arduino uno dan sensor proksimiti sebagaimana dilakukan pada penelitian (Widodo & Suleman, 2020). Namun, cara tersebut hanya dapat memisahkan sampah anorganik dan organik jika sampah terbuat dari bahan logam. Cara lain yang dapat digunakan untuk memisahkan sampah organik dan anorganik adalah dengan menggunakan klasifikasi gambar dan jaringan syaraf tiruan. Jaringan syaraf tiruan sebagaimana dilakukan pada penelitian (Mao et al., 2021).

Pada penelitian ini, akan digunakan jaringan syaraf tiruan googlenet yang dijalankan di raspberry pi 3b+, untuk membuat tempat sampah otomatis yang dapat memisahkan sampah organik dan anorganik. Sampah akan diklasifikasikan menjadi anorganik dan organik berdasarkan kemiripannya pada data latih yang digunakan.

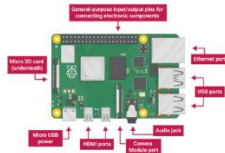
2.2 Raspberry Pi

Raspberry pi dapat didefinisikan sebagai komputer yang memiliki ukuran seperti kartu yang dikembangkan oleh Yayasan Raspberry Pi (*Raspberry Pi Foundation*) dengan tujuan untuk mengajarkan dasar komputer ke sekolah. Namun, saat ini raspberry pi telah digunakan untuk mengembangkan projek komputer super dan robot. Saat ini, terdapat lima tipe raspberry pi, antara lain adalah tipe A, tipe A+, tipe B, tipe B+, dan generasi lanjut per Februari 2015, berikut adalah spesifikasi dari tipe-tipe raspberry pi (Shah, 2015).

	Model A	Model A+	Model B	Model B+	Generasi Lanjut
Harga	25 USD	20 USD	35 USD	35 USD	35 USD
Sistem Pada Chip	Broadcom 2835	Broadcom 2835	Broadcom 2835	Broadcom 2835	Broadcom 2836
Memori	256 MB	256 MB	512 MB	512 MB	1 GB
USB 2.0	1	1	2	4	4
Jaringan Pada Perangkat	Tidak tersedia	Tidak tersedia	10/100 Mbps Internet	10/100 Mbps Internet	10/100 Mbps Internet
Catup Daya	300 mA (1.5 W)	200 mA (1W)	700 mA (3.5 W)	600 mA (3.0 W)	900 mA (4.5 W)

Tabel 1 Tipe tipe raspberry pi (Shah, 2015)

Raspberry pi seri 3b+ memiliki beberapa bagian penting, berikut adalah gambar dari tiap bagian pada raspberry pi seri 3b+:



Gambar 1 Bagian-bagian raspberry pi (*Projects / Computer Coding for Kids and Teens / Raspberry Pi*, n.d.)

Bagian pertama pada raspberry pi adalah USB (*Universal Serial Bus*) *port*. Bagian ini berfungsi untuk menghubungkan perangkat raspberry pi ke perangkat peripheral seperti *mouse* dan *keyboard*. Bagian kedua pada raspberry pi adalah *sd card slot*, bagian ini berfungsi untuk memasukkan *sd card* yang berisi sistem operasi yang akan dijalankan di raspberry pi, sistem operasi yang dapat dijalankan antara lain adalah *raspbian os*. Bagian ketiga pada raspberry pi adalah *ethernet port*. Bagian ini berfungsi untuk menghubungkan perangkat raspberry pi ke internet atau perangkat lain menggunakan kabel LAN (*Local Area Network*). Bagian keempat pada raspberry pi adalah *audio jack*, bagian ini berfungsi untuk menghubungkan raspberry pi ke perangkat *audio* seperti pengeras suara. Bagian kelima pada raspberry pi adalah *HDMI port*. Bagian ini berfungsi untuk menghubungkan raspberry pi ke perangkat seperti monitor dan proyektor. Bagian keenam pada raspberry pi adalah micro usb power. Bagian ini berfungsi untuk menghubungkan raspberry pi ke kabel catu daya yang berfungsi untuk mengaktifkan raspberry pi. Bagian terakhir pada raspberry pi adalah GPIO pin. Bagian ini berfungsi untuk menghubungkan raspberry pi ke komponen elektronik seperti LED dan tombol (*Projects / Computer Coding for Kids and Teens / Raspberry Pi*, n.d.).

