

# RANCANG BANGUN ALAT MONITORING TANAMAN HIDROPONIK PAKCOY MEMANFAATKAN MIKROKONTROLER DAN TEKNIK COMPUTER VISION

I Gusti Made Andi Dipayana<sup>1</sup>, Duman Care Khrisne<sup>2</sup>, Widyadi Setiawan<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana Email:

[Andidipayana07@gmail.com](mailto:Andidipayana07@gmail.com)<sup>1</sup>, [duman@unud.ac.id](mailto:duman@unud.ac.id)<sup>2</sup>,

[Widyadi@unud.ac.id](mailto:Widyadi@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Teknologi di bidang pertanian kian berkembang salah satunya adalah teknik hidroponik karena menggunakan sistem yang berbasis *Internet of Things (IoT)*. Salah satu tanaman yang digunakan pada teknik hidroponik adalah tanaman sayur pakcoy. Sayur pakcoy merupakan salah satu sayuran memiliki penyebaran terluas di Asia. Selain itu karakteristik sayur pakcoy hampir sama dengan sayuran sawi hijau. Sayur pakcoy juga mudah untuk ditanam karena hanya memerlukan sedikit lahan dan memiliki masa panen dengan jangka waktu yang pendek. Sistem ini dibangun dengan menggunakan mikrokontroler dan teknik komputer visi sebagai pusat kontrol dan menggunakan mini PC *Raspberry Pi 4* tipe B sebagai notifikasi visual dan dilengkapi dengan gearbox motor dc, driver motor L298N dan kamera *webcam*. Sistem ini bekerja secara otomatis untuk mengontrol mana tanaman sehat dan mana tanaman sakit. penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi tanaman sakit dan tanaman sehat pada tanaman pakcoy dengan alat monitoring tanaman hidroponik pakcoy dengan menggunakan mikrokontroler dan teknik komputer visi. Alat ini bekerja dengan pengambilan gambar secara langsung melalui kamera *webcam*, kemudian diproses dengan model yang sudah terlatih. *Output* dari alat ini menampilkan nilai probabilitas tanaman pakcoy tersebut terindikasi tanaman sehat atau tanaman sakit. Dari hasil pengujian data validasi menggunakan 60 data validasi, berdasarkan *Accuracy* alat deteksi tanaman sehat dan sakit mampu mengenali data validasi dengan benar sebanyak 38 data dan 22 data belum tepat dikenali, sehingga diperoleh nilai *Accuracy* sebesar 63% dan menghasilkan nilai *f1-score* 0,87

**Kata kunci** : Hidroponik, Pakcoy, Mikrokontroler, Teknik *Computer Vision*

## ABSTRACT

*Technology in agriculture is growing, one of them is hydroponic techniques because it uses an Internet of Things (IoT) based system. One of the plants used in hydroponic techniques is the pakcoy vegetable plant. Pakcoy is one of the vegetables that has the widest distribution in Asia. In addition, the characteristics of pakcoy vegetables are almost the same as mustard greens. Pakcoy vegetables are also easy to cultivate because they only require a small amount of land and a short harvest period. This system is built using a microcontroller and computer vision techniques as a control center and uses a Raspberry Pi 4 type B mini PC as a visual notification and is equipped with a dc motor gearbox, L298N motor driver and webcam camera. This system works automatically to control which plants are healthy and which plants are sick. This study aims to detect diseased plants and healthy plants on pakcoy plants with a hydroponic pakcoy plant monitoring tool that uses a microcontroller and computer vision techniques. This tool works by taking pictures directly through a webcam camera, then processing them with a trained model. The output of this tool displays the probability value of pakcoy plants showing healthy plants and sick plants. From the results of testing the validation data using 60 validation data, based on the accuracy of the detection tool healthy and sick plants were able to correctly identify 38 validation data and 22 data were not recognized properly, so the accuracy of the value was 63%. and produces an f1-score of 0,87*

**Keywords**: Hydroponics, Pakcoy, Microcontroller, Computer vision technique

## 1. PENDAHULUAN

Beberapa kota besar mengalami kekurangan lahan untuk bercocok tanam akibat menjamurnya pembangunan masyarakat. Hal ini dapat diatasi dengan aktivitas bercocok tanam dengan sistem hidroponik. Sistem hidroponik merupakan teknik budi daya tanaman dengan memanfaatkan air sebagai media bercocok tanam [1]. Sistem hidroponik memiliki beberapa jenis metode yaitu *Wick*, *Flow (flood&drain)*, *drip (recovery and non-recovery)*, dan *NFT (Nutrient Film Technique)*. Dari beberapa jenis metode tersebut, jenis metode yang sederhana adalah metode *wick*.

