

Analisis Kualitas Jagung Berbasis IoT dengan Penerapan Model SSD Mobilenet dan Histogram

Audy¹, Zaini²

Intisari—Jagung adalah salah satu bahan pangan pokok yang dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Dalam beberapa tahun terakhir, bahan pertanian makin terancam, sehingga produktivitas pangan makin sedikit, termasuk jagung. Selain peningkatan produktivitas jagung, harus diperhatikan juga peningkatan kualitas produk jagung tersebut. Hal tersebut perlu dilakukan agar jagung memiliki keunggulan kompetitif. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai hal-hal yang memengaruhi kualitas jagung, baik dari segi pertumbuhan tanaman jagung maupun segi kualitas fisik jagung. Penelitian dibagi dalam dua aspek, yaitu aspek pertumbuhan jagung yang baik dengan pemantauan berbasis *internet of things* (IoT) dan identifikasi jagung dengan pengolahan citra digital menggunakan model SSD Mobilenet. Penelitian pada pertumbuhan jagung mengacu pada dua macam penyakit jagung (hawa daun dan tongkol busuk) dengan memantau suhu udara, kelembapan udara untuk penyakit hawa daun, dan jarak antar tanaman jagung untuk penyakit tongkol busuk. Penelitian dilakukan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, sensor DHT11, sensor VL53L0X, dan ESP8266 untuk akses data ke *website* dengan komunikasi IoT. Klasifikasi jagung dibagi atas tiga jenis, yaitu normal, berjamur, dan busuk. Identifikasi kualitas jagung dengan pengolahan citra digital dilakukan menggunakan TensorFlow dengan model SSD Mobilenet dengan pemrograman Python pada Raspberry Pi, sebagai opsi utama dalam klasifikasi kualitas fisik jagung, dan identifikasi warna RGB jagung menggunakan Delphi 7 pada komputer sebagai opsi tambahan dalam klasifikasi fisik jagung. Jumlah sampel yang digunakan adalah 180 sampel biji jagung dengan pengujian sepuluh kali pada masing-masing tipe kualitas jagung. Didapatkan hasil yaitu pengenalan kualitas jagung normal sembilan kali benar, pengenalan kualitas jagung berjamur tujuh kali benar, dan pengenalan kualitas jagung busuk enam kali benar, dengan tingkat akurasi 73,3 %.

Kata Kunci— Arduino Uno, DHT11, VL53L0X, ESP8266, Model SSD Mobilenet, RGB.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris karena sebagian besar masyarakat mengandalkan hidup dari sektor pertanian. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, bahan pertanian makin terancam, sehingga produktivitas makin sedikit. Salah satu bahan pangan yang terancam produktivitasnya adalah jagung (*Zea mays L.*). Pada tahun 2016, total konsumsi jagung adalah 23,84 juta ton, sementara produksi jagung pada tahun tersebut sebesar 23,58 juta ton [1]. Data tersebut menunjukkan bahwa

Indonesia mengalami defisit jagung sebesar 0,26 juta ton. Defisit jagung ini juga dialami pada tahun-tahun sebelumnya.

Selain peningkatan produktivitas jagung, harus diperhatikan pula peningkatan kualitas produk jagung tersebut. Hal tersebut perlu dilakukan agar komoditas jagung memiliki keunggulan kompetitif. Namun, permasalahan kualitas jagung sampai saat ini masih menjadi suatu persoalan. Makalah ini mengambil dua aspek yang diteliti, yaitu kualitas tanaman jagung ketika masa pertumbuhan, dengan komunikasi berbasis *internet of things* (IoT), dan kualitas jagung yang diidentifikasi dengan *computer vision*. Hal tersebut dapat memudahkan pekerjaan petani jagung dalam pemantauan tanaman jagung selama masa pertumbuhan dan jagung setelah panen.

