

## IMPLEMENTASI ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) BACKPROPAGATION UNTUK KLASIFIKASI JENIS PENYAKIT PADA DAUN TANAMAN TOMAT

Anglita Wigina Putri

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : anglita.17030214044@mhs.unesa.ac.id

### Abstrak

Tomat merupakan tanaman hortikultura yang sangat mudah ditemukan di Indonesia. Buah tomat banyak digemari masyarakat untuk dikonsumsi karena mempunyai kandungan gizi yang baik untuk kesehatan, selain itu, tomat juga banyak dibudidayakan karena harga tomat yang cukup stabil. Akan tetapi, terdapat kendala dalam membudidayakan tanaman tomat bagi para petani karena tomat rentan diserang penyakit, akibatnya para petani kesulitan dalam membedakan jenis-jenis penyakit yang terlihat mirip. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membantu petani dalam mengidentifikasi jenis-jenis penyakit pada daun tomat. Dalam penelitian ini menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN) dengan algoritma *backpropagation* untuk mengklasifikasi penyakit pada daun tomat. Data-data yang digunakan untuk pengujian adalah penyakit *bacterial spot* sebanyak 50 data, penyakit *yellow leaf curl virus* sebanyak 50 data citra dan daun sehat sebanyak 50 data citra. Hasil terbaik klasifikasi jenis penyakit pada daun tomat menggunakan *backpropagation* dengan *Cross-validation* menggunakan *folds* 4 menghasilkan akurasi sebesar 78% memerlukan waktu selama 319,77 detik untuk memproses data berlaku aturan-aturan *batchsize* sebesar 100, *hiddenlayers* yang didefinisikan sebagai *a*, bobot sebesar 0,3 pada *learningrate*, *validationThreshold* sebesar 20 untuk mengakhiri validasi pengujian dan nilai *epoch* untuk melatih data sebesar 500. Kemudian performa hasil klasifikasi yang telah dilakukan diukur menggunakan *Confusion Matrix* yang menghasilkan presisi sebesar 0,78 dan memperoleh data klasifikasi yang bernilai benar (*True Positive*) sebanyak 117 data.

**Kata Kunci:** Tomat, Klasifikasi citra daun, *Artificial Neural Network* (ANN), *Backpropagation*.

### Abstract

Tomato is a horticultural plant that can be easily found in Indonesia. Tomatoes are popular for public consumption because their nutritional values have excellent content for health, besides tomatoes are widely cultivated because the price is quite stable. However, there are obstacles in tomato plants cultivation for farmers because tomatoes are vulnerability to diseases, so that farmers have difficulty distinguishing types of diseases that look similar. Therefore, this research was conducted to help farmers in identifying various diseases in tomato leaves. This research uses *Artificial Neural Network* (ANN) method with *backpropagation* algorithm to classify the types of diseases in tomato leaves. The data used for testing were 50 image data of bacterial spot disease, 50 image data of yellow leaf curl disease, and 50 image data of healthy leaves. Tomato leaves types of diseases classification with the best result that utilized *backpropagation* with *Cross-validation* 4 folds by following the rules with batch size of 100, hidden layers defined as *a*, the learning rate for weight updates is 0.3, with validation threshold is used to terminate validation testing is 20, and 500 as the number of epoch to train through, have been resulted in an accuracy of 78% which required time 319.77 seconds to process data. Which was then assisted by *Confusion Matrix* as a tool to measure the performance of the classification results that have been carried out and precision results of 0.78 so as to obtain 117 data of true positive.

**Keywords:** Tomato, Leaf imagery classification, *Artificial Neural Network* (ANN), *Backpropagation*.

### PENDAHULUAN

Tomat adalah salah satu jenis tanaman hortikultura dan termasuk jenis buah yang bermanfaat bagi kesehatan manusia, karena buah tomat mengandung vitamin A, vitamin C, dan senyawa anti penyakit. (Sari, Kun, & Sunarmani, 2007) Selain itu tomat juga memiliki nutrisi yang cukup lengkap seperti kalori dalam jumlah rendah, bebas kolesterol, dan lemak baik yang merupakan sumber serat juga protein yang baik. Terdapat pula

kandungan beta-karoten, kalium dan antioksidan likopen. Mengonsumsi sebuah tomat dengan ukuran sedang telah memenuhi hampir setengah batas jumlah kebutuhan harian vitamin C untuk orang dewasa (*required daily allowance/RDA*). (Franceschi, et al., 1994)

