



# Penerapan Probabilistic Neural Network pada Klasifikasi Patogen Daun Bibit Jabon Berdasarkan Ciri Morfologi Spora

Melly Br Bangun<sup>1\*</sup>, Yeni Herdiyeni<sup>2</sup>, Elis Nina Herliyana<sup>3</sup>, Rossy Nurhasanah<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Ilmu Pendidikan, Pendidikan Luar Sekolah, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

<sup>3</sup>Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Silvikultur, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

<sup>4</sup>Fakultas Ilmu Komputer, Ilmu Komputer, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email: <sup>1\*</sup>mellybgn@unimed.ac.id, <sup>2</sup>yeni.herdiyeni@apps.ipb.ac.id, <sup>3</sup>elishe@apps.ipb.ac.id, <sup>4</sup>rossynurhasanah@usu.ac.id

Email Penulis Korespondensi: mellybgn@unimed.ac.id

**Abstrak**—Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasi patogen daun bibit Jabon berdasarkan ciri morfologi spora menggunakan classifier Probabilistic Neural Network (PNN). Klasifikasi dilakukan terhadap tiga jenis patogen yaitu *Colletotrichum* sp., *Curvularia* sp., dan *Fusarium* sp.. Metode penelitian yang dilakukan meliputi akuisisi data, pra-proses, ekstraksi ciri morfologi, klasifikasi dengan PNN dan evaluasi. Ciri morfologi yang digunakan yaitu ciri morfologi dasar terdiri atas area, perimeter, convex area, convex perimeter, dan ciri morfologi turunan terdiri atas compactness, solidity, convexity dan roundness. Hasil percobaan tahap ekstraksi ciri morfologi menunjukkan bahwa ciri compactness dan ciri roundness dapat digunakan untuk mengidentifikasi ketiga jenis patogen dikarenakan pada ciri-ciri ini setiap kelas patogen terpisah. Pengujian penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 150 data uji dari tiga kelas objek dari dataset yaitu kelas 1 (*Colletotrichum* sp.), kelas 2 (*Curvularia* sp.), dan kelas 3 (*Fusarium* sp.). Kemudian hasil klasifikasi patogen menggunakan penerapan algoritma PNN pada pengujian penelitian ini memperoleh nilai rata-rata akurasi sebesar 86.8% dengan proporsi pembagian data latih dan data uji sebesar 80:20. Hasil klasifikasi PNN pada 150 data uji yaitu terdapat sebanyak 36 data yang diklasifikasikan dalam *Colletotrichum* sp., 44 data yang diklasifikasikan ke dalam *Curvularia* sp., dan sebanyak 50 diklasifikasikan ke dalam *Fusarium* sp.. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat dilakukan dengan citra mikroskopis digital tanpa cropping dan sistem yang dapat mengklasifikasikan citra patogen yang mengumpul dengan lebih jelas.

**Kata Kunci:** Probabilistic Neural Network; Klasifikasi; Patogen; Daun Bibit Jabon; Ciri Morfologi

**Abstract**—The aim of this research is to classify pathogen of Jabon's leaf seedling based on spora morphological features using Probabilistic Neural Network classifier. Three types of pathogen to be classified are *Colletotrichum* sp., *Curvularia* sp., and *Fusarium* sp.. The methodologies used are data acquisition using optilab camera microscope to obtain microscopic image data, preprocessing (grayscale, median smoothing, thresholding Otsu, region filling, median smoothing and dilate), morphology feature extraction (area, perimeter, area convex, convex perimeter, compactness, solidity, convexity and roundness), Probabilistic Neural Network classification, and evaluation. The basic morphological characteristics consisting of area, perimeter, convex area, convex perimeter, and derived morphological characteristics consisting of compactness, solidity, convexity and roundness. The experimental results of the morphological feature extraction showed that the compactness and roundness characteristics can be used to identify the three types of pathogens because with these characteristics each class of pathogen is separate. Testing for this research was carried out using 150 test data from three classes of objects from the dataset, namely class 1 (*Colletotrichum* sp.), class 2 (*Curvularia* sp.), and class 3 (*Fusarium* sp.). Then the results of pathogen classification using the application of the PNN algorithm in testing this research obtained an average accuracy value of 86.8% with a proportion of training data and test data of 80:20. The results of the PNN classification on 150 test data were that there were 36 data classified into *Colletotrichum* sp., 44 data classified into *Curvularia* sp., and 50 data classified into *Fusarium* sp.. Further research could be done with the identification of digital microscopic images without cropping and systems that could classify a colony image of pathogens clearly.

**Keywords:** Probabilistic Neural Network; Classification; Pathogen; Jabon's Leaf Seedling; Morphological Feature

## 1. PENDAHULUAN

Jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq) merupakan tanaman kehutanan asli Indonesia yang mulai banyak dibudidayakan karena memiliki banyak keunggulan dan prospek tinggi untuk Hutan Tanaman Industri dan tanaman reboisasi atau penghijauan di Indonesia karena pertumbuhannya yang sangat cepat, mudah tumbuh pada berbagai tipe tanah, membutuhkan perlakuan silvikultur yang mudah, dan beberapa tahun terakhir dikenal sebagai alternatif tanaman obat yang populer di Indonesia [1], [2], [3]. Bagian tanaman dari jabon selain kayu (bunga, buah, daun, kulit kayu, dan akar) berpotensi untuk diolah karena produk olahannya sudah dikenal di pasaran dunia.

Usaha pembibitan jabon untuk memenuhi kebutuhan pasar telah banyak dilakukan, namun usaha ini memiliki kendala dengan adanya gangguan penyakit di areal persemaian. Hal ini dikarenakan bibit yang tersedia di areal persemaian berpotensi menjadi inang bagi patogen dan kondisi bibit yang masih sukulen relatif rentan terhadap gangguan penyakit [4]. Gangguan penyakit merupakan salah satu hambatan karena dapat mengurangi kuantitas dan kualitas bibit. Sebagian besar penyakit jabon disebabkan oleh cendawan [3]. Jumlah cendawan sangat besar dan signifikan, baru 5% dari total cendawan di dunia yang sudah diketahui, yaitu sekitar 98.998 spesies. Lebih dari 8.000 spesies bersifat parasit dan dapat menyebabkan penyakit atau sebagai patogen [5]. Penyebab penyakit yang tergolong ke dalam patogen adalah organisme hidup yang mayoritas bersifat mikro dan mampu untuk dapat menimbulkan penyakit pada tanaman atau tumbuhan [6].