Pada masa pertumbuhan jagung, terdapat dua permasalahan yang umum terjadi. Yang pertama adalah hawa daun pada tanaman jagung, yang memiliki ciri-ciri berupa bercak kebasahan pada daun tua yang dapat menginfeksi daun muda. Penyebab hawa daun adalah tanaman jagung terinfeksi jamur *H. Turcicum*. Jamur ini dapat bertahan hidup sampai satu tahun. Jamur ini mudah berkembang pada daerah yang lembab. Oleh karena itu, penyakit ini sering muncul ketika musim hujan dan di daerah dengan kelembapan udara yang sangat tinggi. Jamur ini dapat disebarkan oleh angin. Oleh sebab itu, biasanya jamur ini menyerang dedaunan dan kemudian batang jagung [2]. Permasalahan kedua dalam pertumbuhan jagung adalah tongkol busuk, yang memiliki gejala berupa pembusukan pada tongkol jagung, sehingga menyebabkan gagal panen. Penyebab tongkol busuk ini adalah infeksi jamur *Fusarium moniliforme*. Penyakit ini disebabkan oleh penanaman jagung yang terlalu rapat. Jamur pada penyakit tongkol busuk ini juga berkembang pesat pada tempat dengan kelembapan udara yang sangat tinggi jika varietas tanah penanaman sebelumnya pernah terkena penyakit tongkol busuk [3].

Dari hasil survei kepada beberapa petani jagung, diketahui bahwa kebanyakan petani jagung menggunakan bibit unggul dalam penanaman jagung agar tanaman jagung tetap sehat. Penelitian ini dilakukan pada lahan jagung yang tidak menggunakan bibit unggul pada daerah normal, daerah yang sering mengalami hujan, dan lahan perumahan untuk pengujian terkait penyakit tongkol busuk. Oleh karena itu, dibuat alternatif dengan memantau suhu udara, kelembapan udara, dan jarak antar tanaman jagung menggunakan mikrokontroler Arduino, sensor DHT11 dan sensor VL53L0X yang berbasis IoT. IoT adalah sebuah konsep yang bertujuan memperluas manfaat konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Konsep IoT ini sendiri termasuk sederhana, yaitu memiliki tiga komponen utama: barang fisik dengan modul IoT, perangkat koneksi ke internet, dan *cloud data* untuk menyimpan basis data. Pada alat pemantauan pertumbuhan jagung, yang berperan sebagai barang fisik adalah modul Arduino beserta sensor; perangkat penghubung modul dengan jaringan internet adalah modul ESP8266; sedangkan *cloud data*

^{1,2} Program Studi Magister, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Limau Manis, Pauh, Padang, Sumatra Barat 25163 Indonesia (telp : +62-751-71181 ; fax : +62-751-71085; e-mail: ¹audybudisantosa@gmail.com, ²zzaini21@gmail.com)

[Diterima: 20 November 2021, Revisi: 25 Februari 2022]

TABEL I
DEFINISI PENYAKIT JAGUNG

Penyakit	Definisi	Penyebab
Hawar daun	Bercak kebasahan pada daun yang tua dan menyebabkan daun tanaman jagung mengering.	Kelembapan udara yang sangat tinggi.
Tongkol busuk	Tanaman jagung yang terinfeksi dengan gejala awal pembusukan tongkol pada tanaman jagung dan biji jagung pada jagung berjarak.	Penanaman yang terlalu rapat.

menyimpan basis data menggunakan 000webhost. Pemantauan pertumbuhan jagung akan tampil pada *website* secara *real time* [4]. Penggunaan komunikasi IoT ini dapat memudahkan pekerjaan petani jagung, yaitu tidak perlu memantau kondisi lahan jagung secara langsung, tetapi dapat dilakukan di rumah atau tempat lainnya.

Pengolahan citra digital merupakan salah satu alternatif yang digunakan dalam pengujian kualitas jagung tanpa merusak sampel (objek). Dengan penggunaan teknologi ini, kualitas jagung dapat ditentukan dengan cepat, murah, dengan tingkat ketelitian yang dapat dipercaya. Penggunaan teknologi pengolahan citra untuk mengidentifikasi kualitas fisik jagung dapat memberikan akurasi hingga 95% [5].