Di Indonesia tanaman tomat banyak dibudidayakan karena nilai harga jual tomat yang cukup stabil, banyak dikonsumsi masyarakat dan tidak terlepas juga dari iklim yang mendukung. Berdampingan dengan bertambahnya jumlah

penduduk dan tingkat kesadaran masyarakat yang semakin tinggi tentang pentingnya kesehatan, berdasarkan data dari Kementerian Pertanian Republik Indonesia jumlah konsumsi tomat pada tahun 2017-2021 selalu meningkat 5,32% per tahunnya. (Setjen Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2017) Walaupun dalam pembudidayaan tanaman tomat tergolong mudah, tomat juga rentan terserang penyakit yang dipengaruhi oleh bakteri, jamur, virus dan serangga atau hama. Tomat yang terserang penyakit mengalami perubahan warna dan bentuk pada seluruh bagian tanaman tomat, seperti daun, batang, akar, hingga ke buahnya, akan tetapi yang sering menjadi acuan dalam melihat gejala penyakit pada tanaman tomat adalah melalui daun. Terdapat beberapa jenis penyakit pada tanaman tomat yaitu penyakit *bacterial wilt*, *buckeye rot*, *powdery mildew*, *gray leaf spot*, *southern blight*, *yellow leaf curl virus*, *potato virus y*, *tomato mozaik virus*, bercak daun (*Septoria leaf spot*), *bacterial spot*, *target spot*, bercak kering *alternaria (early blight)*, busuk daun (*late blight*), daun berjamur (*leaf mold*), bercak daun akibat gigitan serangga (*two-spot spider mite*), *gray mold*, *target spot*, dan sebagainya. (Melanson, 2020) Rata-rata tanaman tomat di Indonesia terserang penyakit busuk daun dan bercak daun, namun dalam membedakan kedua penyakit tersebut sangat sulit jika dilakukan secara kasat mata. Akibatnya, petani sering keliru dalam menggunakan obat pada saat mengendalikan penyakit sehingga mengakibatkan kerusakan tanaman tomat dan petani mengalami kerugian karena gagal panen. (Wiguna, Sutarya, & Muliani, 2015)

Seiring dengan berkembangnya zaman, saat ini teknologi semakin berkembang pesat demikian pula permasalahan yang dihadapi juga kompleks, dengan adanya teknologi yang canggih tersebut diharapkan dapat membantu manusia untuk menyelesaikan permasalahan yang ada dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari hal-hal yang sederhana hingga ke berbagai bidang ilmu yang memerlukan teknologi untuk mempermudah kinerja dalam suatu pabrik. Sehingga terdapat begitu banyak pula pilihan teknologi yang canggih untuk menemukan solusi dalam setiap permasalahan yang muncul, salah satunya adalah menggunakan bantuan komputer melalui kecerdasan buatan. Kecerdasan buatan atau AI (*Artificial Intelligence*)

memiliki peran penting dalam sistem komputer karena dapat mempermudah kegiatan sederhana manusia seperti mesin pencarian pada Google yang dapat memberikan berbagai informasi yang ingin diketahui, dan berbagai bidang lainnya.

Salah satu cabang ilmu AI yang dapat digunakan untuk melakukan permasalahan klasifikasi maupun prediksi, adalah *Artificial Neural Network (ANN)*. Dalam ANN terdapat bermacam-macam metode salah satunya adalah algoritma *backpropagation*, dengan adanya solusi permasalahan tersebut diharapkan dapat membantu kinerja petani dalam mendeteksi penyakit pada tanaman daun tomat dikarenakan bentuk dan warna daun yang terjangkit virus ataupun bakteri hampir memiliki ciri khas yang sama jika dilihat secara kasat mata, sehingga mengidentifikasi penyakit pada tanaman daun tomat menggunakan metode ANN melalui algoritma *backpropagation* dapat memberikan keakuratan dalam pengenalan penyakit sehingga kedepannya dapat membantu para petani tomat mencegah kerusakan yang lebih lanjut.