Penyakit-penyakit dan patogen yang pernah dilaporkan menyerang jabon di pembibitan di antaranya penyakit bercak daun yang disebabkan oleh *Rhizoctonia* sp. [7] dan *Colletotrichum* sp. [8], penyakit hawar daun yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. [7] serta penyakit mati pucuk yang disebabkan *Rhizoctonia solani* Kuhn. dan *Botryodiplodia* sp. [4], [7].

Patogen-patogen yang diamati pada penelitian ini termasuk dalam kelas Deuteromycetes, sehingga dalam identifikasi jenis patogennya dilihat dari karakteristik spora aseksual atau konidia. Spora merupakan salah satu bagian penting dalam identifikasi karakteristik morfologi [9].

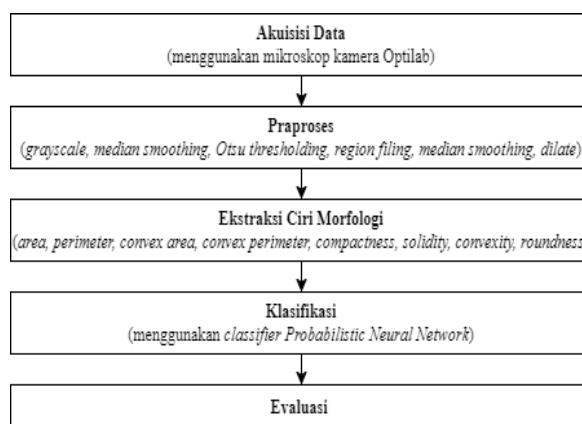
Penelitian terkait dengan jabon dilakukan oleh [10] yang melakukan identifikasi jenis fungi pada pembibitan jabon di Sampali Medan dan diperoleh lima jenis fungi yang terdiri atas *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Geotrichum* sp., *Penicillium* sp., dan *Curvularia* sp.. [4] melakukan identifikasi dan uji patogenisitas cendawan penyebab primer penyakit mati pucuk pada bibit jabon, dari penelitian diperoleh patogen *Botryodiplodia* spp., *Fusarium* spp., *Colletotrichum* sp., *Curvularia* sp., dan *Pestalotiopsis* sp., dan hasil penelitian menjelaskan bahwa *Botryodiplodia* sp. sebagai penyebab primer penyakit mati pucuk. Beberapa penelitian yang mengembangkan teknik pengenalan pola dan pengolahan citra dengan menggunakan citra mikroskopis digital dilakukan oleh [11] yang melakukan identifikasi dan klasifikasi otomatis pada agen-agen patogen *Nosema* dengan teknik segmentasi, ekstraksi fitur dengan scale-invariant feature transform (SIFT) dan support vector machine (SVM) yang menghasilkan laporan dengan klasifikasi spora yang dianalisa. [12] melakukan analisis morfologi otomatis pada identifikasi leukemia akut pada citra mikroskopis jaringan darah, dengan tahapan pemisahan leukosit pada jaringan darah, mengevaluasi indeks morfologi (area, perimeter, momentum citra) dari sel dan melakukan klasifikasi citranya. [13] melakukan klasifikasi leukosit untuk mendeteksi leukemia dengan melakukan pemisahan nukleus dan sitoplasma untuk menganalisis setiap detail komponen selnya. Kemudian dilakukan ekstraksi berdasarkan bentuk, warna dan tekstur menggunakan classifier yang berbeda-beda untuk menentukan yang paling sesuai dalam mendeteksi leukemia. [14] melakukan klasifikasi patogen dengan Probabilistic Neural Network (PNN) multi kelas, hasil yang diperoleh sistem klasifikasi mampu secara akurat mengklasifikasikan tiga dari empat spesies yang benar diklasifikasikan dengan keyakinan yang lebih besar 95%, menggunakan polinomial enam koefisien dengan kurva perbedaan. [15] menerapkan PNN pada klasifikasi Berat Bayi Baru Lahir dengan akurasi 95%. [16] melakukan klasifikasi PNN pada data diagnosa penyakit DBD dengan akurasi 93%. [17] melakukan penerapan PNN dalam klasifikasi citra permainan batu kertas gunting dengan akurasi 90% serta [18] melakukan klasifikasi citra songket Aceh menggunakan PNN dengan akurasi 93%.

Penelitian terkait klasifikasi patogen pada daun bibit jabon masih sedikit dilakukan, hal ini merupakan peluang untuk mengembangkan teknik pengenalan pola dan pengolahan citra pada identifikasi dan klasifikasi patogen daun bibit jabon. Penelitian-penelitian sebelumnya di atas memiliki kemiripan yaitu menggunakan citra mikroskopis, penerapan ciri morfologi (geometri) dan classifier yang digunakan dalam identifikasi dan klasifikasinya. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan klasifikasi patogen daun bibit jabon berdasarkan ciri morfologi spora dengan classifier PNN. Tujuan dari penelitian ini membuat suatu sistem dapat membantu mahasiswa dan peneliti dalam mengklasifikasi dan juga akhirnya dapat mengidentifikasi patogen pada daun bibit jabon berdasarkan ciri morfologi spora sehingga diharapkan dapat membantu petugas lapang dalam mengetahui patogen (penyebab penyakit) sehingga dapat melakukan tindakan penanganan penyakit dengan cepat dan tepat.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

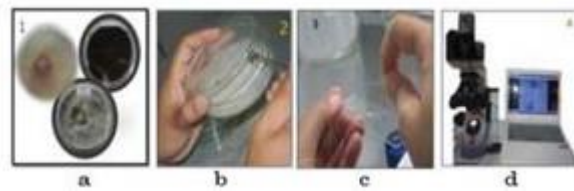
Tahapan penelitian terdiri atas akuisisi data, praproses, ekstraksi ciri morfologi, klasifikasi, dan evaluasi. Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