Agar raspberry pi dapat digunakan, sistem operasi harus diinstall terlebih dahulu pada perangkat raspberry pi. Sistem operasi yang digunakan pada perangkat raspberry pi adalah linux. Linux merupakan suatu sistem operasi inti yang hanya dapat melakukan operasi komputasi tingkat rendah seperti mengakses perangkat *peripheral*, mengakses jaringan, dan mengakses perangkat penyimpanan. Linux memiliki lisensi yang bersifat *open source*, sehingga linux dapat diunduh secara gratis dan dapat dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan. Salah satu sistem operasi linux yang telah dimodifikasi untuk kebutuhan raspberry pi adalah raspbian os (Membrey & Hows, 2012).

Raspbian os merupakan sistem operasi linux yang telah dimodifikasi agar dapat dijalankan di raspberry pi. Sistem operasi ini merupakan turunan dari linux debian. Sistem operasi ini memiliki 35.000 paket perangkat lunak yang belum dikompilasi yang disusun sedemikian rupa sehingga mudah untuk dijalankan di raspberry pi. Saat ini, Raspbian telah dikembangkan dalam bentuk dua versi, yaitu versi tanpa *desktop* dan versi dengan *desktop* (*Raspberry Pi Documentation - Raspberry Pi OS*, n.d.).

Pada penelitian ini, raspberry pi akan digunakan sebagai perangkat keras utama yang akan memproses masukan berupa sampah, lalu membuangnya sesuai dengan kategori pada sampah yaitu organik atau anorganik. Sistem operasi yang digunakan untuk raspberry pi pada penelitian ini adalah raspberry pi raspbian yang telah dimodifikasi untuk pemrograman *deep learning* yang didapat dari *toolbox matlab support package for raspberry pi*.

2.3 Convolutional Neural Network

Convolutional neural network pertama kali dikenalkan oleh Le Cun. Convolutional neural network bekerja dengan cara melewati suatu data melalui suatu filter konvolusi tertentu. Secara umum, *convolutional neural network* memiliki persamaan sebagai berikut:

$$x_j(u, k_j) = \rho \left(\sum_k \left(x_{j-1}(\cdot, k) * W_{j,k_j}(\cdot, k) \right) (u) \right)$$

Persamaan 1 Persamaan umum convolutional neural network

dengan x_j adalah sinyal yang telah diproses, W_j adalah *filter* konvolusi yang digunakan, dan ρ adalah fungsi aktivasi. Fungsi aktivasi yang dapat digunakan antara lain adalah *sigmoid* dan *relu*. Berikut adalah persamaan umum dari *sigmoid* dan *relu*:

$$y(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

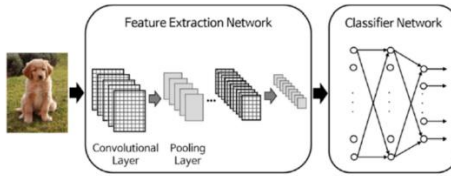
Persamaan 2 Persamaan aktivasi sigmoid

$$y(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ x, & x > 0 \end{cases}$$

Persamaan 3 Persamaan aktivasi relu

filter W pada persamaan 1 dapat dilatih menggunakan *stochastic gradient descent* dengan menggunakan algoritma propagasi balik untuk menghitung gradien (Koushik, 2016).

Pada satu convolutional neural network, terdapat beberapa lapisan penting dengan fungsi yang berbeda. Berikut adalah struktur convolutional neural network secara umum:



