

Penentuan Takaran Pupuk Nitrogen Tanaman Padi Menggunakan Metode Histogram BWD

Dian Megah Sari¹, Chairi Nur Insani², Adi Heri³, Nurhikma Arifin⁴

Fakultas Teknik

Universitas Sulawesi Barat

Majene, Indonesia

e-mail: ¹dianmegahsari@unsulbar.ac.id, ²chairini@unsulbar.ac.id, ³adiheri@unsulbar.ac.id,
⁴nurhikma_arifin@unsulbar.ac.id

Diajukan: 26 Agustus 2023; Direvisi: 10 Oktober 2023; Diterima: 14 Oktober 2023

Abstrak

Padi merupakan komoditas tanaman pangan yang sejak dulu menjadi penghidupan bagi masyarakat Indonesia, menjadi tanaman pangan prioritas utama dan dikonsumsi masyarakat dalam kesehariannya sehingga perlu dijaga kualitasnya. Salah satu yang menandakan bahwa tanaman padi itu memiliki kualitas yang baik adalah dengan melihat warna dari daun padi tersebut, dimana semakin hijau warna daun padi maka akan semakin baik pula kualitas dan kesehatan padi, untuk tetap menjaga kualitas tanaman padi maka diperlukan Pemberian pupuk, karena salah satu faktor utama yang dapat mempengaruhi kualitas padi menjadi semakin baik adalah dengan memberikan pupuk yang mengandung unsur hara dan dengan takaran yang seimbang. Untuk pemberian pupuk dengan takaran yang seimbang maka dibutuhkan pengawasan ataupun alat bantu ukur. Tujuan dari penelitian ini adalah membangun sebuah sistem untuk menentukan jumlah takaran pupuk nitrogen yang diukur berdasarkan warna daun pada tanaman padi. sistem dibangun menggunakan Bahasa Pemrograman Python dengan menerapkan Metode Histogram untuk mengimplementasi citra warna daun dari Bagan Warna Daun (BWD). Metode pengembangan sistem menggunakan metode prototype. Dalam metode prototipe, fokus utama adalah pada pembuatan prototipe awal yang dapat mensimulasikan fitur atau fungsi utama dari perangkat lunak yang akan dikembangkan.

Kata kunci: Metode histogram, Pupuk nitrogen, Tanaman padi.

Abstract

Rice is a food crop commodity that has long been a source of livelihood for Indonesian people, has become a top priority food crop and is consumed by people in their daily lives, so its quality needs to be maintained. One thing that indicates that the rice plant has good quality is to look at the color of the rice leaves, where the greener the color of the rice leaves, the better the quality and health of the rice. To maintain the quality of the rice plants, fertilizer is needed, because One of the main factors that can influence the quality of rice to improve is by providing fertilizer that contains nutrients and in balanced doses. To provide fertilizer in balanced doses, supervision or measuring tools are needed. The aim of this research is to build a system to determine the amount of nitrogen fertilizer measured based on the color of the leaves on rice plants. The system was built using the Python programming language by applying the Histogram Method to implement leaf color images from the Leaf Color Chart (BWD). The system development method uses the prototype method. In the prototyping method, the main focus is on creating an initial prototype that can include the main features or functions of the software to be developed.

Keywords: Histogram method, Nitrogen fertilizer, Rice plants.

1. Pendahuluan

Beras merupakan makanan pokok yang terkenal bagi masyarakat Indonesia termasuk di Kabupaten Polewali Mandar Provinsi Sulawesi Barat yang dimana sebagian besar masyarakatnya berprofesi sebagai petani, khususnya padi[1]. Padi merupakan komoditas tanaman pangan yang sejak dulu menjadi penghidupan bagi masyarakat Indonesia, budidaya padi nantinya akan menghasilkan beras yang

dikonsumsi menjadi bahan pangan prioritas utama masyarakat dalam kesehariannya. Dalam penelitian mengatakan bahwa padi merupakan tanaman yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat kurang lebih dari 90% dari keseluruhan Penduduk Indonesia[2]