**Gambar 1.** Tahapan Penelitian

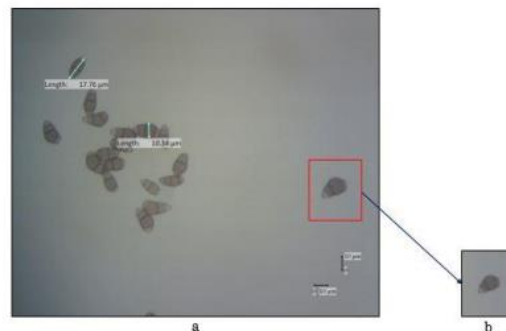
### 2.2 Akuisisi Data

Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Patologi dan Entomologi Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan IPB. Data citra mikroskopis diambil dengan menggunakan mikroskop kamera optilab dan disimpan dalam format JPG. Perbesaran mikroskop yang digunakan untuk setiap proses akuisisi citra bernilai sama yaitu 400x. Tahapan akuisisi data dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Tahapan Akuisisi Data (a) isolasi patogen (b) pengambilan jaringan patogen (c) peletakan patogen pada preparate (d) akuisisi citra dengan mikroskop digital optilab

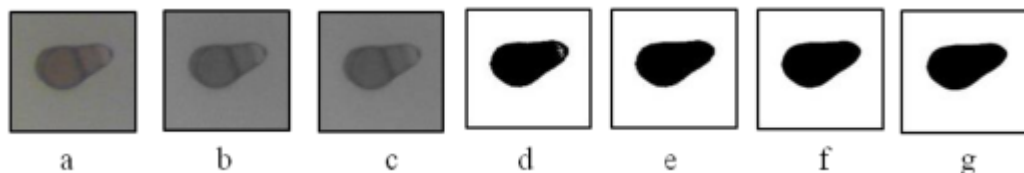
Sebelum melakukan tahapan praproses, maka data citra mikroskopis yang diperoleh dipotong (crop) secara manual sehingga diperoleh data citra patogen tunggal yang dalam hal ini disebut dengan sub image. Berdasarkan proses akuisisi ini diperoleh sebanyak 150 sub image, dengan masing-masing patogen berjumlah 50 citra. Proses cropping untuk memperoleh sub image data citra patogen dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Proses cropping (a) citra mikroskopis (b) sub image

### 2.3 Praproses

Praproses yang dilakukan dari 150 sub image patogen yaitu mengubah sub image menjadi bentuk grayscale image, selanjutnya dilakukan proses smoothing dengan median filter untuk menghilangkan noise dan blurring, kemudian dilakukan segmentasi menggunakan thresholding metode Otsu, dilakukan region filling untuk citra yang memiliki lubang (hole) dan dilakukan kembali proses smoothing dengan median filter yang mana dalam hal ini dapat menghapus detail kecil pada tepi citra dan menghaluskan citra, terakhir dilakukan operasi morfologi yaitu dilate sehingga diperoleh citra yang sesuai kebutuhan untuk diproses ke tahap selanjutnya. Tahapan praproses dapat dilihat pada Gambar 4.

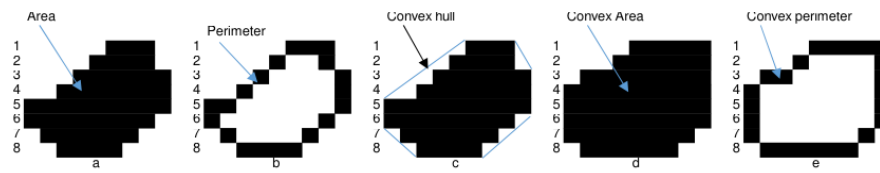


**Gambar 4.** Tahapan praproses (a) sub image (b) grayscale (c) median smoothing (d) Otsu thresholding (e) region filling (f) median smoothing (g) dilate

### 2.4 Ekstraksi Ciri Morfologi

Ekstraksi ciri adalah langkah dalam proses pengenalan pola di mana pengukuran dari suatu objek dihitung [19]. Informasi yang akan diekstraksi adalah morfologi atau bentuk spora dari patogen. Ciri morfologi terdiri dari ciri dasar (area, perimeter, convex area, convex perimeter) dan ciri turunan (compactness, solidity, convexity dan roundness). Dalam perhitungan ekstraksi ciri morfologi ini digunakan standar poligon dan standar lingkaran. Berikut ini penjelasan dari ciri dasar dan ciri turunan sebagai berikut:

- Area: luas daerah pada objek yang diwakili oleh jumlah piksel tak nol dalam batas objek [20]. Luas wilayah biner R dapat ditemukan dengan menghitung piksel gambar yang membentuk daerah [21].
- Perimeter: keliling atau batas-batas pada objek. Perimeter dari daerah R didefinisikan sebagai panjang kontur luarnya, di mana R harus terhubung [21]. Perimeter dihitung dengan mengukur jumlah jarak antara piksel batas berturut-turut [13]. perimeter diperoleh dengan menghitung jumlah piksel batas yang dimiliki oleh sebuah objek [19].
- Convex area: menghitung daerah dalam convex hull di mana daerah yang kosong antara boundary convex hull dan boundary object diisi nilai piksel objek dan termasuk dalam object area. Menurut [21], convex hull adalah poligon cembung terkecil yang berisi semua titik dari wilayah R.
- Convex perimeter: suatu skalar yang menentukan keliling atau batas-batas pada convex hull. Berikut ini ilustrasi dari ciri dasar dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Ciri dasar (a) area (b) perimeter (c) convex hull (d) convex area (e) convex perimeter

Ciri turunan yaitu compactness, solidity, convexity dan roundness. Ilustrasi dari ciri turunan dapat dilihat pada Gambar 6. Perhitungan ciri turunan sebagaimana tertera pada Persamaan (1) – (4). Nilai ciri turunan tersebut yang akan menjadi penciri untuk diklasifikasi dengan classifier PNN dalam mencirikan suatu jenis patogen.