Gambar 2 Struktur umum convolutional neural network (Kim, 2017)

pada gambar 1, terdapat dua sub jaringan yaitu *feature extraction network* dan *classifier network*. *Classifier network* memiliki fungsi untuk membagi sinyal masukan menjadi beberapa *group* sesuai dengan banyaknya kategori yang dikehendaki. *Classifier network* yang memiliki jumlah keluaran sebanyak dua kategori data dapat disebut dengan *binary classifier*, sedangkan *classifier network* yang memiliki jumlah keluaran lebih banyak dari dua kategori dapat disebut dengan *multiclass classifier*. Fungsi aktivasi yang biasa digunakan untuk classifier network adalah softmax, berikut adalah persamaan dari fungsi aktivasi softmax:

$$\sigma(\vec{z})_i = \frac{e^{z_i}}{\sum_{j=1}^k e^{z_j}}$$

Persamaan 4 Fungsi aktivasi softmax

fungsi softmax memiliki kemampuan untuk menjaga hasil keluaran tetap berada di rentang 0 sampai 1. Fungsi aktivasi softmax dapat digunakan untuk kasus klasifikasi *binary* ataupun *multiclass* (Kim, 2017).

Pada bagian feature extraction network, terdapat dua lapisan penting yaitu convolutional layer dan pooling layer. Setiap lapisan memiliki fungsi yang berbeda, *convolutional layer* memiliki fungsi untuk mengekstraksi fitur unik yang terdapat pada suatu data. Hasil keluaran dari *convolutional layer* adalah sebuah data yang mengandung fitur unik dari data masukan. *Convolution layer* mengekstraksi data masukan dengan menggunakan operasi konvolusi pada matriks, berikut adalah operasi yang terjadi pada *convolution layer*:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix}$$

Persamaan 5 Operasi konvolusi matriks pada lapisan convolution layer

Matriks a merupakan data masukan yang akan diproses, matriks b merupakan matriks *filter* konvolusi, dan matriks c adalah matriks keluaran dari proses konvolusi. Elemen matriks c dapat dihitung dengan persamaan berikut (Kim, 2017):

$$c_{11} = a_{11}b_{11} + a_{12}b_{12} + a_{21}b_{21} + a_{22}b_{22}$$

$$c_{12} = a_{12}b_{11} + a_{13}b_{12} + a_{22}b_{21} + a_{23}b_{22}$$

$$c_{21} = a_{21}b_{11} + a_{22}b_{12} + a_{31}b_{21} + a_{32}b_{22}$$

$$c_{22} = a_{22}b_{11} + a_{23}b_{12} + a_{32}b_{21} + a_{33}b_{22}$$

Persamaan 6 Persamaan untuk menghitung keluaran dari matriks konvolusi

Selain *convolutional layer*, terdapat lapisan lain yaitu pooling layer. Pooling layer memiliki fungsi untuk mereduksi dimensi dari data masukan. Metode *pooling* yang dapat dilakukan oleh *pooling layer* antara lain adalah dengan menggunakan rata-rata atau average pooling dan menggunakan nilai tertinggi pada area pixel tertentu atau max pooling. Berikut adalah contoh operasi *pooling* pada matriks dengan dimensi 4x4:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 3 \\ 4 & 6 & 4 & 8 \\ 30 & 0 & 1 & 5 \\ 0 & 2 & 2 & 4 \end{bmatrix}$$

Persamaan 7 Contoh matriks 4x4

berikut adalah hasil operasi *pooling* terhadap matriks A:

$$\begin{bmatrix} 6 & 8 \\ 30 & 5 \end{bmatrix}$$

Persamaan 8 Matriks hasil maxpooling

$$\begin{bmatrix} 3 & 4 \\ 8 & 3 \end{bmatrix}$$

Persamaan 9 Matriks hasil average pooling

penggunaan pooling layer pada model dapat membuat proses komputasi menjadi lebih efisien dan dapat mengurangi kemungkinan terjadinya *overfitting* pada model (Kim, 2017).

Overfitting merupakan suatu kondisi saat model memiliki akurasi yang tinggi terhadap data latih yang diberikan, namun model tidak berhasil untuk mengidentifikasi data yang digunakan untuk validasi. Kondisi ini dapat menyebabkan model gagal untuk menggeneralisir data baru untuk dipelajari. Lawan kata dari kondisi *overfitting* adalah *underfitting*. *Underfitting* adalah kondisi saat model tidak memiliki akurasi yang baik saat diberikan data latih tertentu. Kedua kondisi ini tentu harus dihindari pada saat pembuatan model. Solusi yang dapat dilakukan jika model mengalami kondisi *underfitting* adalah memperbaiki set data dan memperbaiki model yang akan digunakan. Sedangkan, jika model mengalami kondisi *overfitting*, solusi yang dapat dilakukan adalah memberhentikan proses pelatihan model dan menambahkan lapisan *dropout* pada model (Education, 2021).