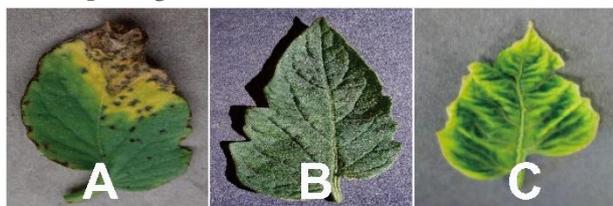
## METODE

### MACAM PENYAKIT DAUN PADA TOMAT

Tomat memiliki banyak ragam bentuk dan tipe buah, tomat cherry (*Lycopersicon esculentum var cerasiformae*) merupakan tomat jenis pertama yang berada di Meksiko. Sebelum masuk ke Indonesia, tomat tersebar di negara-negara Eropa, setelah itu menyebar ke Cina dan seluruh Asia. Di Indonesia pada tahun 1988 tanaman tomat mulai dibudidayakan secara komersial setelah adanya pengenalan varietas hibrida dari Taiwan yakni *Precious 375*. (Rahmansyah & Nurul, 2012)

Tanaman tomat memang mudah untuk dibudidayakan akan tetapi juga sangat rentan terkena penyakit. Adapun beberapa jenis penyakit yang tampak pada daun tanaman tomat yakni penyakit *yellow leaf curl virus*, *potato virus y*, *tomato mozaik virus*, bercak daun (*Septoria leaf spot*), *bacterial spot*, *target spot*, bercak kering *alternaria (early blight)*, busuk daun (*late blight*), daun berjamur (*leaf mold*), dan berasal dari gigitan serangga (*two-spot spider mite*). (Melanson, 2020) Pada penelitian ini menggunakan sampel data jenis penyakit *yellow leaf curl virus*, *bacterial spot* dan daun sehat untuk di

identifikasi, berikut contoh sampel data yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. (A) Bacterial spot, (B) Daun Sehat, (C) Yellow leaf curl virus

Penyakit *bacterial spot* adalah penyakit bercak daun yang diakibatkan oleh bakteri *Xanthomonas* spp. dan sangat merugikan karena penyakit tersebut menyerang tanaman tomat mulai dari fase bibit hingga dewasa, bahkan penyakit *bacterial spot* tidak hanya menyerang daun akan tetapi juga menginfeksi akar, buah dan batang. (Panjaitan, Suada, & Sritamin, 2014) Adapun ciri-ciri penyakit ini pada gejala awal yakni timbulnya luka kecil yang berwarna kuning kehijauan pada daun muda, lalu daun mengalami cacat bahkan menggulung serta luka gelap dan berair dengan bentuk lingkaran berwarna kuning seperti cahaya, biasanya muncul pada daun yang lebih tua dan juga pada buah. (Melanson, 2020)

Penyakit *yellow leaf curl virus* (TYLCV) atau penyakit virus kuning adalah jenis penyakit pada tomat yang disebabkan oleh *Geminivirus*. Penyakit ini tidak hanya ditularkan melalui biji akan tetapi juga dapat menular dari hasil stek dan serangga vektor kutu kebul. Ciri-ciri penyakit ini adalah helai daun mengalami gejala yang disebut “*vein clearing*” yang bermula dari pucuk daun dan berkembang lalu berubah warna menjadi kuning, tulang daun menjadi tebal dan bagian ujung daun menggulung, jika infeksi ini berlanjut dapat mengakibatkan daun mengecil dan berwarna kuning terang sehingga mengakibatkan tanaman kerdil hingga tidak berbuah. (Kementerian Pertanian, 2020)

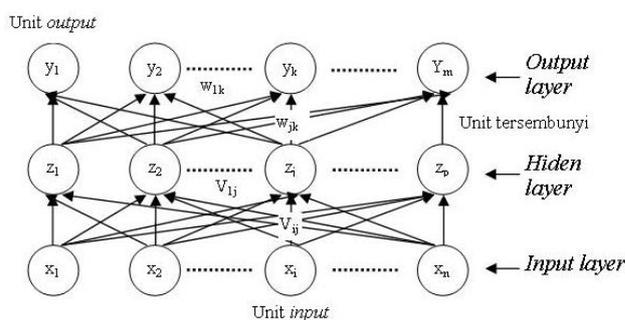
**ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)**

Tahapan klasifikasi data dalam penelitian ini menggunakan metode ANN dimana metode tersebut adalah salah satu cabang dari AI (*Artificial Intelligence*) yang dikenalkan pertama kali pada tahun 1943 oleh neurofisiologi Warren McCulloch dan ahli logika Walter Pits. (Kleene, 1956)

Terinspirasi dari otak manusia, ANN juga terdiri dari beberapa neuron dan terdapat hubungan antara

neuron-neuron tersebut. Ada banyak istilah dalam ANN yakni bobot (*weight*), lapisan (*layer*), lapisan neuron (*neuron layer*), masukan (*input*), keluaran (*output*), dan lapisan tersembunyi (*hidden layers*).