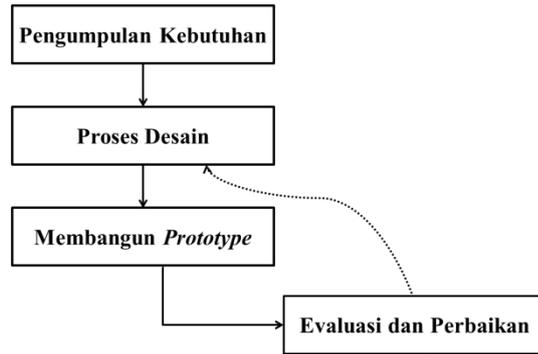
Takaran seimbang dari pemberian pupuk yang mengandung unsur hara dapat meningkatkan kualitas beras dan menghasilkan produksi yang tinggi. Nitrogen (N) adalah zat yang mengandung unsur hara paling penting untuk tanaman, jika kekurangan nitrogen (N) maka tanaman akan tumbuh kerdil, memiliki bulir buah yang sedikit, dan daunnya berwarna pucat. Sebaliknya tanaman yang berlebihan pada saat pemupukan nitrogen (N) akan menjadi subur, warna daunnya hijau tua, bulir buah yang dihasilkan banyak, namun tanaman lebih mudah rebah, dan lama masa panennya. Kekurangan unsur hara nitrogen tersebut menjadi hal yang penting untuk dipenuhi agar kualitas padi menjadi baik, akan tetapi pemberian pupuk yang tanpa pengawasan atau adanya alat ukur dapat memberikan kesalahan pada saat pemberian pupuk dikarenakan tanaman padi merupakan tanaman yang tumbuh secara berkelompok, sehingga pemberian pupuk dengan takaran yang tepat akan sangat berpengaruh dengan pertumbuhan dan kualitas dari tanaman, jika pemberian pupuk dengan takaran yang kurang akan berakibat daun pada tanaman tersebut menguning karena kekurangan klorofil dan pada proses lebih lanjut daun akan mengering dan rontok, tulang-tulang di bawah permukaan daun mudah akan tampak pucat, pertumbuhan tanaman lambat, kerdil, dan lemah. Akibatnya produksi bunga dan biji pun akan rendah. Sedangkan dalam takaran pupuk yang berlebihan maka tanaman padi mudah terserang hama penyakit selain mencemari air tanah[3].

Adapun beberapa penelitian yang membahas tentang Bagan Warna Daun (BWD) diantaranya Nurjannah, Dkk (2020) membuat sistem penentuan dosis kebutuhan pupuk nitrogen (N) untuk padi menggunakan Arduino Nano dan sensor TCS 3200, peran sensor sebagai *inputan* dari warna daun padi[4]. Sedo, Dkk (2019) mengidentifikasi takaran pupuk padi dari tingkat kehijauan daun menggunakan histogram RGB dan Fuzzy Logic berbasis android, hasil akurasi yang dihasilkan pada *smartphone* 8 MP sebesar 91,03%, sedangkan pada *smartphone* 5 MP mencapai 88,31% [5], Huy, Dkk (2019) A Rice Leaf Color Chart using Low-Cost Visible Spectro Sensor Inti dari perangkat ini adalah perangkat AS72626 *Channel Visible Spectral ID*. Alat ini menghasilkan dua panjang gelombang yaitu biru dan merah, yang dideteksi oleh spektrometer yang menunjukkan jumlah klorofil dalam daun[6]. Sari, Dkk (2020) Classification of Rice Leaf using Fuzzy Logic and Hue Saturation Value (HSV) to Determine Fertilizer Klasifikasi daun padi untuk menentukan dosis pemupukan dengan pengolahan citra daun padi menggunakan metode HSV[7]. Pradana (2021) Implementasi Histogram Warna RGB dan *Fuzzy C-Means* untuk Prediksi Kebutuhan Pupuk Nitrogen Tanaman Padi Klasifikasi daun padi untuk menentukan dosis pemupukan dengan pengolahan citra daun padi menggunakan metode HSV[8]. Mahanti, Dkk (2022) Comparison of artificial neural network and linear regression model for the leaf morphology of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) grown under different nitrogen fertilizer doses memiliki data *inputan* yang merupakan citra daun, kemudian dikonversi menjadi *binary image*. Hasil yang didapatkan ANN lebih akurat dengan nilai validasi masing-masing pada morfologi daun yaitu 0,97, 10,48 dan 7,92 daripada LRM [9]. Triyani, Dkk (2022) merancang suatu sistem yang dapat mengidentifikasi citra daun pada tanaman padi berdasarkan tingkat kehijauannya menggunakan metode RGB dan k-Nearest Neighbor (KNN) [10]. Rezende, Dkk (2023) Multispectral images for discrimination of sources and doses of fertilizer in coffee plants Menggabungkan kamera Mafir 3 Survey3W dan drone ARP-Phantom4 untuk mengambil gambar daun dari percobaan selama periode vegetatif 12 bulan. Menggunakan Algoritma *random forest* menghasilkan akurasi sebesar 86,66% [11].