Pada penelitian ini, akan digunakan model *convolutional neural network* googlenet untuk mengklasifikasikan jenis sampah antara organik dan anorganik. Googlenet merupakan *convolutional neural network* yang dikembangkan dari *convolutional neural network inception*. Googlenet terdiri dari 22 lapisan inception, jaringan ini menggunakan fungsi aktivasi relu. Ukuran masukan gambar pada jaringan ini adalah sebesar 224x224 dengan konfigurasi warna *RGB(Red, Green, and Blue)*. Jaringan ini juga dibuat dengan proses komputasi yang efisien, sehingga jaringan ini dapat digunakan pada perangkat yang memiliki spesifikasi terbatas khususnya perangkat dengan memori yang rendah (Szegedy et al., 2015).

2.4 Matlab

Matlab dapat didefinisikan sebagai bahasa pemrograman tingkat tinggi dengan instruksi yang mudah untuk dipahami. Hal ini terjadi karena masalah dan solusi pada matlab dapat diselesaikan matematis yang umum digunakan. Matlab merupakan sinkatan dari *matrix laboratory*. Pada awalnya matlab dibuat untuk menyelesaikan operasi matriks dan vektor menggunakan pustaka LINPACK dan EISPACK. Saat ini, matlab telah dikembangkan untuk menyelesaikan banyak permasalahan dibidang matematik, teknik, dan sains. Penggunaan matlab yang saat ini luas dimungkinkan karena matlab telah dilengkapi oleh *toolbox* dengan fungsi yang beragam (Naba, 2009).

Saat ini, matlab telah dikembangkan untuk pembuatan program kecerdasan. Toolbox matlab yang menyediakan fitur untuk membuat *convolutional neural network* adalah *deep learning toolbox*. *Deep learning toolbox* menyediakan fitur untuk membuat model menggunakan convolutional neural network dan long short term memory (LSTM). Selain itu, pada toolbox ini terdapat jaringan syaraf pralatih yang dapat digunakan untuk melakukan transfer learning. Serta opsi untuk memilih perangkat untuk menjalankan pelatihan seperti *parallel server*, cloud computing, dan gpu. Toolbox ini juga memudahkan proses pembuatan model karena mendukung pembuatan model melalui sebuah subaplikasi yang dapat mengurangi proses pembuatan program berbasis kode (*Deep Learning Toolbox - MATLAB*, n.d.).

Setelah model dilatih menggunakan *toolbox deep learning*, model akan dijalankan di raspberry pi dengan menggunakan perangkat raspberry pi 3b+ menggunakan *toolbox matlab support package for raspberry pi*. Toolbox ini dapat digunakan untuk melakukan komunikasi jarak jauh antara komputer dengan raspberry pi. Selain itu, toolbox ini juga dapat digunakan untuk memprogram bagian-bagian pada raspberry pi seperti kamera, GPIO, I2C, dan SPI pin. Selain itu, toolbox ini juga dapat digunakan untuk membuat program *standalone* yang dapat dieksekusi secara langsung oleh raspberry pi (*MATLAB Support Package for Raspberry Pi Hardware Documentation*, n.d.).

2.5 Sistem Instrumentasi

Instrumentasi dapat didefinisikan sebagai ilmu yang membahas mengenai peralatan yang digunakan untuk pengukuran ataupun pengendalian. Sedangkan instrumen dapat didefinisikan sebagai alat yang digunakan pada suatu sistem pengukuran atau pengendalian yang telah memenuhi standar baku tertentu. Berdasarkan cara penggunaannya dan energi yang digunakan, instrumen dapat dibagi atas tiga yaitu instrument mekanik, instrument pneumatik, dan instrumen elektronik (Jading et al., 2020).