Bobot (*weight*) merupakan nilai dari hubungan antara neuron dengan neuron yang lainnya bertujuan untuk mentransformasikan data yang diterima dari suatu lapisan ke lapisan lainnya. Lapisan neuron (*neuron layers*) merupakan kumpulan dari banyak neuron yang akan digabungkan ke dalam lapisan-lapisan (*layer*). Merambatnya informasi yang berawal dari lapisan masukan (*input*) berlanjut ke lapisan luaran (*output*) dan melalui suatu lapisan ke lapisan yang lainnya disebut dengan lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Informasi merupakan masukan data yang akan dikirim neuron dengan bobot kedatangan tertentu. (Patil, Lande, Nagalkar, Nikam, & Wakchaure, 2021) Masukan (*input*) akan diolah oleh suatu fungsi perambatan yang akan datang. Selanjutnya, fungsi aktivasi digunakan untuk mengaktifkan neuron atau tidak mengaktifkan neuron yang akan memproses hasil penjumlahan lalu dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu. Jika *input* yang telah diolah melalui suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu, maka neuron akan aktif, dan selanjutnya neuron akan mengirimkan luaran (*output*) melalui bobot-bobot luarannya (*output*) menuju ke seluruh neuron yang telah berhubungan. Sedangkan untuk neuron yang tidak akan aktif kondisinya tidak dilewati. (Abdelsalam, 2020)



Gambar 2. Struktur Model Artificial Neural Network

Adapun jenis-jenis ANN antara lain adalah *perceptron*, *backpropagation* atau propagasi balik, *learning vector quantization*, dan sebagainya. Perancangan algoritma ANN pada umumnya memiliki dua proses utama yakni pelatihan (*train/ training*) dan pengujian (*test/ testing*). Proses pelatihan dan pengujian perlu dilakukan terlebih

dahulu dengan membagikan data yang akan di latih dan data yang akan di uji. Dalam proses pelatihan, data-data yang memuat parameter ciri akan dilatih untuk membedakan objek satu dengan yang lainnya. Selanjutnya data yang akan di latih dirambatkan ke target latih melalui model ANN yang telah didesain sebelumnya. Jaringan yang merupakan bagian dari model dan bobot-bobot terbaik hasil dari perbaikan adalah luaran (*output*) dari proses pelatihan. Untuk memperoleh tingkat akurasi pada proses pelatihan menggunakan jaringan sebelumnya langkah selanjutnya adalah data latih dilakukan perambatan maju (*feedforward*) sehingga menghasilkan data *output* yang akan dibandingkan dengan target latih. Sedangkan untuk proses pengujian, dengan cara membandingkan target uji dengan hasil luaran (*output*) pada data uji yang dirambatkan maju (*feedforward*). (Silva, Spatti, Flauzino, Liboni, & Alves, 2017)

**ALGORITMA BACKPROPAGATION**

Untuk melakukan proses klasifikasi menggunakan metode ANN melalui algoritma *backpropagation* memiliki tahapan umpan maju (*feedforward*), umpan mundur atau propagasi *error* (*backpropagation of error*) dan perubahan pada bobot dan bias (*weight update/ adjustment*).

Adapun langkah awal yang perlu dikerjakan adalah mengaktifkan neuron dengan menggunakan fungsi aktivasi yang dapat dideferensiasikan seperti sigmoid sebagai berikut.