Budidaya secara hidroponik berkembang dengan baik karena mempunyai banyak kelebihan diantaranya, pada tanah yang sempit dapat ditanami lebih banyak tanaman, terjaminnya keberhasilan tanaman untuk tumbuh dan berproduksi, pemeliharaan tanaman lebih praktis, pemakaian air dan pupuk lebih efisien, tidak membutuhkan tenaga kerja yang banyak dan tidak ada resiko banjir atau kekeringan. Sedangkan kelemahan hidroponik yaitu biaya investasi awal lebih mahal dan sangat dipengaruhi oleh konsentrasi dan komposisi pupuk dan pH [2]. Sampai saat ini komoditas hortikultura yang sering dibudidayakan dengan sistem hidroponik adalah tanaman sayuran yakni salah satunya pakcoy.

Tanaman pakcoy banyak ditanam dengan ketinggian 5-1.200M pada suhu 15-30°C dan membutuhkan kadar PH 6-7. Tanaman pakcoy merupakan tanaman musiman yang hanya dapat dipanen satu kali yaitu pada umur 25-30 hari ditanam dari bibit setelah tanam.[3].

Kemajuan teknologi sangat bermanfaat di berbagai aspek diantaranya sistem hidroponik menggunakan teknologi *Internet Of Things*. Dengan teknologi ini kita bisa melakukan *controlling* dan melakukan *monitoring* dari jarak jauh dengan tujuan untuk membuat pekerja pembudidayaan menjadi lebih efisien. Meskipun sudah banyak peneliti terkait monitoring dan kontrolling hidroponik, namun penelitian tersebut hanya sebatas melakukan monitoring pH dan suhu air. Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan membangun

*prototype* Alat *Monitoring* Jarak Jauh Tanaman Hidroponik Pakcoy Memanfaatkan Mikrokontroler dan Teknik *Computer vision*. manfaat dari pembuatan *prototype* ini adalah untuk membantu pembudidaya hidroponik dalam mengontrol dan memonitoring tanaman pakcoy. *Prototype* ini dilengkapi dengan motor dc yang menggerakkan kamera memantau satu-persatu tanaman pakcoy yang sehat atau sakit untuk siap panen dengan memanfaatkan pendekatan *computer vision* dan *SqueezeNet* yang melakukan pengenalan terhadap citra tanaman pakcoy yang sehat dan sakit yang dibaca oleh kamera dan menggunakan bahasa pemrograman python.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Pakcoy

Tanaman pakcoy berdaun halus, tak berbulu, serta tak berbentuk krop, sedangkan tangkai daun pakcoy kokoh serta lebar, tulang daunnya menyerupai sawi hijau tetapi daunnya lebih tebal. Pakcoy juga mempunyai batang yang amat pendek serta beruas namun tak terlalu tampak dan batangnya digunakan untuk membentuk serta menopang daun [4].

Perawatan tanaman sayur pakcoy bisa menggunakan teknik hidroponik yang hanya memerlukan sedikit ruang dan pengontrolan yang otomatis. Pemanenan sayuran pakcoy juga dilakukan pada saat sore hari, hal ini dilakukan untuk menghindari sayuran pakcoy dari terik matahari siang yang panas. Pemanenan ini sendiri juga harus dilihat dari fisik sayuran pakcoy yang layak untuk dipanen: misalnya dilihat dari warna, bentuk, dan ukuran daun.