- e. Compactness: rasio antara area dari sebuah objek dan area dari lingkaran dengan yang sama [13]. Nilai maksimum 1 untuk bentuk lingkaran. Perhitungan compactness dirumuskan pada Persamaan (1). Compactness dipahami sebagai hubungan antara daerah area dan perimeter [21].

$$\text{compactness} = \frac{4 \times \pi \times \text{area}}{\text{perimeter}^2} \quad (1)$$

- f. Solidity: rasio dari area suatu objek dengan area convex hull suatu objek. Solidity menghitung kepadatan suatu objek [13]. Perhitungan solidity dirumuskan pada Persamaan (2).

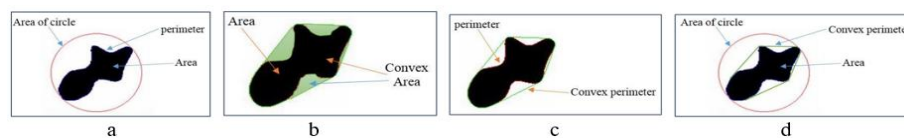
$$\text{solidity} = \frac{\text{area}}{\text{convex\_area}} \quad (2)$$

- g. Convexity: jumlah relatif pada sebuah objek yang berbeda dari cembungnya objek, nilainya direpresentasikan dengan rasio dari perimeter sebuah convex hull ke perimeter objek itu sendiri. Menurut [22] convexity didefinisikan sebagai rasio perimeter dari convex hull dengan kontur aslinya. Perhitungan convexity dirumuskan pada Persamaan (3).

$$\text{convexity} = \frac{\text{perimeter}_{\text{convex}}}{\text{perimeter}} \quad (3)$$

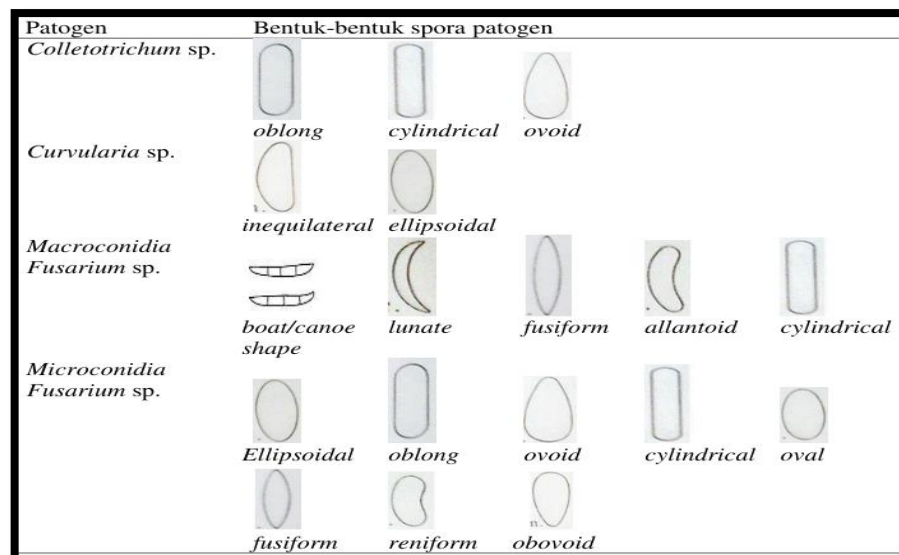
- h. Roundness: rasio dari area suatu objek ke area suatu lingkaran dengan perimeter sama dari convex hull objek [13]. Perhitungan roundness dirumuskan pada Persamaan (4)

$$\text{roundness} = \frac{4 \times \pi \times \text{area}}{\text{convex\_perimeter}^2} \quad (4)$$



**Gambar 6.** Ciri turunan (a) compactness (b) solidity (c) convexity (d) roundness

Bentuk-bentuk spora (konidia) patogen ditunjukkan pada Gambar 7. Bentuk-bentuk spora yang ditemukan dalam penelitian ini yaitu pada patogen *Colletotrichum* sp. ditemukan bentuk oblong dan cylindrical, pada patogen *Curvularia* sp. ditemukan bentuk inequilateral dan pada patogen *Fusarium* sp. ditemukan bentuk boat/canoe shape.



**Gambar 7.** Bentuk-bentuk spora patogen

## 2.5 Klasifikasi

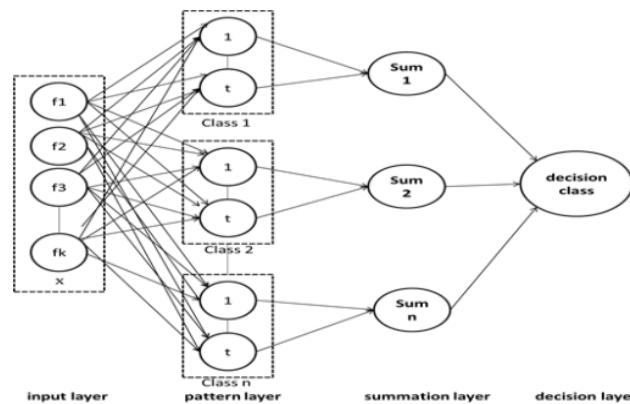
Setelah proses ekstraksi ciri morfologi, diperoleh nilai-nilai ciri yang menjadi masukan untuk proses klasifikasi patogen. Klasifikasi adalah prosedur untuk mengelompokkan pola masukan ke dalam kelas yang serupa. Klasifikasi data pada penelitian ini menggunakan classifier PNN. Sebelum tahap klasifikasi dilakukan proses pembagian data menggunakan metode k-fold cross validation. Data yang terdiri dari data latih dan data uji dibagi dalam 5-fold dengan persentase 80% data latih dan 20% data uji seperti tertera pada Tabel 1. Perhitungan nilai akurasi diambil nilai rata-rata dari seluruh nilai yang diperoleh dari penerapan k-fold cross validation sebagaimana tertera pada persamaan (5).