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

$$f'(x) = \sigma f(x)[1 - f(x)] \tag{2}$$

atau menggunakan tangen sigmoid.

$$y = f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \tag{3}$$

$$f'(x) = [1 + f(x)][1 - f(x)] \tag{4}$$

(Vishwakarma, Paul, & Elsawah, 2020)

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *feedforward* dengan cara sebagai berikut.

$$z\_in_j = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \tag{5}$$

Dimana setiap data nilai masukan ( $X_i, i = 1, \dots, n$ ) menerima lalu menyebarkan keseluruhan data tersembunyi ( $Z_j, j = 1, \dots, p$ ) yang dijumlahkan termasuk biasanya. Setelah itu menghitung luaran dari data tersembunyi dengan menggunakan fungsi aktivasi  $z_j = f(z\_in_j)$  yang selanjutnya dikirim ke luaran dengan cara sebagai berikut.

$$y\_in_k = w_{0k} + \sum_{i=1}^n z_j w_{jk} \tag{6}$$

Dimana setiap data nilai luaran ( $Y_k, k = 1, \dots, m$ ) yang dijumlahkan dengan bobot pada masukan lalu dari data luaran menggunakan fungsi aktivasi  $y_k = f(y\_in_k)$  yang selanjutnya dikirim ke seluruh luaran. (Zhao, et al., 2021)

Untuk memperbaiki bobot dan bias pada setiap luaran menggunakan cara sebagai berikut

$$w_{jk}(baru) = w_{jk}(lama) + \Delta w_{jk} \tag{7}$$

dimana untuk memperbaiki bobot dan bias pada setiap masukan menggunakan cara sebagai berikut

$$v_{ij}(baru) = v_{ij}(lama) + \Delta v_{ij} \tag{8}$$

(Kusumadewi, 2003)

Untuk melakukan propagasi error dengan nilai vektor selisih yang dievaluasi dengan perulangan mundur  $\tau = \tau - 1, \tau - 2, \dots, 1$  adalah:

$$\delta_k^i(i) = [\sum_{l=1}^{\tau+1} \delta_k^{\tau+1}(l) W^{\tau+1}(li)] \frac{\partial f^\tau}{\partial n_k^i(i)} \tag{9}$$

Dalam algoritma proses *backpropagation of error* secara umum terdapat beberapa langkah, yakni yang pertama dimana setiap nilai luaran yang dihasilkan ( $y_k, k = 1, 2, \dots, m$ ) dibandingkan dengan nilai target ( $t_k$ ). Selanjutnya adalah menentukan nilai bobot yang menghubungkan *hidden node* dan *output node*, serta *output node* dan bias dengan menghitung nilai koreksi. Langkah berikutnya yaitu menghitung nilai bobot yang ada pada jalur dilaluinya akan dikalikan dengan nilai *error* ketika telah diperoleh dari lapisan luar keseluruhan node yang ada pada lapisan tersembunyi. *Hidden node* akan dijumlahkan jika setiap nilai telah diterima. Dan langkah yang terakhir adalah menghitung nilai bobot antara *input node* dan *hidden node* serta antara *hidden node* dan bias dengan nilai koreksi setiap hubungan.

Setiap luaran akan dicari besarnya *error* untuk setiap nilai dan dibandingkan dengan target. Karena untuk memperbaiki nilai bobot yang menghubungkan antara lapisan tersembunyi dan lapisan luar, nilai *error* tersebut diperlukan sebagai dasar. Dalam *backpropagation*, bentuk fungsi *error* (MSE) sebagai berikut

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{\tau} (t_k - y_k^{(T)})^2 \tag{10}$$

dimana  $y^{(T)}$  merupakan nilai *output* pada lapisan terakhir.

Dalam proses estimasi menggunakan *backpropagation*, terdapat kendala antara lain ketika memilih nilai awal, lokal minimum, jumlah neuron pada lapisan tersembunyi dan lain-lain. Walaupun terdapat metode yang lainnya agar memperkecil

kemungkinan kendala-kendala tersebut terjadi tidak menjamin bahwa estimasi dari *backpropagation* menghasilkan yang lebih baik. (Fausett, 1994)

**CONFUSION MATRIX**

Dalam penelitian ini untuk mengukur performa klasifikasi yang telah dilakukan pada *machine learning* menggunakan bantuan *Confusion Matrix*. Pada *Confusion Matrix* terdapat 4 istilah untuk merepresentasikan proses hasil dari klasifikasi yang dilakukan yaitu *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP) dan *False Negative* (FN). (Luque, Carrasco, Martín, & Heras, 2019) Dimana TP merupakan jumlah atau banyak data yang bernilai positif dan diprediksi benar sebagai positif, TN merupakan jumlah atau banyak data yang bernilai negatif dan diprediksi sebagai negatif, FP merupakan jumlah atau banyak data yang bernilai negatif tetapi diprediksi sebagai positif, dan FN merupakan jumlah atau banyak data yang bernilai positif tetapi diprediksi sebagai negatif. (Bhandari, 2020)