Gambar 1 Tanaman Pakcoy [5]

## 2.2 Raspberry PI

*Raspberry pi* yaitu komputer papan tunggal, berukuran seperti kartu kredit. Menggunakan sistem pengoperasian rasbian, prosesor 700 MHz ARM 11. Beberapa manfaat penggunaan *Raspberry pi* yaitu antara lain komputer yang umum dipergunakan dalam melaksanakan aktivitas kesehariann yang ringan, misalnya *word processing*, menonton HD *movie*, dan mendengar musik. Selain itu mampu dihubungkan dengan beragam sensor misalnya sensor suhu, cahaya, gerakan, dan lain-lain .

## 2.3 Motor Dc Gearbox

Motor DC adalah aktuator yang umum dipergunakan di aplikasi robotik. Pada implementasinya, diperlukan gearbox dengan *gear ratio* tertentu, supaya robot bergerak bertenaga serta nyaman. Tegangan yang dipakai yakni 3-6 Volt DC, kecepatan putar sumbu yaitu 12300 rpm di tegangan 3 Volt.

## 2.4 Driver motor L298N

yaitu module driver motor DC yang umum dipergunakan pada elektronika yang berfungsi menjaga kontrol kecepatan serta arah putaran motor DC. Adapun IC L298 adalah IC berjenis *H-bridge* yang mengontrol beban induksi misalnya solenoid, relay, motor stepper serta motor DC. IC L298 mencakup transistor-transistor logik dengan gerbang nand yang dengan fungsi untuk mempermudah penentuan arah putaran motor dc maupun motor stepper.

## 2.5 Kamera atau Webcam

Webcam atau web camera ialah kamera digital yang diintegrasikan ke laptop ataupun komputer *webcam* mampu mengirimkan gambar secara *live* dengan bantuan internet. *Webcam* ini berfungsi untuk memudahkan kita dalam melakukan komunikasi video, komunikasi menggunakan *webcam* ini mampu mengintegrasikan dua orang atau lebih yang sedang dalam jarak jauh secara *live*

## 2.6 Computer Vision

*Computer Vision* atau visi computer mempunyai tujuan membangun tatanan otonom yang mampu melaksanakan beberpa pekerjaan yang mampu dilakukan oleh sistem penglihatan manusia (serta mengunggulinya dalam banyak kasus) [6].

## 2.7 Machine Learning (ML)

*Machine learning* cabang Artificial Intelligence, berfokus ke peningkatan sistem yang dapat belajar sendiri tanpa deprogram manusia. Menurut [7], karakteristik machine learning yaitu pada tahapan pembelajaran serta pelatihan. Maka dari itu, ML memerlukan data yang mampu dipahami yaitu data training.

## 2.8 Deep Learning

Deep Learning memungkinkan sebuah model komputasi yang meliputi sejumlah lapisan pemrosesan guna memahami representasi data pada beragam jenis abstraksi. Teknik ini memperbaiki state of art atas pengenalan obyek penglihatan, suara, pendeteksian obyek, serta banyak domain lain, contohnya penemuan genomic ataupun obat.

## 2.9 Convolutional Neural Network

Convolutional Neural Network yaitu teknik machine learning atas perkembangan Multi Layer Perceptron yang dibuat untuk pengolahan data dua dimensi. CNN masuk ke dalam tipe Deep Neural Network sebab kedalaman jaringan serta sering diterapkan pada data citra

## 2.10 SqueezeNet

SqueezeNet ialah arsitektur jaringan saraf tiruan yang mempergunakan CNN. SqueezeNet dapat menyentuh keakuratan AlexNet (pemenang ImageNet classification task 2012) dengan tolak ukur 50 kali lebih sedikit serta waktu pembelajaran dua kali lebih cepat [8].

## 2.11 Rectified Adam (RAdam)

RAdam atau Adam yang Diperbaiki Ini adalah variasi baru dari pengoptimal Adam klasik yang menyediakan penyesuaian otomatis dan dinamis untuk tingkat pembelajaran adaptif berdasarkan studi terperinci mereka tentang efek varian dan momentum selama pelatihan [9]

## 2.12 Underfitting

*Underfitting* muncul saat model tak mampu membaca logika di belakang data, sehingga tak mampu memprediksi secara tepat, entah untuk dataset training ataupun yang sama. Pada kondisi *underfitting* model akan mempunyai *high loss* serta keakuratan yang rendah.