Instrumen elektronik dapat didefinisikan sebagai instrumen yang bekerja dengan menggunakan energi atau daya listrik. Sistem instrumen elektronik yang digunakan untuk pengukuran, umumnya memiliki struktur sebagai berikut:



Gambar 3 Struktur Sistem Instrumen Elektronik Untuk Pengukuran

Elemen sensing merupakan elemen yang berfungsi untuk mengukur variable fisis yang hendak diukur menjadi parameter listrik yang setara. Setelah suatu besaran fisis diukur oleh elemen sensing dan dikonversi menjadi parameter listrik yang setara, hasil pengukuran dari elemen sensing dikondisikan pada bagian *signal conditioning* pada sistem pengukuran. Elemen signal conditioning berfungsi sebagai elemen yang mengkondisikan sinyal agar sinyal dapat diproses pada tahap selanjutnya. Pada elemen ini, sinyal akan dikuatkan, *dishifting*, atau difilter sesuai dengan kebutuhan pada pengukuran. Setelah suatu sinyal hasil pengukuran dikondisikan pada elemen signal conditioning, sinyal hasil pengukuran akan diproses pada bagian signal processing. Pada elemen ini, sinyal akan diolah sesuai dengan kebutuhan pada pengukuran. Pada sistem pengukuran modern, pemrosesan sinyal dari hasil suatu pengukuran dapat dilakukan di piranti elektronik seperti komputer atau chip tertentu yang dapat diprogram (Jading et al., 2020; Santoso, 2017).

Pada penelitian ini, elemen yang berfungsi sebagai sensing elemen adalah kamera. Kamera digunakan untuk menangkap gambar berupa sampah yang diletakan dengan jarak tertentu. Elemen signal conditioning dan signal processing dijadikan satu dalam skrip program. Proses pengondisian sinyal pada penelitian ini adalah pada saat penyesuaian ukuran gambar terhadap model cnn yang digunakan. Pemrosesan sinyal yang berlangsung pada penelitian ini adalah proses klasifikasi pada gambar yang telah ditangkap oleh kamera terhadap dua kategori kelas yaitu anorganik dan organik.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dengan topik “Desain Tempat Sampah Otomatis Pemisah Sampah Organik dan Anorganik Berbasis Convolutional Neural Network DenseNet121 Yang Dioperasikan di Raspberry Pi 3b+” akan dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi dan Pengukuran yang terletak di gedung Biomol lantai tiga Jurusan Fisika FMIPA UB.

3.2 Peralatan dan Komponen

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian kali ini antara lain adalah sebagai berikut :

1. Besi
2. Tempat sampah sebanyak dua buah
3. Seperangkat alat las
4. RPisau dan gunting

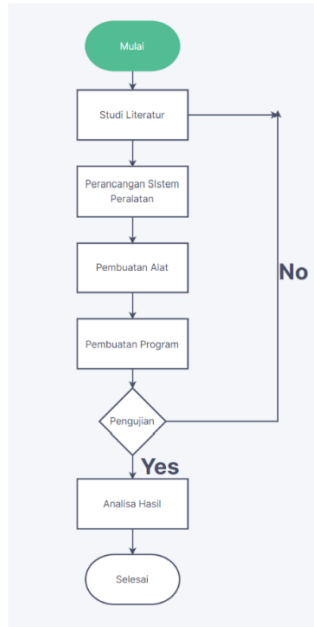
3.2.2 Komponen

Komponen yang digunakan pada penelitian kali ini antara lain adalah sebagai berikut :

1. Raspberry pi 3b+
2. Motor stepper (Nema 23)
3. Driver motor stepper (DRV8825)
4. Kamera raspberry pi 3b+
5. Catu daya raspberry pi 3b+
6. Kabel LAN (*Local Area Network*)

3.3 Tahapan Penelitian

Agar menghasilkan produk yang sesuai dengan tujuan penelitian. Penelitian harus direncanakan secara bertahap. Berikut adalah tahapan penelitian yang dilampirkan dalam bentuk *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 4 Flowchart Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap pengkajian dasar teori yang relevan terhadap penelitian. Dasar teori yang dikaji diharapkan dapat menyelesaikan kendala yang ditemukan pada penelitian nanti. Sumber dasar teori yang dapat digunakan dapat bersumber dari jurnal ilmiah, buku tulis, *datasheet*, maupun forum pemrograman seperti *stack overflow* untuk menyelesaikan masalah teknis terkait pembuatan program.