Tabel 1. Confusion Matrix

Kelas Aktual	Kelas Prediksi			Total
	$K_1$	$K_2$	$K_3$	
$K_1$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$n_1$
$K_2$	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23}$	$n_2$
$K_3$	$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{33}$	$n_3$
Total	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$N_{total}$

(Ananto, Winahju, & Fithriasari, 2019)

Untuk memperoleh hasil akurasi, presisi, *recall* dan *F1 score* pada *Confusion Matrix* menggunakan cara sebagai berikut.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \tag{11}$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \tag{12}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \tag{13}$$

$$F1\ Score = \frac{2TP}{2TP+FP+FN} \tag{14}$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data gambar yang berformat ( .jpg) dan dapat diunduh di internet dari situs Kaggle. (Kaustubhb, 2020) Adapun data yang diambil berupa penyakit bercak daun yang diakibatkan oleh bakteri (*bacterial spot*) sebanyak 50 data citra, penyakit daun kuning menggulung yang diakibatkan oleh virus (*yellow leaf curl virus*)

sebanyak 50 data citra dan daun sehat sebanyak 50 data citra dengan ukuran dan bentuk yang bervariasi. Setelah itu data gambar dikumpulkan menggunakan Matlab dan diubah menjadi format ( .csv) yang selanjutnya diolah menggunakan Weka dengan *classifiers functions MultilayerPerceptron* untuk melakukan proses klasifikasi dengan komputasi, dimana *class* k1 sebagai jenis penyakit bercak daun yang diakibatkan oleh bakteri (*bacterial spot*), *class* k2 sebagai daun sehat, *class* k3 sebagai jenis penyakit daun kuning menggulung yang diakibatkan oleh virus (*yellow leaf curl virus*). Hasil klasifikasi menggunakan *backpropagation* melalui proses komputasi dapat dilihat pada tabel 2 dengan memperlihatkan perbandingan tingkat akurasi yang dipengaruhi oleh *Cross-validation* dengan menggunakan aturan-aturan *batchsize* sebesar 100, *hiddenlayers* yang didefinisikan sebagai *a* , bobot sebesar 0,3 pada *learningrate*, *validationThreshold* sebesar 20 untuk mengakhiri validasi pengujian dan nilai *epoch* untuk melatih data sebesar 500.

Tabel 2. Hasil Akurasi Algoritma Backpropagation

<i>Cross-validation</i>	<i>Accuracy (%)</i>	<i>MSE</i>	<i>Time test (s)</i>	<i>Class</i>	<i>recall</i>	<i>precision</i>
2	72	0,16	341,93	K1 (node 0)	0,80	0,68
				K2 (node 1)	0,80	0,78
				K3 (node 2)	0,56	0,70
				Avg.	0,72	0,72
3	74,67	0,14	329,98	K1 (node 0)	0,78	0,78
				K2 (node 1)	0,80	0,71
				K3 (node 2)	0,66	0,75
				Avg.	0,75	0,75
4	78	0,12	319,77	K1 (node 0)	0,88	0,75
				K2 (node 1)	0,80	0,80
				K3 (node 2)	0,66	0,81
				Avg.	0,78	0,78
5	72,67	0,15	330,21	K1 (node 0)	0,78	0,72
				K2 (node 1)	0,80	0,74
				K3 (node 2)	0,60	0,71
				Avg.	0,73	0,73

6	73,33	0,15	470,52	K1 (node 0)	0,80	0,74
				K2 (node 1)	0,74	0,71
				K3 (node 2)	0,66	0,75
				Avg.	0,73	0,73
7	73,33	0,15	458,95	K1 (node 0)	0,80	0,70
				K2 (node 1)	0,80	0,77
				K3 (node 2)	0,60	0,73
				Avg.	0,73	0,73
8	77,33	0,12	382,19	K1 (node 0)	0,84	0,75
				K2 (node 1)	0,80	0,78
				K3 (node 2)	0,68	0,79
				Avg.	0,77	0,77
9	74,67	0,14	298,65	K1 (node 0)	0,80	0,76
				K2 (node 1)	0,80	0,74
				K3 (node 2)	0,64	0,74
				Avg.	0,75	0,75
10	77,33	0,13	504,87	K1 (node 0)	0,78	0,78
				K2 (node 1)	0,84	0,76
				K3 (node 2)	0,70	0,78
				Avg.	0,77	0,77