### 2.13 Overfitting

*Overfitting* timbul sebab model yang dirancang terlalu fokus terhadap *training* sebuah dataset, alhasil tak mampu memprediksi secara tepat apabila diberi dataset serupa. *Overfitting* umumnya mampu menangkap kebisingan data yang semestinya diacuhkan, *overfitting* model akan mempunyai *low loss* serta keakuratan rendah.

### 2.14 Python

*Python* adalah bahasa pemrograman yang multiguna karena dapat membuat berbagai macam program seperti, CLI, GUI, mobile, web, IoT, game, dan program untuk hacking [10]. Menurut Python juga merupakan pemrograman *scripting* tingkat tinggi, *interpreted*, *interactive* dan *object-oriented*.

### 2.15 Keras

*Keras* adalah interface library yang dirancang dalam rangka menyederhanakan penerapan algoritma Deep Learning di atas *Tensorflow* [11]. *Keras* juga termasuk satu dari sekian paket yang dipergunakan dalam menuntaskan masalah terkait jaringan saraf.

### 2.16 Tensorflow

*Tensorflow* ialah kerangka *computational* guna merancang model *machine learning* seperti *neural networks*. Adapun *Tensorflow* dipopulerkan oleh Google *Brain* demi pemakaian Google internal serta dikeluarkan di bawah lisensi *open source* Apache 2.0 .

### 2.17 Web Service

*Web services* merupakan suatu sistem software yang dirancang sebagai pendukung korelasi mesin ke mesin disebuah jaringan [12]. *Web service* memiliki *interface* yang terurai pada sebuah format *machine-processible* contohnya *Web Service Description Language*.

### 2.18 Confusion Matrix

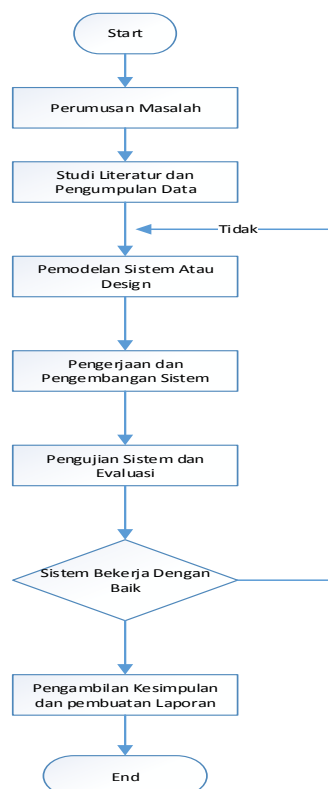
*Confusion Matrix* ialah tabel yang menguraikan total data pengujian yang diklasifikasikan dengan tepat total data pengujian yang dikelompokkan secara salah. Pada informasi mining *Confusion Matrix* ialah cara guna melakukan pengukuran performa model yang dihasilkan. *Confusion*

*matrix* berisikan data nyata serta prediksi dalam sistem pengelompokan.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian alat pengenalan gambar tanaman sehat dan sakit pada tanaman pakcoy memanfaatkan mikrokontroler dan teknik *computer vision* dilakukan dengan langkah-langkah seperti Gambar 2.