Dari permasalahan tersebut maka dibangun sebuah sistem untuk memberikan informasi takaran Pupuk Nitrogen Tanaman Padi Menggunakan *Image Processing* dengan Metode Histogram Bagan Warna Daun (BWD). Penentuan takaran pupuk nitrogen pada tanaman padi ini dirancang untuk menentukan dosis kebutuhan pupuk nitrogen dengan mengambil citra Bagan Warna Daun (BWD) pada tanaman padi, sistem dibangun menggunakan Bahasa pemrograman *Python*, dan menerapkan metode histogram warna untuk mengimplementasi citra warna daun dari Bagan Warna Daun (BWD) tanaman padi. Dengan adanya sistem ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang takaran pupuk yang sesuai dan bisa dijadikan sebagai acuan dalam pemberian pupuk nitrogen dengan takaran yang seimbang sehingga mutu beras yang diproduksi bernilai baik dan bermutu.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini juga akan menggunakan metode pengembangan sistem *prototype* dengan menerapkan serangkaian tindakan untuk membuktikan suatu konsep tentang penentuan takaran pupuk nitrogen pada tanaman padi, berikut adalah langkah-langkah *prototype* menurut Ogedebe (2012)[12].



Gambar 1. Langkah-langkah *prototyping* (Ogedebe(2012))

Tahap Pengembangan system metode *prototype* menggambarkan pendekatan yang sistematis dan juga berurutan pada serangkaian penelitian. Metode pembuatan prototipe (*prototyping*) dimulai dengan mengumpulkan kebutuhan pelanggan terhadap perangkat lunak yang akan dikembangkan[13]. Kemudian Proses desain *prototipe* dibuat sebagai representasi dari aspek perangkat lunak dari sudut pengguna; ini mencakup *input*, proses dan format *output*. Selanjutnya adalah membangun *prototipe* sehingga pelanggan dapat memvisualisasikan dengan lebih baik apa yang sebenarnya pengguna inginkan. Langkah terakhir yaitu Prototipe program ini kemudian dievaluasi oleh pengguna sampai ditemukan spesifikasi yang sesuai dengan keinginan pengguna. Setelah keempat langkah *prototyping* dijalankan, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan atau perancangan produk yang sesungguhnya.