**Tabel 1.** Pembagian data dan akurasi

| Fold   | Data       | Sub Data       | Akurasi (%) |
|--------|------------|----------------|-------------|
| 1-fold | Data Latih | S1, S2, S3, S4 | A1          |
|        | Data Uji   | S5             |             |
| 2-fold | Data Latih | S1, S2, S3, S5 | A2          |
|        | Data Uji   | S4             |             |
| 3-fold | Data Latih | S1, S2, S4, S5 | A3          |
|        | Data Uji   | S3             |             |
| 4-fold | Data Latih | S1, S3, S4, S5 | A4          |
|        | Data Uji   | S2             |             |
| 5-fold | Data Latih | S2, S3, S4, S5 | A5          |
|        | Data Uji   | S1             |             |

$$\text{Akurasi} = \frac{A1+A2+A3+A4+A5}{5} \times 100\% \quad (5)$$

Probabilistic Neural Network (PNN) merupakan Artificial Neural Network (ANN) yang menggunakan teorema probabilitas klasik. PNN merupakan jaringan syaraf tiruan yang menggunakan radial basis function (RBF). RBF adalah fungsi yang berbentuk seperti bel yang menskalakan variabel nonlinear. Keuntungan utama menggunakan arsitektur PNN adalah training data mudah dan cepat dikarenakan proses training hanya butuh satu kali iterasi (tidak ada pengulangan). PNN memiliki struktur yang terdiri atas empat lapisan. Contoh struktur PNN dapat dilihat pada Gambar 8 [19].



**Gambar 8.** Struktur PNN

## 2.6 Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan confusion matrix, kinerja model klasifikasi dapat diketahui dengan banyaknya data uji yang diprediksi secara benar dan salah. Confusion matrix merupakan sebuah tabel yang terdiri atas banyaknya baris data uji yang diprediksi benar dan tidak benar oleh model klasifikasi, digunakan untuk menentukan kinerja suatu model klasifikasi [23]. Ada empat istilah yang digunakan dalam confusion matrix yaitu:

- True positive (TP) : jumlah data positif yang benar diklasifikasi oleh classifier
- True negative (TN) : jumlah data negatif yang benar diklasifikasi oleh classifier.
- False positive (FP) : jumlah data negatif yang salah diklasifikasi sebagai data positif.
- False negative (FN) : jumlah data positif yang salah diklasifikasi sebagai data negatif.

TP dan TN digunakan ketika classifier mendapatkan klasifikasi yang benar. FP dan FN digunakan ketika classifier salah melakukan klasifikasi. Tabel 2 merupakan tabel confusion matrix.

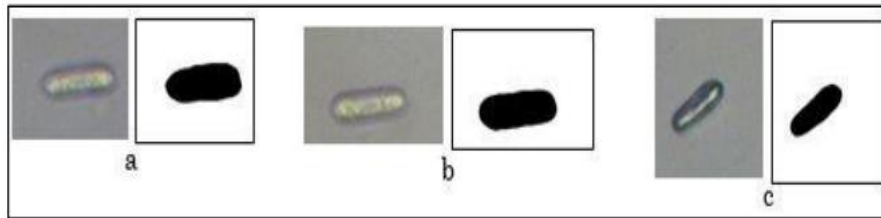
**Tabel 2.** Confusion Matrix

| Aktual | Prediksi |                   |                   |
|--------|----------|-------------------|-------------------|
|        | Positif  |                   | Negatif           |
|        | Positif  | A: True Positive  | B: False Negative |
|        | Negatif  | D: False Positive | D: True Negative  |

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Akuisisi Data

Akuisisi data telah dilakukan di Laboratorium Patologi dan Laboratorium Entomologi Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan IPB. Data citra terdiri dari 3 jenis patogen yaitu *Colletotrichum* sp., *Curvularia* sp., dan *Fusarium* sp.. Kesalahan dalam akuisisi data yang terjadi dikarenakan kurang fokus pada saat pengambilan data. Berikut disajikan data yang mengalami kesalahan dalam akuisisi data pada Gambar 9.

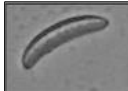
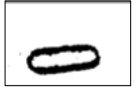
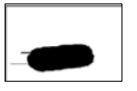
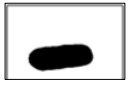


**Gambar 9.** Kesalahan dalam akuisisi data (a) sub image dan hasil praproses data ke-7 (b) sub image dan hasil praproses data ke-8 (c) sub image dan hasil praproses data ke-14

#### 3.2 Praproses

Hasil praproses citra dapat dilihat pada Tabel 3, ditampilkan beberapa contoh data yang kurang baik pada saat pengambilan data. Pada contoh data *Colletotrichum* sp. dan *Fusarium* sp. terlihat bahwa data citra blurring dan pada saat proses thresholding dengan metode Otsu data citra menjadi lebih tebal dari aslinya dikarenakan tepi gambar dianggap sebagai objek gambar juga dan demikian dilanjutkan ke tahap berikutnya sehingga terlihat bahwa data citra kurang precise dari data aslinya. Namun pada contoh data *Curvularia* sp. walaupun data blurring tetapi hasil akhir segmentasi tetap bagus dikarenakan smoothing dengan median filter yang dapat mengatasi blurring, noise, dan mengurangi detail-detail kecil pada data citra.