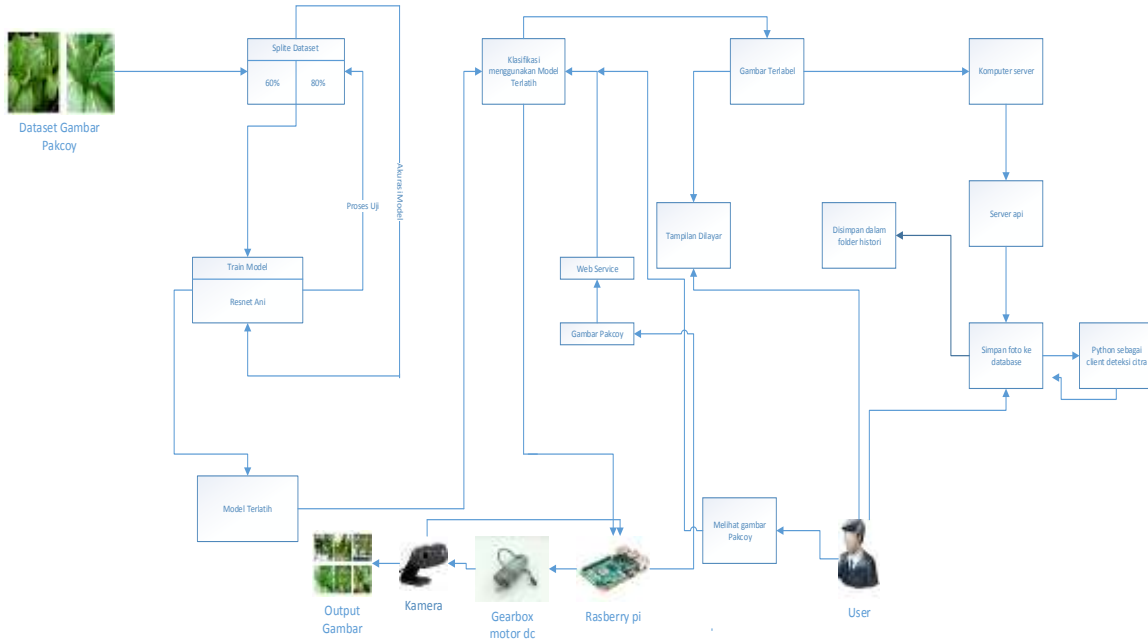
Gambar 2 Flowchart Tahapan Penelitian

### 3.2 Gambaran Umum Sistem

*Datasheet* berupa gambar dengan dua kelas yaitu, kelas gambar tanaman yang sehat dan kelas tanaman yang sakit. *Datasheet* dibagi kembali menjadi dua, sebagian untuk melatih model, dan sebagian untuk melakukan validasi model. Selanjutnya model akan di *train* melalui *datasheet train*, sehingga model akan dilatih melalui *squeezenet*, kemudian *raspberry pi* akan memberikan perintah untuk menggerakkan motor dc, disini ada *driver motor* akan mengatur kecepatan dari gearbox motor dc dan kamera akan memantau satu persatu tanaman pakcoy, kamera akan bergerak 3 detik dan jarak 6 cm, kamera akan simpan gambar pada *raspberry pi* selanjutnya *web service* akan

mengklasifikasi gambar, kemudian gambar akan keluar terlabel dan gambar akan tampil di layar komputer kemudian gambar akan tersimpan dalam folder *history*, dari user akan merintahkan aplikasi *web service*

yang ada di komputer untuk memintak gambar mana tanaman sehat dan sakit untuk ditampilkan pada layar komputer proses ini akan berulang-ulang



Gambar 3 Gambaran Umum Sistem

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Struktur Data Aplikasi

Data penelitian dibagi menjadi data *training* dan data validasi. Data *training* merupakan data yang digunakan untuk melatih model dalam mengenal mana tanaman sehat dan tanaman sakit pada tanaman pakcoy. Data validasi merupakan data yang digunakan untuk menguji aplikasi dalam memprediksi data baru yang sebelumnya belum pernah dilihat atau data tersebut tidak digunakan saat proses *training*. Data yang digunakan yaitu data gambar dengan format .jpg.

Data gambar tanaman sehat dan sakit pada tanaman pakcoy yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 2 kelompok yaitu gambar pada tanaman sehat dan gambar tanaman sakit, dengan total data sebanyak 400 data. Pada proses *training* dan *testing*, data gambar tanaman pakcoy yang digunakan sebanyak 400 data. Untuk proses

validasi telah disiapkan 60 data gambar tanaman pakcoy yang digunakan, proses

*training* dan *testing* dilakukan melalui desktop, sedangkan proses validasi dilakukan melalui komputer.