2.1 Mengidentifikasi kebutuhan pemakai

Pada tahap ini analisis sistem akan melakukan studi kelayakan dan studi terhadap kebutuhan pemakai, baik yang meliputi, data-data yang dibutuhkan. Identifikasi kebutuhan dilakukan dengan pengambilan citra yang akan digunakan dalam penelitian. Citra diperoleh dari lokasi penelitian yaitu sendana dan tubo sendana dengan mengambil atau mengumpulkan data-data citra tanaman padi yang berumur lebih dari 10 hari setelah tanam. Data citra yang diambil meliputi empat (4) kriteria yang dimana warna tersebut diperoleh dari hasil ekstraksi fitur warna dari alat BWD yang diperkenalkan oleh Kementerian Pertanian RI untuk *me-monitoring* kualitas tanaman. Bagan warna daun dapat memberikan petani padi gambaran mengenai kondisi tanaman padi mereka. Melalui warna daun, petani dapat mengetahui apakah tanaman padi mereka sehat atau tidak. Tanaman padi yang sehat biasanya memiliki daun berwarna hijau tua dan tidak terlalu banyak bercak-bercak coklat atau kuning. Sementara itu, tanaman padi yang tidak sehat biasanya memiliki daun yang berwarna pucat atau kuning, dan mungkin juga memiliki bercak-bercak coklat atau hitam yang menunjukkan adanya penyakit atau serangan hama[14]. Dengan menggunakan bagan warna daun, petani dapat mengambil tindakan yang tepat untuk merawat tanaman padi mereka, seperti memberikan pupuk atau obat-obatan yang diperlukan (Pertanian, 2007). Dalam penelitian ini BWD digunakan untuk memperoleh warna yang dijadikan sebagai patokan untuk penentuan pemberian pupuk pada tanaman padi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan[15]

Pembacaan BWD	Respon daun terhadap pupuk Urea			
	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
	Target Hasil (t/ha GKG)			
	5.00	6.00	7.00	8.00
Takaran Urea yang digunakan (kg/Ha)				
BWD ≤ 3	75	100	125	150
BWD = 3.5	50	75	100	125
BWD ≤ 4	0	50	50	50

Keterangan : Target yang dicapai pada kondisi unsur hara lain P dan K Tersedia optimum

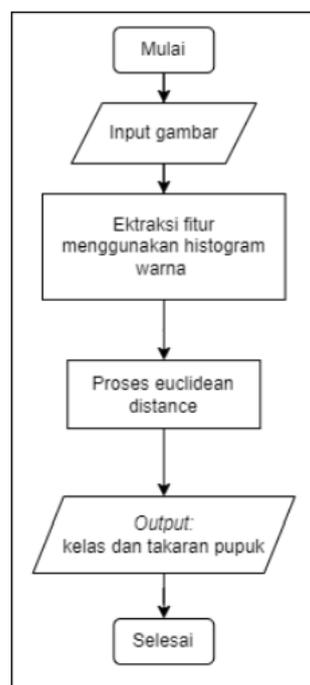
Gambar 2. Dosis pemberian pupuk nitrogen berdasarkan Bagan Warna Daun

Data pada gambar 2. merupakan data BWD yang memiliki karakteristik berupa citra digital berwarna dengan resolusi tertentu yang ditangkap dari tanaman padi pada kondisi yang telah ditentukan. Citra-citra ini kemudian diproses menggunakan metode histogram Bagan Warna Daun (BWD) untuk menghitung jumlah pupuk nitrogen yang dibutuhkan oleh tanaman padi. Karakteristik data tersebut dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi yang dapat membantu petani dalam menentukan jumlah pupuk nitrogen yang tepat untuk diberikan pada tanaman padi.

1) Proses desain

Desain diperlukan bertujuan untuk menentukan bagaimana sistem akan memenuhi tujuan pembuatan atau pengemabgan sistem. Perancangan sistem mencakup aktivitas perancangan yang keluarannya berupa spesifikasi sistem. Bagian dari desain sistem dapat berupa konsep desain antarmuka, proses dan data dengan tujuan untuk menciptakan spesifikasi sistem yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Desain sistem anntinya menghasilkan *prototype* paket software, yang mencakup tentang fitur menu yang mudah digunakan, tampilan *input* dan *output* sistem serta proses yang berjalan dalam sistem.

proses pembuatan system penentuan takaran pupuk tanaman padi menggunakan Bahasa pemograman Python, dimana penelitian ini menggunakan python 3.11 dengan code editor yang digunakan adalah pycharm. Berikut adalah tahapan proses yang akan digunakan dalam pembuatan sistem penentuan pupuk nitrogen pada tanaman padi.