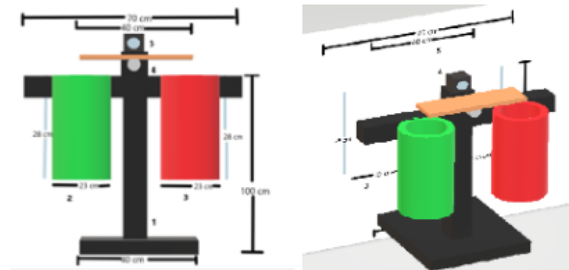
Pada penelitian kali ini, studi literatur yang berkaitan dengan dasar teori akan ditulis pada BAB II, sedangkan sumber literatur yang berasal dari forum pemrograman akan ditulis dalam bentuk *program* yang akan dijalankan di perangkat keras raspberry pi.

3.3.2 Perancangan Sistem Peralatan

3.3.3 Pembuatan Alat

3.3.3.1 Desain Tempat Sampah

Berikut adalah desain tempat sampah yang akan dibuat dalam penelitian kali ini :



Gambar 5 (Kiri) Desain Tempat Sampah Dalam Dua Dimensi,
(Kanan) Desain Tempat Sampah 3 Dimensi

Berikut adalah bagian pada tempat sampah beserta fungsinya :

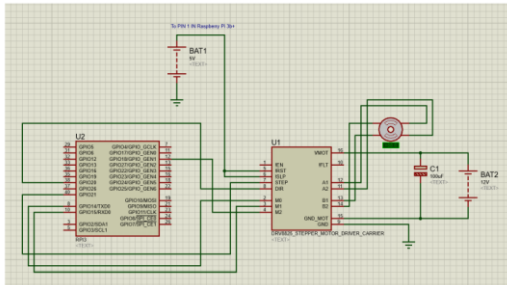
Nomor	Bagian	Fungsi
1	Kerangka tempat sampah	Sebagai tempat untuk meletakkan tempat sampah, <i>motor stepper</i> , kamera, dan raspberry pi.
2	Tempat sampah organik	Untuk meletakkan sampah organik
3	Tempat sampah anorganik	Untuk meletakkan sampah anorganik
4	Motor stepper beserta penampangnya	Untuk memindahkan sampah yang ingin dibuang ke tempat yang sesuai
5	Kamera yang terhubung ke raspberry pi	Untuk mengambil gambar sampah dan mengklasifikasikan sampah organik dan anorganik.

Tabel 2 Bagian-bagian pada tempat sampah beserta fungsinya

Ukuran tempat sampah sebagaimana tertera pada gambar 3, dapat disesuaikan saat pembuatan peralatan. Maka dari itu, terdapat kemungkinan peralatan yang dibuat memiliki ukuran yang tidak sesuai dengan desain yang ada.

3.3.3.2 Desain Rangkaian Raspberry Pi

Berikut adalah rangkaian *raspberry pi*, *driver motor stepper*, dan *motor stepper* yang akan dibuat pada penelitian ini:



Gambar 6 Rangkaian GPIO raspberry pi, driver motor stepper, dan motor stepper

Pada gambar 4, terdapat komponen antara lain adalah *raspberry pi*, *driver motor stepper*, dan *motor stepper*. *Raspberry pi* berfungsi sebagai alat yang berfungsi untuk melakukan klasifikasi antara sampah organik dan anorganik menggunakan model densenet121 yang telah dilatih sebelumnya. *Driver motor stepper* berfungsi untuk mengubah tegangan 5V yang berasal dari *raspberry pi* menjadi tegangan yang 25V yang dapat menggerakkan *motor stepper*. *Motor stepper* berfungsi sebagai alat yang akan memindahkan sampah yang diletakan ke tempat sampah yang sesuai dengan jenis sampah.