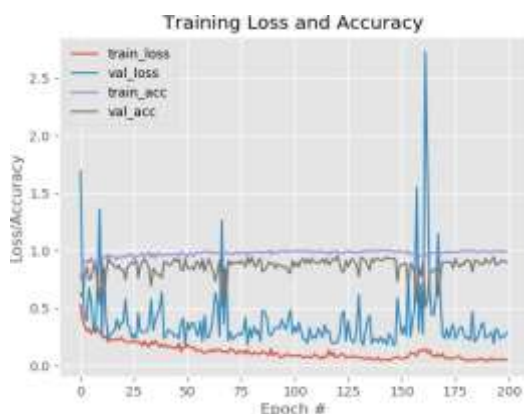
Tabel 1. Data gambar tanaman pakcoy

No.	Nama	Jumlah Data	
		<i>Training</i>	Validasi
1	Tanaman Sehat	200	30
2	Tanaman Sakit	200	30

##### 4.2 Training dan Testing Model

Model yang digunakan pada tahapan *training* dan *testing* menggunakan model dengan arsitektur *squeezenet*. Proses *training* adalah proses dimana model dilatih untuk mengenali mana tanaman sehat dan sakit pada tanaman pakcoy. Proses *training* model ini dibagi menjadi dua proses, yaitu proses *training* dan *testing*. Analisis yang dilakukan pada proses ini adalah nilai akurasi dan *loss* model. Dalam proses *training*, terdapat dua parameter utama yang digunakan pada penelitian ini, yaitu *epoch* dan *learning rate*. *Learning rate* yang digunakan pada penelitian ini mengacu

pada penelitian yang dilakukan [13]. Dimana saat proses *training* dengan model arsitektur *squeezenet*, *learning rate* yang paling baik digunakan adalah  $1e-3$ . Epoch adalah proses ketika seluruh dataset sudah melewati proses *training* pada *neural network* sampai dikembalikan ke awal untuk sekali putaran. Nilai epoch yang sesuai untuk proses *training* tidak dapat ditentukan, sehingga penelitian ini menggunakan nilai epoch 200 untuk melihat performa model dalam menyelesaikan training dalam 200 epoch. Proses training dengan nilai epoch 200 artinya model akan melakukan proses *training datasheet* dari epoch 1 s/d epoch 200, dalam 1 epoch terdiri dari proses *training* dan proses *testing*, tujuannya untuk mendapatkan nilai akurasi model saat proses training. Dalam peneliti ini saat mencari model fit dilakukan dengan 1 optimasi pelatihan yang pertama menggunakan *RAdam*. Fit model ditentukan berdasarkan nilai akurasi dan *loss* yang terjadi saat proses *training* dan *testing*.



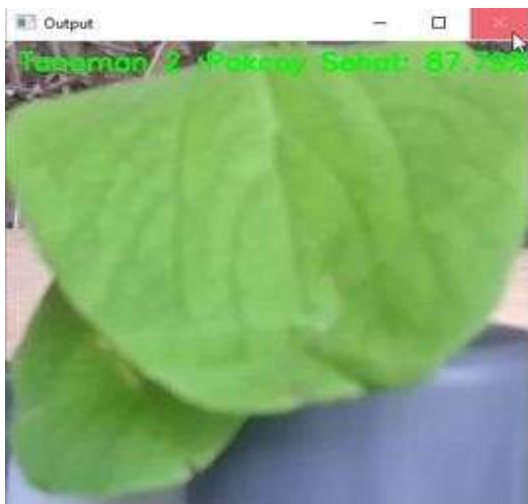
**Gambar 4** Grafik Performa Training dan Testing Sayuran Pakcoy

Berdasarkan grafik pada gambar 4 nilai akurasi saat training (*train\_acc*) mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya nilai epoch. Nilai *train\_acc* mengalami peningkatan tetap tidak terlalu signifikan sampai pada epoch ke-150. Kemudian mengalami penurunan pada epoch ke-60 dan mengalami peningkatan tetapi tidak terlalu signifikan hingga epoch ke-200. Pada beberapa epoch juga terjadi kondisi *overfitting*. Kondisi *overfitting* ditunjukkan pada hasil *train\_acc* yang didapatkan lebih baik dari nilai *val\_acc*, artinya performa model lebih baik dalam memproses data *training* dan gagal melakukan prediksi terhadap data *testing*. Kondisi *overfitting* dapat terjadi karena beberapa faktor, yaitu