Gambar 3. *Flowchart* system

Flowchart di atas akan menghitung histogram warna pada setiap gambar daun, kemudian menyimpannya dalam file teks bernama *bwd.hist*. File tersebut akan berisi matriks 4 x 256, di mana setiap baris mewakili histogram warna dari satu daun. Berikut penjelasan *flowchart* yang menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan aplikasi BWD untuk memberikan rekomendasi takaran pupuk:

1. Memulai aplikasi BWD untuk penentuan takaran pupuk nitrogen. Dimana pada tahapan ini pengguna aplikasi akan menjalankan aplikasi yang telah dibuat sebelumnya. Pada saat program dijalankan maka aplikasi akan langsung ke dalam menu *home* aplikasi atau tampilan awal.
2. Mengambil citra daun padi menggunakan perangkat pengambil gambar. Pada tahapan ini akan dilakukan proses untuk *input* gambar kedalam sistem, dimana pada saat aplikasi telah berjalan pengguna dapat memilih gambar yang ingin diujikan pada aplikasi.
3. Mengubah citra menjadi format yang dapat dianalisis menggunakan aplikasi. Pada tahapan ini dilakukan perubahan ukuran piksel dengan ketentuan yang telah ditetapkan sebelumnya yaitu 200 x 200 piksel.

Semakin kecil jarak yang dihasilkan, semakin mirip histogram BWD kedua citra tersebut, dan menunjukkan bahwa kesehatan tanaman padi yang diuji semakin baik sesuai dengan referensi. Berikut adalah contoh pengaplikasian rumus *euclidean distance* pada penelitian ini.

a) Diberikan dua histogram

Histogram BWD citra daun padi yang diuji: $hist_test = [t1, t2, t3, \dots, tn]$
 Histogram BWD referensi: $hist_reference = [r1, r2, r3, \dots, rn]$

Gambar 5. Menghitung Histogram BWD

b). Langkah-langkah untuk menghitung jarak Euclidean distance:

1. Hitung selisih kuadrat antara setiap elemen histogram diuji dan histogram referensi:
 Selisih kuadrat pertama: $(t1 - r1)^2$
 Selisih kuadrat kedua: $(t2 - r2)^2$
 ...
 Selisih kuadrat ke-n: $(tn - rn)^2$
2. Jumlahkan semua selisih kuadrat yang dihitung:
 Jumlah selisih kuadrat: $(t1 - r1)^2 + (t2 - r2)^2 + \dots + (tn - rn)^2$
3. Hitung akar kuadrat dari jumlah selisih kuadrat:
 Jarak Euclidean distance: $\sqrt{(t1 - r1)^2 + (t2 - r2)^2 + \dots + (tn - rn)^2}$

Gambar 6. Menghitung Jarak Euclidean Distance

Jarak *Euclidean distance* tersebut akan memberikan nilai yang menggambarkan seberapa berbedanya dua histogram BWD tersebut. Semakin kecil nilai jarak yang dihasilkan, semakin mirip kedua histogram tersebut.

8. Menentukan dosis pupuk nitrogen berdasarkan jarak yang dihasilkan. Misalnya, semakin dekat jaraknya dengan histogram BWD referensi, semakin baik kesehatan tanaman padi dan dosis pupuk nitrogen yang lebih rendah diperlukan. Penelitian ini penulis menggunakan 4 referensi atau rujukan warna yang diambil dari citra bagan warna daun (BWD).
9. Memberikan rekomendasi dosis pupuk nitrogen kepada petani berdasarkan hasil analisis. Pada tahapan ini aplikasi akan menghasilkan rekomendasi takaran pupuk berdasarkan referensi warna yang dihasilkan dari pengujian dengan data .bwd yang telah ada sebelumnya.
10. Mengakhiri aplikasi BWD untuk takaran pupuk nitrogen. Adapun 4 patokan warna yang digunakan diambil dari alat BWD yang kemudian dilakukan ekstraksi untuk memperoleh warna untuk setiap kategori untuk dijadikan sebagai model. Adapun warna BWD dapat dilihat pada gambar 7. Dibawah ini.