3.3.4 Pembuatan Program

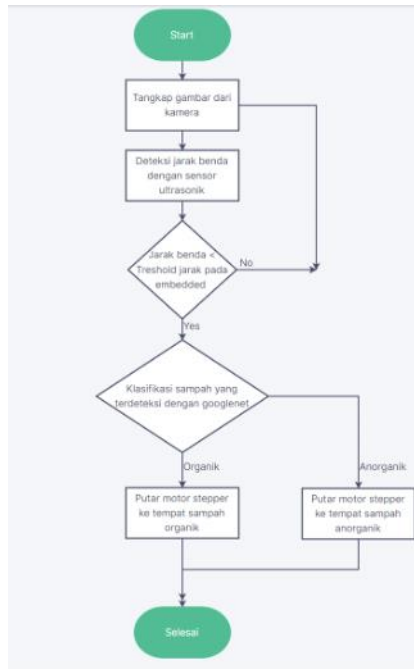
Pada penelitian ini, akan digunakan bahasa pemrograman matlab untuk memproses data, membuat model *convolutional neural network*, melatih model *convolutional neural network*, dan menjalankannya di raspberry pi 3b+. Berikut adalah diagram alir dari program yang akan dibuat pada penelitian ini:



Gambar 7 Flowchart program pelatihan matlab

Tahap pertama yang dapat dilakukan adalah mengimport dataset yang akan digunakan untuk melatih model menggunakan dataset yang sebelumnya telah diunduh. Tahap ini bertujuan untuk menyimpan dataset agar dapat digunakan untuk melatih model. Tahap kedua adalah melakukan preprocessing dengan menggunakan Teknik augmentasi. Tahap ini bertujuan untuk memperbanyak jumlah gambar dengan variasi yang berbeda. Selain itu, memperbanyak jumlah data dapat mencegah terjadinya overfitting, kemudian data dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian untuk dilatih dan bagian untuk divalidasi dengan komposisi 90% banding 10%. Tahap ketiga adalah melatih model pralatih googlenet dengan menggunakan dataset yang ada dengan mengganti jumlah *class* pada lapisan *fully connected layers*. Tahap keempat adalah melatih model dengan menggunakan sgd dengan jumlah epoch sebanyak 5. Tahap ini bertujuan untuk melatih model dengan menggunakan dataset yang ada. Tahap kelima adalah menyimpan model yang telah dilatih dengan menggunakan ekstensi .mat dengan tujuan agar model dapat dijalankan di raspberry pi. Dan tahap terakhir adalah menjalankan model di raspberry pi dengan menggunakan bantuan toolbox matlab support package for raspberry pi.

Untuk menjalankan model yang telah dilatih di raspberry pi. Diperlukan pembuatan program tambahan pada matlab. Program yang digunakan untuk menjalankan model di raspberry pi adalah berupa fungsi tanpa argument masukan dan keluaran. Berikut adalah flowchart dari program yang akan dijalankan di raspberry pi:



Gambar 8 Flowchart program untuk menjalankan model di raspberry pi

Tahap pertama yang dilakukan adalah menangkap gambar sampah dengan menggunakan kamera pada raspberry pi. Tahap ini bertujuan untuk mendeteksi sampah yang akan dibuang oleh raspberry pi. Tahap kedua yang dilakukan adalah memeriksa jarak antara sampah dengan menggunakan sensor ultrasonik HCSR-04. Tahap ini bertujuan untuk mendeteksi apakah sampah sudah diletakan ditempat yang sesuai. Jika jarak sampah dengan sensor ultrasonik sudah sesuai dengan threshold yang dikehendaki, maka akan dilakukan klasifikasi, jika sampah termasuk sampah organik, maka sampah akan dibuang ke tempat sampah organik menggunakan motor stepper dan jika sampah termasuk sampah anorganik, maka sampah akan dibuang ke tempat sampah anorganik.

3.3.5 Pengujian

Setelah dilakukan pembuatan tempat sampah dan program untuk raspberry pi. Tahap selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian alat yang telah dibuat. Alat akan diuji untuk membedakan 10 jenis sampah yang telah diketahui jenis nya sebelumnya. Tahap ini bertujuan untuk menguji model untuk membedakan jenis sampah berdasarkan dataset yang telah dilatih. Jika model melakukan kesalahan pada saat membedakan jenis sampah, maka model akan dievaluasi dan dilatih ulang agar kesalahan dapat diminimalisir.

3.3.6 Analisa Hasil

Setelah dilakukan pengujian, maka data hasil pengujian akan dianalisis dan dicatat. Kemudian dilanjutkan dengan tahap pengolahan data agar hasil penelitian dapat dipahami oleh pembaca.