jumlah *hidden layer* yang digunakan tidak optimal, jumlah *datasheet* yang sedikit, dan juga dapat disebabkan karena adanya *noise* saat proses *training*. Kondisi 48 *overfitting* dapat diatasi dengan menerapkan layer *dropout* pada arsitektur model dan melakukan data *augmentation* untuk menambah variasi *datasheet*. Berdasarkan pengamatan proses *training* model dengan optimasi *RAdam* dari epoch 1 sampai epoch 200, model dengan menggunakan optimasi *RAdam* merupakan model dengan performa terbaik dikarenakan nilai akurasi saat testing (*val\_acc*) sudah terlihat lebih baik. Berdasarkan nilai yang digambarkan pada grafik tiap-tiap optimasi yang digunakan maka Fit model yang digunakan yaitu dengan optimasi *RAdam*. Sehingga model dengan optimasi *RAdam* selanjutnya akan digunakan untuk membangun alat deteksi mana tanaman sehat dan sakit pada tanaman hidropinik pakcoy memanfaatkan mikrokontroler dan teknik komputer visi.

#### 4.3 Performa Aplikasi

Aplikasi dibangun menggunakan bahasa pemrograman python dan library *Tensorflow* model *squeezenet*. Hasil dari pelatihan data gambar berupa floating point model dengan format (.model). *Floating point* model memiliki akurasi yang bagus namun ukuran model yang dihasilkan lumayan besar. *Tensorflow* menyediakan optimasi model menggunakan *quantized* model untuk mengoptimalkan performa dan mengurangi ukuran binary model namun sedikit mengurangi akurasi dengan presisi yang kecil. Penelitian ini menggunakan *floating point* model karena model *SqueezeNet* sudah menghasilkan ukuran model yang kecil setelah melalui proses *training* yaitu 2.190 KB. Kemudian model (.model) dan label (.txt) diinputkan ke dalam *assets* pada *software* komputer visi. Hasil alat pengenalan gambar tanaman sehat dan tanaman sakit pada tanaman pakcoy berbasis teknik komputer visi dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



**Gambar 5** Aplikasi menampilkan hasil klasifikasi

Gambar 5 merupakan tampilan aplikasi saat menampilkan hasil klasifikasi yang didapat ketika alat ini bergerak untuk memonitoring tanaman pakcoy nomor 2. Dari klasifikasi diperoleh bahwa kondisi daun pada tanaman pakcoy tersebut dalam keadaan sehat tidak berlubang dan tidak memiliki bercak coklat, sehingga dari hasil *monitoring* yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa tanaman pakcoy tersebut dalam keadaan sehat.



**Gambar 6** Aplikasi menampilkan hasil klasifikasi

Gambar 6 merupakan tampilan aplikasi saat menampilkan hasil klasifikasi yang didapat ketika alat ini bergerak untuk memonitoring tanaman pakcoy nomor 3. Dari klasifikasi diperoleh bahwa kondisi daun pada tanaman pakcoy tersebut berlubang dan memiliki bercak coklat, sehingga dari hasil

*monitoring* yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa tanaman pakcoy tersebut dalam keadaan sakit

#### 4. Validasi

Proses validasi bertujuan untuk menguji aplikasi dalam memprediksi data baru yang sebelumnya belum pernah dilihat atau data diluar dari data *training*. Proses validasi menggunakan 60 sampel data validasi dari 2 kelas. Keberhasilan *validasi* dihitung menggunakan nilai *Accuracy*. Hasil pengujian aplikasi dengan 60 data validasi berdasarkan *Accuracy* diperoleh jumlah data yang diklasifikasi dengan benar yaitu 38 data dan yang belum diklasifikasi dengan tepat yaitu 22 data. Berdasarkan *Accuracy* didapatkan nilai akurasi aplikasi dalam mengenali data validasi mana tanaman sehat dan sakit pada tanaman pakcoy sebagai berikut.  $38 \times 100\% = 63\%$ , data yang digunakan yaitu data primer yaitu data diperoleh secara langsung melalui wawancara terhadap para petani hidroponik, pengambil gambar tanaman pakcoy hidroponik dilakukan dengan satu sisi saja, jadi *accuracy* 63%. Berdasarkan perhitungan diatas alat telah berhasil mengenali data validasi dengan memperoleh *Accuracy* sebesar 63%.