Gambar 7. BWD (Bagan Warna Daun)

Sedangkan untuk tahapan klasifikasi citra berdasarkan Bagan Warna Daun (BWD) menggunakan persamaan *eucliden distance*. *Euclidean distance* adalah sebuah metode untuk mengukur jarak antara dua titik dalam ruang berdimensi n , dengan rumus sebagai berikut:

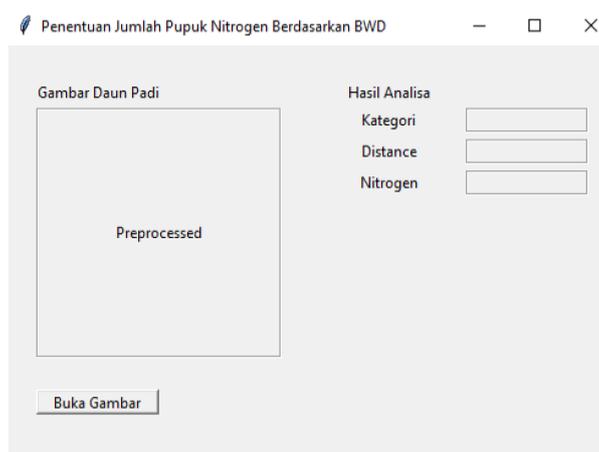
$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + \dots + (z_n - z_{n-1})^2} \dots \dots \quad (1)$$

dalam rumus tersebut, x_1, y_1, \dots, z_n adalah koordinat titik pertama, sedangkan x_2, y_2, \dots, z_n adalah koordinat titik kedua. Jarak Euclidean biasanya digunakan dalam klasifikasi objek atau pengelompokan data dengan mengukur jarak antara objek atau data yang diuji dengan objek atau data yang sudah diklasifikasikan sebelumnya. Semakin kecil jaraknya, semakin mirip kedua objek atau data tersebut dan semakin besar kemungkinan mereka termasuk dalam kelas yang sama.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian pada penentuan takaran pupuk nitrogen ini diperlihatkan bagaimana proses pengolahan datanya untuk di implementasikan menjadi satu sistem berbasis *image processing* penentuan takaran pupuk menggunakan metode histogram Bagan Warna Daun (BWD). Berikut adalah tampilan dari system yang telah dikembangkan