**Tabel 3.** Hasil Praproses Citra

|                         | <i>Colletotrichum</i> sp.                                                           | <i>Curvularia</i> sp.                                                                | <i>Fusarium</i> sp.                                                                   |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Sub Image               |  |  |  |
| Grayscale               |  |  |  |
| Median Filter Smoothing |  |  |  |
| Thresholding Otsu       |  |  |  |
| Region Filling          |  |  |  |
| Median Filter Smoothing |  |  |  |
| Dilate Operation        |  |  |  |

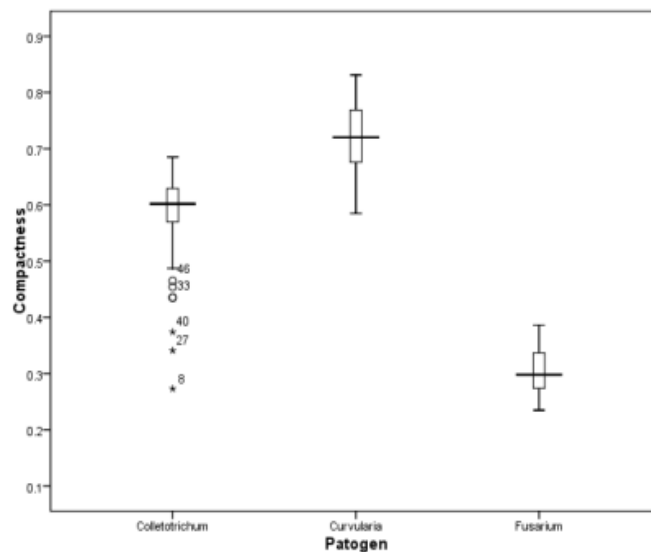
#### 3.3 Ekstraksi Ciri Morfologi

Ekstraksi ciri yang digunakan yaitu ekstraksi morfologi atau bentuk. Ciri morfologi terdiri dari ciri dasar dan ciri turunan. Ciri dasar yaitu area, perimeter, convex area, dan convex perimeter. Ciri turunan yang digunakan yaitu compactness, solidity, convexity dan roundness. Berdasarkan dari ciri turunan tersebut maka akan dapat diketahui seberapa lingkaran bentuk objek dari nilai compactness, kepadatan bentuk objek dari nilai solidity, kecembungan bentuk objek dari nilai convexity dan tingkat kebundaran objek dari nilai roundness. Masukan untuk classifier maka diambil nilai ciri turunan yaitu compactness, solidity, convexity dan roundness. Pada Tabel 4 disajikan beberapa hasil ekstraksi ciri turunan dari ketiga jenis patogen.

Tabel 4. Ekstraksi Ciri Turunan Patogen

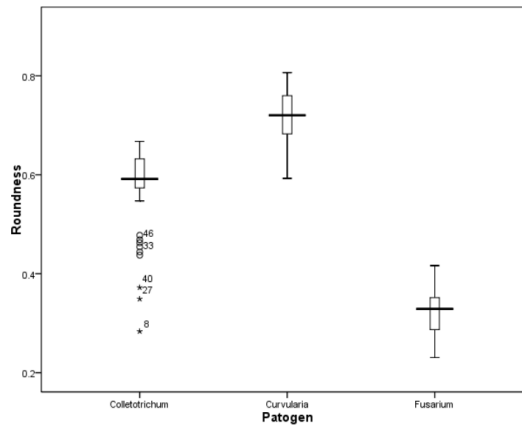
| Patogen            |                                                                                     | Fitur Morfologi |          |           |           |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------|-----------|-----------|
|                    |                                                                                     | Compactness     | Solidity | Convexity | Roundness |
| Colletotrichum sp. |    | 0.6025          | 0.9717   | 0.9941    | 0.6096    |
|                    | data_1                                                                              |                 |          |           |           |
|                    |    | 0.2732          | 0.9332   | 0.9817    | 0.2835    |
|                    | data_8                                                                              |                 |          |           |           |
| Curvularia sp.     |    | 0.4353          | 0.9482   | 0.9974    | 0.4375    |
|                    | data_33                                                                             |                 |          |           |           |
|                    |    | 0.7841          | 0.9747   | 1.0082    | 0.7713    |
|                    | data_51                                                                             |                 |          |           |           |
| Fusarium sp.       |    | 0.5847          | 0.9559   | 0.9933    | 0.5926    |
|                    | data_68                                                                             |                 |          |           |           |
|                    |    | 0.6667          | 0.9739   | 1.0060    | 0.6587    |
|                    | data_100                                                                            |                 |          |           |           |
| Fusarium sp.       |    | 0.3152          | 0.7138   | 0.9777    | 0.3297    |
|                    | data_107                                                                            |                 |          |           |           |
|                    |    | 0.2627          | 0.7086   | 1.0359    | 0.2448    |
|                    | data_121                                                                            |                 |          |           |           |
|                    |  | 0.2770          | 0.6375   | 0.9561    | 0.3030    |
|                    | data_149                                                                            |                 |          |           |           |

Hasil percobaan tahap ekstraksi ciri morfologi menunjukkan bahwa ciri compactness dan ciri roundness dapat digunakan untuk mengidentifikasi ketiga jenis patogen dikarenakan pada ciri-ciri ini setiap kelas patogen terpisah. Pada Gambar 10 disajikan boxplot ciri compactness dari ketiga jenis patogen. Terlihat bahwa pada ciri compactness, range patogen *Colletotrichum* sp. lebih besar dari patogen lainnya dengan nilai berkisar 0.41 dan terdapat beberapa outlier (data ke-33 dan data ke-46) dan ekstrem (data ke-8, data ke-27 dan data ke-40), hal ini menunjukkan bahwa pada ciri compactness sebaran nilai patogen *Colletotrichum* sp. memiliki data yang tidak seragam sehingga dapat dibedakan satu dengan yang lain. Patogen *Curvularia* sp. memiliki bentuk yang lebih menyerupai lingkaran dibandingkan patogen lain, penyebaran data terbanyak terdapat pada patogen *Curvularia* sp. dan data masing-masing patogen terpisah.



Gambar 10. Boxplot ciri compactness

Pada Gambar 11 disajikan ciri roundness dari ketiga jenis patogen. Terlihat bahwa pada ciri roundness, range patogen *Colletotrichum* sp. lebih besar dari patogen lainnya dengan nilai berkisar 0.38 dan terdapat beberapa outlier (data ke-33 dan data ke-46) dan ekstrem (data ke-8, data ke-27 dan data ke-40), hal ini menunjukkan bahwa pada ciri roundness sebaran nilai patogen *Colletotrichum* sp. memiliki data yang tidak seragam sehingga dapat dibedakan satu dengan yang lain. Patogen *Curvularia* sp. memiliki bentuk yang lebih bundar dari patogen lain, penyebaran data terbanyak terdapat pada patogen *Curvularia* sp. dan data masing-masing patogen pada ciri roundness ini terpisah.