#### 5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian data validasi menggunakan 60 data gambar tanaman pakcoy dengan model *SqueezeNet*, akurasi alat untuk menentukan tanaman sehat dan sakit menggunakan raspberry 4B 8GB dan teknik *computer vision* mampu mengenal gambar dengan benar 38 data dan 22 data belum tepat dikenali, sehingga diperoleh nilai *Accuracy* sebesar 63%
2. Hal ini menunjukkan bahwa menggunakan model yang terlatih yaitu *SqueezeNet* dalam pengujian data validasi menggunakan *confusion matrix*. Maka berdasarkan perhitungan *micro f1 score* model yang didapat dari pengujian model *SqueezeNet* adalah 0.63, dan *macro f1-score* didapat dari pengujian model *SqueezeNet* adalah 0,87, yang menunjukkan bahwa kualitas model mendekati nilai tertinggi yang mungkin dicapai 1.

## 6. Saran

Adapun beberapa saran dalam pengembangan alat ini selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menambahkan lebih banyak dataset yang digunakan sebagai data training dan data testing karena hal tersebut mampu meningkatkan nilai akurasi dan performa model dalam mengklasifikasikan gambar.
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan membuat slider kamera berbentuk beda supaya bisa mengenali keseluruhan pada daun tanaman pakcoy.

## 7. Daftar Pustaka

- [1] Agustina, Yoga, P. D., Aminudin, A., & Ardi, N. D. (2019). Rancang bangun alat monitoring kekeruhan dan temperatur pada pembibitan selada air berbasis android solusi budidaya tanaman hidroponik wick. Seminar Nasional Fisika 5.0, 0(5) 298–305. <http://proceedings2.upi.edu/index.php/sinafi/article/view/753>
- [2] Deviana, H. (2011). Penerapan XML Web Service Pada Sistem Distribusi Barang. *Jurnal Generic*, 6(2), 61–70.
- [3] Haryanto, B., Ismail, N., & Pristianto, E. J. (2018). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Secara Nirkabel pada Budidaya Tanaman Hidroponik. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 3(1), 47. <https://doi.org/10.31544/jtera.v3.i1.2018.47-54>
- [4] Hidayat, R., & Ashari, A. (2013). Penerapan Teknologi Web Service Untuk Integrasi Layanan Puskesmas dan Rumah Sakit. *Bimipa*, 23(1), 64–77.
- [5] Huang, T. S. (1996). Computer Vision : Evolution and Promise. 19th CERN School of Computing, 21–25.
- [6] Iandola, F. N., Han, S., Moskewicz, M. W., Ashraf, K., Dally, W. J., & Keutzer, K. (2016). SqueezeNet: AlexNet-level accuracy with 50x fewer parameters and <0.5MB model size. 1–13. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24553-9>
- [7] Kingma, D. P., & Ba, J. L. (2015). Adam: A method for stochastic optimization. 3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 - Conference Track Proceedings, 1–4.
- [8] Lecun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- [9] Pancawati, D., & Yulianto, A. (2016). Implementasi Fuzzy Logic Controller untuk Mengatur Ph Nutrisi pada Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT). *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 5(2), 278. <https://doi.org/10.25077/jnte.v5n2.284.2016>
- [10] Komunikasi, 14(2), 1–7. <https://doi.org/10.33005/scan.v14i2.1480>
- [11] Ria, M., & Asmuliani. (2017). Uji Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*) dengan Pemberian Pupuk Organik Cair pada Sistem Hidroponik. *Jurnal AGRIFOR*, 16(1), 65–74.
- [12] Stehman, S. V. (1997). Selecting and Interpreting Measures of Thematic Classification Accuracy. *Remote Sensing Environment*, 62(1), 77–89.
- [13] Yosefine, T., Putra, A. A., & Rasmana, S. T. (2017). Sistem Kontrol Tanaman Hidroponik Berbasis WEB Menggunakan Raspberry PI Sebagai Server. *Journal of Control and Network Systems*, 6(2), 21–30.