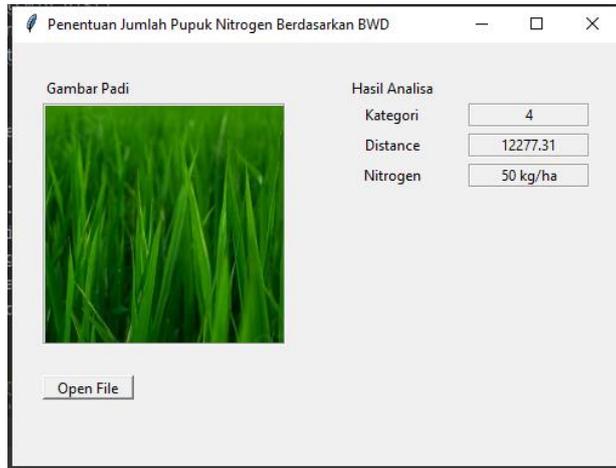
3.1. Tampilan Home



Gambar 8. Tampilan *home system*

Tampilan *home* adalah tampilan awal saat program dijalankan, dimana pada gambar 8. terlihat hasil saat program pertama kali dijalankan. Gambar tersebut juga memperlihatkan beberapa menu yang akan digunakan dalam mengoperasikan aplikasi. Di antaranya menu buka gambar, pada proses ini pengguna akan memasukkan citra yang telah diambil kemudian hasil dari *image processing*-nya akan tampil pada hasil analisisnya yang terdiri dari kategori atau level dari warna tanaman padi berdasarkan BWD (bagan warna daun), *distance* memberikan nilai yang menggambarkan seberapa besar tingkat akurasi dari dua histogram BWD. Semakin kecil nilai *distance* yang dihasilkan, maka semakin mirip kedua histogram tersebut, dan yang terakhir adalah nitrogen Menentukan dosis pupuk nitrogen berdasarkan *distance* yang dihasilkan. Misalnya, semakin dekat jaraknya dengan histogram BWD referensi, maka semakin baik tanaman padi tersebut dan dosis pupuk nitrogen yang dibutuhkan lebih rendah.

3.2. Tampilan Hasil Pengujian



Gambar 9. Padi untuk BWD level 4



Gambar 10. Tanaman padi untuk bagan warna daun level 3

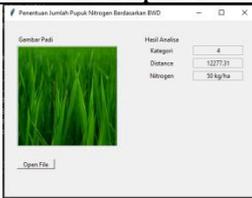


Gambar 11. Tanaman padi untuk bagan warna daun untuk level 2

Dimana pada saat pengujian sistem aplikasi harus terlebih dahulu menerima *input* berupa gambar, setelah itu maka secara otomatis aplikasi akan memproses hasil klasifikasi yang di mana dapat dilihat dari *output* hasil analisa berupa Kategori, *Distance*, dan kebutuhan nitrogen. Pengujian ini menghasilkan luaran aplikasi yang dapat membantu para petani untuk memberikan takaran pupuk yang diberikan pada tanaman padi berdasarkan warna daun yang telah dianalisa. Dari pengujian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa aplikasi sudah berjalan sesuai dengan diharapkan.

3.2.1. Pengujian Sistem

Tabel 1. Hasil Perbandingan Aplikasi dan Alat

No	Hasil Aplikasi	Data Actual	Data Prediksi	Validasi
1		4	4	Valid
2		3	3	Valid
3		4	4	Valid
4		4	4	Valid
5		1	3	Invalid
6		2	2	Valid
7		4	4	Valid

8		2	2	Valid
9		3	3	Valid
10		3	3	Valid
11		3	4	Invalid

Dari hasil pengujian sistem sesuai pada tabel pengujian 1 diatas maka diperoleh akurasi dari pengujian sebagai berikut:

$$\text{Akurasi pengujian} = \frac{\text{jumlah data yang prediksi benar}}{\text{banyak data}} \times 100\% \tag{2}$$

Sehingga akurasi yang dihasilkan yaitu;

$$\text{Akurasi pengujian} = \frac{10}{11} \times 100\% = 90,90\%$$

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode pengujian dengan menggunakan 26 dataset pengujian diantaranya 15 data latih dan 11 data uji yang dibandingkan dengan hasil pengujian menggunakan alat Bagan Warna Daun. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa metode histogram BWD dapat digunakan untuk menentukan jumlah pupuk nitrogen yang dibutuhkan oleh tanaman padi dengan akurasi yang cukup baik yaitu 90.90%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, disimpulkan bahwa aplikasi yang dikembangkan mampu memberikan hasil yang memadai dalam menentukan dosis pemberian pupuk nitrogen untuk tanaman padi. Dalam pengujian yang dilakukan sebanyak 11 kali dengan skema pengujian membandingkan hasil alat dan aplikasi serta melakukan pengujian terhadap takaran pupuk. Hasil pengujian aplikasi ini mencapai tingkat akurasi masing-masing sebesar 90,90%. Oleh karena itu, diharapkan aplikasi ini dapat membantu para petani dalam menentukan dosis pupuk yang tepat, sehingga hasil pertanian dapat meningkat ke depannya.