Gambar 11. Boxplot ciri roundness

### 3.4 Klasifikasi

Sebelum klasifikasi, dilakukan pembagian data menggunakan metode k-fold cross validation dan selanjutnya dilakukan pengklasifikasian data menggunakan classifier PNN. Hasil ekstraksi ciri dibagi menjadi 2 bagian yaitu data latih dengan persentase 80% dan data uji dengan persentase 20%. Teknik yang digunakan adalah 5-fold cross validation. Data 150 sub citra patogen, 120 sub citra menjadi data latih dan membentuk matriks berukuran 120 x 4 sedangkan 30 citra lainnya menjadi data uji dan membentuk matriks berukuran 30 x 4. Klasifikasi PNN dilakukan pada setiap fold. Hasil klasifikasi dari setiap fold dapat dilihat pada Tabel 5 dan perhitungan hasil akurasi setiap fold dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil k-fold cross validation

|        |                   | Prediksi                  |                        |                      |                           |                        |                      |                           |                        |                      |                           |                        |                      |                           |                        |                      |
|--------|-------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|
|        |                   | 1-fold                    |                        |                      | 2-fold                    |                        |                      | 3-fold                    |                        |                      | 4-fold                    |                        |                      | 5-fold                    |                        |                      |
|        |                   | Coll<br>eto<br>tric<br>um | Cur<br>vu<br>lari<br>a | Fu<br>sa<br>riu<br>m | Coll<br>eto<br>tric<br>um | Cur<br>vu<br>lari<br>a | Fu<br>sa<br>riu<br>m | Coll<br>eto<br>tric<br>um | Cur<br>vu<br>lari<br>a | Fu<br>sa<br>riu<br>m | Coll<br>eto<br>tric<br>um | Cur<br>vu<br>lari<br>a | Fu<br>sa<br>riu<br>m | Coll<br>eto<br>tric<br>um | Cur<br>vu<br>lari<br>a | Fu<br>sa<br>riu<br>m |
| Aktual | Colletotr<br>icum | 8                         | 2                      | 0                    | 7                         | 2                      | 1                    | 6                         | 3                      | 1                    | 9                         | 1                      | 0                    | 6                         | 3                      | 1                    |
|        | Curvular<br>ia    | 1                         | 9                      | 0                    | 1                         | 9                      | 0                    | 2                         | 8                      | 0                    | 2                         | 8                      | 0                    | 0                         | 10                     | 0                    |
|        | Fusarium          | 0                         | 0                      | 10                   | 0                         | 0                      | 10                   | 0                         | 0                      | 10                   | 0                         | 0                      | 10                   | 0                         | 0                      | 10                   |

Tabel 6. Hasil akurasi setiap fold

| k-fold | Akurasi (%) |
|--------|-------------|
| 1-fold | 90          |
| 2-fold | 87          |
| 3-fold | 80          |
| 4-fold | 90          |
| 5-fold | 87          |

Berdasarkan lima percobaan tersebut, evaluasi kinerja sistem dapat dihitung dengan mencari nilai rata-rata akurasi seluruh fold dengan menggunakan rumus Persamaan (5) sehingga diperoleh hasil akurasi 86.8% yang diperoleh dari perhitungan berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{90+87+80+90+87}{5} \times 100\% = 86.8\%$$

### 3.5 Evaluasi

Evaluasi hasil klasifikasi dengan confusion matrix dapat dilihat pada Tabel 7. Pada data patogen *Colletotrichum* sp. terdapat sebanyak 11 data yang teridentifikasi sebagai data *Curvularia* sp., dan sebanyak 3 data yang teridentifikasi sebagai data *Fusarium* sp.. Hal ini dikarenakan disamping bentuk citra yang hampir mirip juga terdapat beberapa nilai ciri data tersebut berada pada sebaran *Curvularia* sp. dan *Fusarium* sp.. Pada data patogen *Curvularia* sp. terdapat sebanyak 6 data yang teridentifikasi sebagai data *Colletotrichum* sp.. Hal ini disebabkan karena bentuk citra yang hampir mirip juga terdapat beberapa nilai ciri data *Curvularia* sp. tersebut berada pada sebaran *Colletotrichum* sp.. Pada data patogen *Fusarium* sp. semua data dapat teridentifikasi dengan benar.



Tabel 7. Confusion Matrix data patogen

|        |                   | Prediksi          |                |              |
|--------|-------------------|-------------------|----------------|--------------|
|        |                   | Colletotricum sp. | Curvularia sp. | Fusarium sp. |
| Aktual | Colletotricum sp. | 36                | 11             | 3            |
|        | Curvularia sp.    | 6                 | 44             | 0            |
|        | Fusarium sp.      | 0                 | 0              | 50           |

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengembangkan Teknik morfologi dalam mengidentifikasi patogen daun bibit Jabon menggunakan citra mikroskopis digital. Jenis patogen yang diidentifikasi yaitu *Colletotrichum* sp., *Curvularia* sp., dan *Fusarium* sp. Metode yang dilakukan meliputi akuisisi data, praproses, ekstraksi ciri morfologi (area, perimeter, convex area, convex perimeter, compactness, solidity, convexity dan roundness), klasifikasi dengan classifier PNN, analisis dan evaluasi hasil identifikasi. Dari hasil diketahui bahwa ciri compactness dan roundness dapat digunakan untuk membedakan jenis patogen dikarenakan pada ciri ini setiap kelas patogen dapat terpisah. Ciri solidity kurang dapat merepresentasikan jenis patogen, hal ini diakibatkan oleh jenis patogen *Colletotrichum* sp. dan *Curvularia* sp. yang nilai cirinya sangat rapat sehingga akan sulit untuk membedakan kedua patogen tersebut. Ciri convexity kurang dapat merepresentasikan jenis patogen, hal ini diakibatkan karena ketiga jenis pathogen memiliki sebaran data yang hampir sama sehingga akan sulit membedakan ketiga jenis patogen tersebut. Akurasi rata-rata yang diperoleh pada percobaan ini yaitu sebesar 86.8%. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan identifikasi citra mikroskopis digital tanpa cropping dan sistem yang dibuat dapat mengidentifikasi dengan baik patogen dari citra yang mengumpul. Dalam akuisisi data diharapkan data citra yang diperoleh bagus tidak blurring dan patogen tidak mengumpul, untuk meningkatkan hasil identifikasi dapat dilakukan dengan penambahan ciri lain seperti ciri tekstur atau penggabungan beberapa ciri seperti penggabungan ciri morfologi, tekstur atau warna yang dapat digunakan pada penelitian selanjutnya. Melakukan training dengan data yang banyak untuk setiap patogen dan diharapkan dapat memperoleh data citra pathogen jenis lain.