Berdasarkan dari tabel 2 hasil akurasi terbaik terdapat pada *Cross-validation* dengan *folds* 4 yang menghasilkan nilai akurasi sebesar 78% dan membutuhkan waktu untuk memproses klasifikasi selama 319,77 detik dengan presisi tertinggi yaitu 0,78. Sedangkan hasil akurasi terendah terdapat pada *Cross-validation* dengan *folds* 2 yang menghasilkan nilai akurasi sebesar 72% dan membutuhkan waktu untuk memproses klasifikasi selama 341,93 detik dengan presisi 0,72.

Selanjutnya untuk mengukur hasil performa dalam mengidentifikasi jenis penyakit pada daun tomat dilakukan perhitungan *Confusion Matrix* pada *Cross-validation* dengan *folds* 4 yang dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4 sehingga menghasilkan klasifikasi yang bernilai benar (*True Positive/TP*) sebanyak 117 data dengan penyakit *bacterial spot* sebanyak 44 data, daun yang sehat sebanyak 40 data dan penyakit *yellow leaf curl virus* sebanyak 33 data. Walaupun hasil akurasi cukup baik, berdasarkan

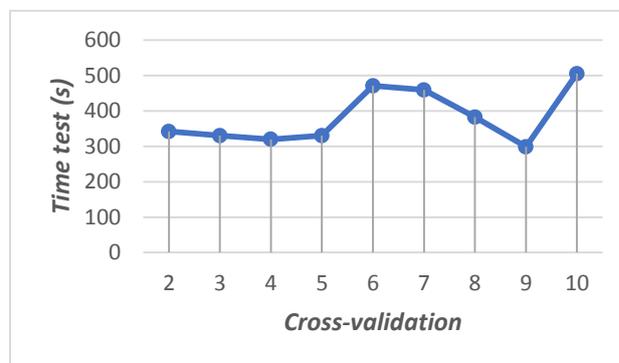
pada gambar 3 waktu yang dibutuhkan untuk memproses klasifikasi jenis penyakit pada daun tomat dengan menggunakan algoritma *backpropagation* cukup lama yakni membutuhkan waktu rata-rata 381,89 detik.

Tabel 3. Confusion Matrix dengan Cross-validation 4

	Class 1	Class 2	Class 3
Class 1	44	2	4
Class 2	6	40	4
Class 3	9	8	33

Tabel 4. Perhitungan Confusion Matrix pada Cross-validation 4

Class	n (truth)	n (classified)	Accuracy (%)	Precision	Recall	F1 Score
1	59	50	86	0,88	0,75	0,81
2	50	50	86,67	0,80	0,80	0,80
3	41	50	83,33	0,66	0,80	0,73



Gambar 3. Test Time Classification

## PENUTUP

## SIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi penyakit pada daun tomat menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) dengan metode *backpropagation*. Adapun data yang digunakan untuk proses klasifikasi dalam penelitian ini sebanyak 50 data citra berupa penyakit *bacterial spot*, sebanyak 50 data citra untuk penyakit daun kuning menggulung yang diakibatkan oleh virus (*yellow leaf curl virus*) dan sebanyak 50 data citra daun sehat dengan ukuran dan bentuk yang bervariasi. Dari pemrosesan data tersebut menghasilkan akurasi terbaik sebesar 78% pada *Cross-validation folds* 4 dengan waktu yang dibutuhkan untuk memproses data selama 319,77