Daftar Pustaka

- [1] L. P. Indonesia, *Petunjuk Teknis Budidaya Padi Jajar Legowo Super*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2016.
- [2] C. V Donggulo, I. M. Lapanjang, and U. Made, "PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L) PADA BERBAGAI POLA JAJAR LEGOWO DAN JARAK TANAM Growth and Yield of Rice (*Oryza sativa* L.) under Different Jajar Legowo System and Planting Space," *J. Agrol.*, vol. 24, no. 1, pp. 27–35, 2017.
- [3] A. Makarim, I. Widiarta, S. Hendarsih, and S. Abrurachman, "Panduan Teknis Pengelolaan Hara dan Pengendalian Hama Penyakit Tanaman Padi Secara Terpadu," p. 37p, 2003.
- [4] Nurjannah, F. Faisal, and N. Afif, "Sistem Prediksi Takaran Pupuk Pada Tanaman Padi Berdasarkan Warna Daun Menggunakan Arduino Nano," *Agents*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [5] R. Sedo, P. Mudjirahardjo, and E. Yudaningsy, "Identifikasi Takaran Pupuk Nitrogen Berdasarkan Tingkat Kehijauan Daun Tanaman Padi Menggunakan Metode Histogram of s-RGB dan Fuzzy Logic," *J. EECCIS (Electrics, Electron. Commun. Control. Informatics, Syst.)*, vol. 13, no. 1, pp. 31–37, 2019.
- [6] L. Ercoli, M. Mariotti, A. Masoni, and F. Massantini, "Relationship between nitrogen and chlorophyll content and spectral properties in maize leaves," *Eur. J. Agron.*, vol. 2, no. 2, pp. 113–117, 1993.
- [7] Y. Sari, M. Alkaff, and M. Maulida, "Classification of Rice Leaf using Fuzzy Logic and Hue Saturation Value (HSV) to Determine Fertilizer Dosage," *2020 5th Int. Conf. Informatics Comput. ICIC 2020*, 2020.
- [8] Y. D. Pradana, D. Erwanto, and T. Handayani, "Implementasi Histogram Warna RGB dan Fuzzy C-Means untuk Prediksi Kebutuhan Pupuk Nitrogen Tanaman Padi," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 10, no. 2, pp. 1–12, 2021.
- [9] N. K. Mahanti, K. Upendar, and S. K. Chakraborty, "Comparison of artificial neural network and linear regression model for the leaf morphology of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) grown under different nitrogen fertilizer doses," *Smart Agric. Technol.*, vol. 2, no. April, p. 100058, 2022.
- [10] T. Online, Y. Triyani, and D. Kusuma, "Jurnal Politeknik Caltex Riau Aplikasi Penentuan Dosis Kebutuhan Pupuk Nitrogen Berdasarkan BWD Pada Tanaman Padi," vol. 8, no. 2, pp. 324–335, 2022.
- [11] C. I. P. Rezende, G. A. de Assis, G. D. Martins, F. J. Carvalho, M. H. R. Franco, and N. O. de Araújo, "Multispectral images for discrimination of sources and doses of fertilizer in coffee plants," *Rev. Ceres*, vol. 70, no. 3, pp. 54–63, 2023.
- [12] B. P. J. Peter M Ogedebe, "Software Prototyping: A Strategy to Use When User Lacks Data Processing Experience," *ARN J. Syst. Softw.*, vol. 2, no. 6, pp. 219–224, 2012.
- [13] D. Purnomo, "Model Prototyping Pada Pengembangan Sistem Informasi," *J I M P - J. Inform. Merdeka Pasuruan*, vol. 2, no. 2, pp. 54–61, 2017.
- [14] C. Hanum, *Teknik Budidaya Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.)*. 2008.
- [15] P. M. PERTANIAN and N. 40/Permentan/OT.140/4/2007, "REKOMENDASI PEMUPUKAN N, P, DAN K PADA PADI SAWAH SPESIFIK LOKASI," pp. 1–34, 2007.