BAB IV JADWAL PENELITIAN

4.1 Jadwal Penelitian

Penelitian dengan topik Desain Tempat Sampah Otomatis Pemisah Sampah Organik dan Anorganik Berbasis Convolutional Neural Network DenseNet121 Yang Dioperasikan di Raspberry Pi 3b+ akan dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang direncanakan sesuai dengan tabel berikut:

No	Tahap Penelitian	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
1	Studi Literatur						
2	Perancangan Sistem Peralatan						
3	Pembuatan Alat						
4	Pembuatan Program						
5	Pengujian						
6	Analisa Hasil						

Tabel 3 Jadwal Penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Admin DLH. (2019). *Pengertian Dan Pengelolaan Sampah Organik Dan Anorganik*. DLH Buleleng.
<https://dlh.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/pengertian-dan-pengelolaan-sampah-organik-dan-anorganik-13>
- Deep Learning Toolbox - MATLAB*. (n.d.). Retrieved May 28, 2022, from
<https://www.mathworks.com/products/deep-learning.html>
- Education, I. C. (2021, March 3). *What Is Overfitting*.
<https://www.ibm.com/cloud/learn/overfitting#toc-how-to-det-Aqv1nwvv>
- Jading, A., Reniana, & Ollin Paga, B. (2020). *Buku Ajar Pengukuran Dan Instrumentasi*. Deepublish.
- Kim, P. (2017). MATLAB Deep Learning. In *MATLAB Deep Learning*. Apress.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2845-6>
- Koushik, J. (2016). *Understanding Convolutional Neural Networks*.
- Mao, W. L., Chen, W. C., Wang, C. T., & Lin, Y. H. (2021). Recycling waste classification using optimized convolutional neural network. *Resources, Conservation and Recycling*, 164.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105132>

- MATLAB Support Package for Raspberry Pi Hardware Documentation*. (n.d.). Retrieved May 31, 2022, from <https://www.mathworks.com/help/supportpkg/raspberrypiio/>
- Membership, P., & Hows, D. (2012). *Learn Raspberry Pi with Linux*. Apress.
- Naba, A. (2009). *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Penerbit Andi.
- Projects | Computer coding for kids and teens | Raspberry Pi*. (n.d.). Retrieved May 19, 2022, from <https://projects.raspberrypi.org/en/projects/raspberry-pi-getting-started/2>
- Raspberry Pi Documentation - Raspberry Pi OS*. (n.d.). Retrieved July 7, 2022, from <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/os.html#introduction>
- Santoso, D. R. (2017). *Pengukuran Stress Mekanik Berbasis Sensor Piezoelektrik: Prinsip Desain dan Implementasi*. UB Press.
- Shah, S. (2015). *Learning Raspberry Pi*. Packt Publishing.
- Suryana. (2018). *GEOAREA, Vol 1.No. 1_Mei 2018*. 1(1).
file:///C:/Users/Acer/Downloads/admin,(3)+Geoarea+Vol.1+No.1_Rasmilah.Ikeu,+Tenaga+Kerja+.pdf
- Suryani, A. S. (2014). *Peran Bank Sampah Dalam Efektivitas Pengelolaan Sampah (Studi Kasus*

Bank Sampah Malang). *Aspirasi No. 1, 5*, 71–84.

<https://dprexternal3.dpr.go.id/index.php/aspirasi/article/view/447/344>

Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., Erhan, D., Vanhoucke, V., & Rabinovich, A. (2015). Going Deeper With Convolution. *In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1–9.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah, (2008).

Widodo, A. E., & Suleman, S. (2020). Otomatisasi Pemilah Sampah Berbasis Arduino Uno. *Indonesian Journal on Software Engineering (IJSE)*, 6(1), 12–18.

<https://doi.org/10.31294/ijse.v6i1.7781>

Yuliesti, K. D., Suripin, S., & Sudarno, S. (2020). Strategi Pengembangan Pengelolaan Rantai Pasok Dalam Pengelolaan Sampah Plastik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 126–132.

<https://doi.org/10.14710/jil.18.1.126-132>