detik menggunakan aturan-aturan dengan *batchsize* sebesar 100, *hiddenlayers* yang didefinisikan sebagai  $a$ , bobot sebesar 0,3 pada *learningrate*, *validationThreshold* sebesar 20 untuk mengakhiri validasi pengujian dan nilai *epoch* untuk melatih data sebesar 500. Setelah menghasilkan akurasi yang terbaik, selanjutnya mengolah dengan *Confusion Matrix* sebagai alat pengukur performa klasifikasi yang telah dilakukan dan menghasilkan presisi terbaik sebesar 0,78 serta memperoleh data klasifikasi yang bernilai benar (*True Positive*) sebanyak 117 data.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelsalam, M. M. (2020). Effective blood vessels reconstruction methodology for early detection and classification of diabetic retinopathy using OCTA images by artificial neural network. *Informatics in Medicine Unlocked* 20.
- Ananto, M. I., Winahju, W. S., & Fithriasari, K. (2019). Klasifikasi Kategori Pengaduan Masyarakat Melalui Kanal LAPOR! Menggunakan Artificial Neural Network. *INFERENSI* Vol. 2(2), 71-79.
- Bhandari, A. (2020, April 17). *Everything you Should Know about Confusion Matrix for Machine Learning*. Dipetik Mei 24, 2021, dari Analytics Vidhya: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2020/04/confusion-matrix-machine-learning/>
- Fausett, L. (1994). *Fundamentals of Neural Networks*. New Jersey: Prentice Hall.
- Franceschi, S., Bidoli, E., Vecchia, C. L., Talamini, R., D'Avanzo, B., & Negri, E. (1994). Tomatoes and Risk of Digestive-tract Cancers. *International Journal of Cancer*, 59: 181-184.
- Kaustubhb. (2020, April). *Kaggle*. Dipetik Maret 3, 2021, dari Tomato leaf disease detection: <https://www.kaggle.com/kaustubhb999/tomatoleaf>
- Kementerian Pertanian. (2020). *Virus Kuning*. Dipetik Mei 23, 2021, dari Direktorat Perlindungan Holtikultura Kementerian Pertanian: <http://ditlin.hortikultura.pertanian.go.id/index.php/page/index/opt-sayur-tomat-virus-kuning/sayur/Tomat>
- Kleene, S. C. (1956). Representation of Events in Nerve Nets and Finite Automata. *Automata Studies (AM-34) Volume 34*.
- Kusumadewi, S. (2003). *Artificial intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Yogyakarta Graha Ilmu.
- Luque, A., Carrasco, A., Martín, A., & Heras, A. d. (2019). The impact of class imbalance in classification performance metrics based on the binary confusion matrix. *Pattern Recognition* 91, 216-231.
- Melanson, R. A. (2020). *Common Diseases of Tomatoes*. Mississippi: Mississippi State University.
- Panjaitan, D., Suada, I., & Sritamin, M. (2014). Uji Keefektifan Ekstrak Beberapa Biji Tanaman untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri Bercak Daun (*Xanthomonas campestris*) pada Tanaman Tomat. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika* Vol. 3, No.2.
- Patil, P. U., Lande, S. B., Nagalkar, V. J., Nikam, S. B., & Wakchaure, G. (2021). Grading and sorting technique of dragon fruits using machine learning algorithms. *Journal of Agriculture and Food Research*.
- Rahmansyah, D., & Nurul, H. (2012). *Tomat Unggul*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sari, I. K., Kun, T. D., & Sunarmani. (2007). Potensi Likopen Dalam Tomat Untuk Kesehatan. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*, Vol. 3.
- Setjen Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2017). *Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian*. Dipetik Maret 30, 2021, dari Outlook TPHORTI 2017: <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/outlook/2017/Outlook%20TPHORTI%202017/files/assets/basic-html/page114.html>
- Silva, I. N., Spatti, D. H., Flauzino, R. A., Liboni, L. H., & Alves, S. F. (2017). *Artificial Neural Networks A Practical Course*. Switzerland: Springer.
- Vishwakarma, G. K., Paul, C., & Elsawah, A. (2020). An algorithm for outlier detection in a time series model using backpropagation neural network. *Journal of King Saud University - Science*, 3328-3336.
- Wiguna, G., Sutarya, R., & Muliani, Y. (2015). Respon Beberapa Galur Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Terhadap Penyakit Busuk Daun (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary). *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian VOL . 11. NO. 2*, 1-10.
- Zhao, Q., Liu, Q., Cao, N., Guan, F., Wang, S., & Wang, H. (2021). Stepped generalized predictive control of test tank temperature based on backpropagation neural network. *Alexandria Engineering Journal*, 357-364.