#### REFERENCES

- [1] H. Krisnawati, M. Kallio, and M. Kanninen, *Anthocephalus cadamba* Miq. Ecology, silviculture and productivity. Bogor (ID): Center for International Forestry Research, 2011. [Online]. Available: [http://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/Books/BKrisnawati1105.pdf](http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BKrisnawati1105.pdf)
- [2] F. I. Mulyana, D. Asmarahman C, Bertanam Jabon. Jakarta: Agro Media Pustaka, 2011.
- [3] Warisno and K. Dahana, *Peluang Investasi: Jabon Tanaman Kayu Masa Depan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2011.
- [4] A. AR, "Identifikasi dan patogenisitas cendawan penyebab primer penyakit mati pucuk pada bibit jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq)," Institut Pertanian Bogor, 2014.
- [5] E. N. Herliyana, *Biodiversitas dan Potensi Cendawan di Indonesia*No Title. Bogor (ID): IPB Pr., 2014.
- [6] T. Yudiarti, *Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2007.
- [7] E. Nina Herliyana and A. Putra, "Pengaruh Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan Bibit Jabon (*Anthocephalus cadamba* miq.) dan Ketahanannya terhadap Penyakit," *J. Silviculture Trop.*, vol. 3, no. 3, pp. 168–173, 2012.
- [8] I. Anggraeni, "Colletotrichum sp. penyebab penyakit bercak daun pada beberapa bibit tanaman hutan di persemaian," *Mitra Hutan Tanam.*, vol. 4, no. 1, pp. 29–35, 2009.
- [9] T. Watanabe, *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*. London: CRC Pr., 1994.
- [10] M. Purba, "Identifikasi fungi pada pembibitan jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq) di Sampali Medan," Universitas Sumatera Utara, 2013.
- [11] C. M. Alvarez-Ramos, E. Nino, and M. Santos, "Automatic classification of *Nosema* pathogenic agents through machine vision techniques and kernel-based vector machines," 2013 8th Comput. Colomb. Conf. 8CCC 2013, 2013, doi: 10.1109/ColombianCC.2013.6637516.
- [12] F. Scotti, "CIMSIA 2005-IEEE International Conference on Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications Automatic Morphological Analysis for Acute Leukemia Identification in Peripheral Blood Microscope Images," no. July, pp. 20–22, 2005, [Online]. Available: [http://piurilabs.di.unimi.it/Papers/cimsa\\_2005.pdf](http://piurilabs.di.unimi.it/Papers/cimsa_2005.pdf)
- [13] L. Putzu, G. Caocci, and C. Di Ruberto, "Leucocyte classification for leukaemia detection using image processing techniques," *Artif. Intell. Med.*, vol. 62, no. 3, pp. 179–191, 2014, doi: 10.1016/j.artmed.2014.09.002.
- [14] W. Ford, K. Xiang, W. Land, R. Congdon, Y. Li, and O. Sadik, "A multi-class probabilistic neural network for pathogen classification," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 20, pp. 348–353, 2013, doi: 10.1016/j.procs.2013.09.284.
- [15] P. Dwi, I. Azizah, P. Statistika, and U. I. Bandung, "Penerapan Probabilistic Neural Network pada Klasifikasi Berat Bayi Baru Lahir," vol. 1, pp. 152–159.
- [16] D. D. B. D. Tahun, R. D. Adyati, Y. N. Nasution, and S. Wahyuningsih, "KLASIFIKASI PROBABILISTIC NEURAL NETWORK ( PNN ) PADA DATA DIAGNOSA PENYAKIT DEMAM BERDARAH," pp. 15–21, 2019.
- [17] S. J. Siregar, A. I. Lubis, and E. F. Ginting, "Penerapan Neural Network Dalam Klasifikasi Citra Permainan Batu Kertas Gunting dengan Probabilistic Neural Network," vol. 3, no. 3, pp. 420–425, 2021, doi: 10.47065/bits.v3i3.1143.
- [18] I. Amalia, I. Mawardi, and M. Arhami, "Klasifikasi Citra Songket Aceh Menggunakan Metode Probabilistic Neural Network," vol. VIII, no. 3, pp. 6349–6357, 2023.
- [19] S. G. Wu, F. S. Bao, E. Y. Xu, Y. X. Wang, Y. F. Chang, and Q. L. Xiang, "A leaf recognition algorithm for plant classification



- using probabilistic neural network,” ISSPIT 2007 - 2007 IEEE Int. Symp. Signal Process. Inf. Technol., pp. 11–16, 2007, doi: 10.1109/ISSPIT.2007.4458016.
- [20] M. Saraswat and K. V. Arya, “Automated microscopic image analysis for leukocytes identification: A survey,” *Micron*, vol. 65, pp. 20–33, 2014, doi: 10.1016/j.micron.2014.04.001.
- [21] W. Burger and M. Burge, *Principles of Digital Image Processing-Core Algorithm*. London: Springer, 2009.
- [22] M. Yang, K. Kpalma, and J. Ronsin, “A survey of shape feature extraction techniques,” *IN-TECH*, pp. 43–90, 2008.
- [23] P. Tan, M. Steinbach, and V. Kumar, *Introduction to Data Mining*. New York: Addison Wesley, 2005.