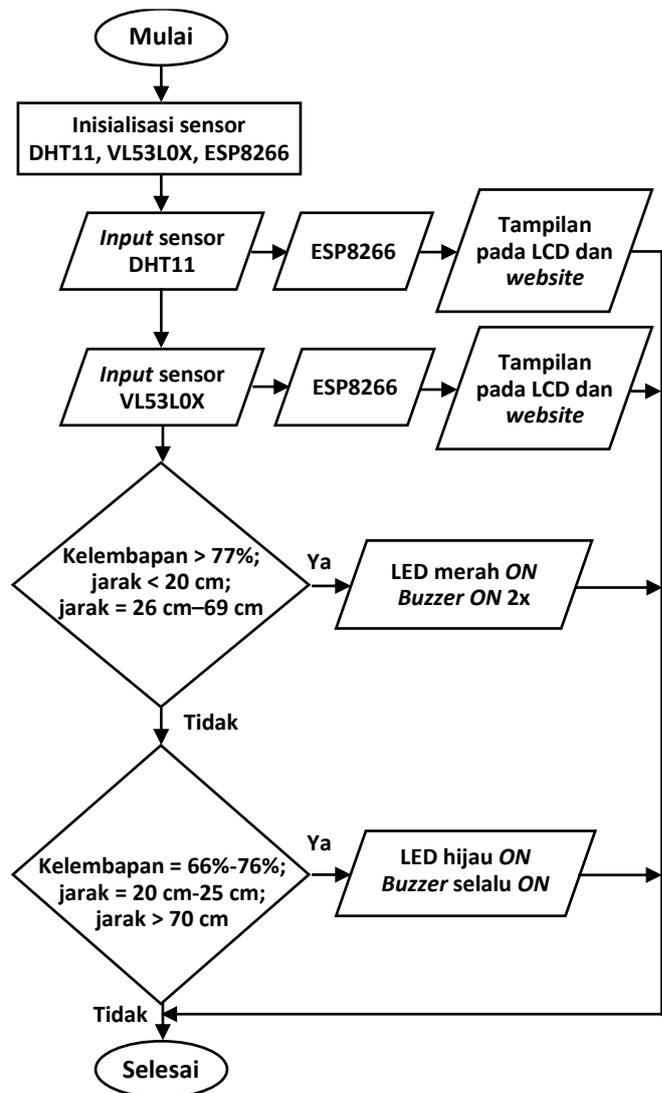
Convolutional neural network (CNN) merupakan metode pada *machine learning* yang dikembangkan dari *multi layer perceptron* (MLP) yang dirancang untuk memproses data dua dimensi. CNN merupakan salah satu jenis algoritme *deep learning* yang dapat menerima masukan berupa gambar, menentukan aspek atau objek dalam sebuah gambar yang dapat digunakan mesin untuk mengenali gambar, dan membedakan satu gambar dengan yang lainnya [6]. Pemodelan sistem yang digunakan adalah model *single shot detector* (SSD) Mobilenet, yang merupakan salah satu arsitektur CNN. Proses pelatihan (*training*) pada jaringan saraf ini merupakan tahapan saat jaringan saraf dilatih untuk memperoleh akurasi yang tinggi dari klasifikasi yang dilakukan. Tahapan ini terdiri atas proses *feed forward* dan proses *backpropagation* [7].

Makalah ini bertujuan memaparkan analisis hal-hal yang memengaruhi kualitas jagung, dilihat dari segi pertumbuhan tanaman jagung dan segi fisik hasil panen jagung. Dari segi pertumbuhan tanaman jagung, dilakukan penelitian berupa pemantauan pertumbuhan tanaman jagung berdasarkan dua macam penyakit jagung, yaitu hawar daun dan tongkol busuk, yang dikomunikasikan secara IoT. Dari segi fisik hasil panen jagung, dilakukan penelitian menggunakan pengolahan citra digital, yaitu menggunakan model SSD Mobilenet untuk mengklasifikasikan kualitas jagung dan menganalisis perbedaan indeks warna RGB yang berperan sebagai opsi tambahan dalam klasifikasi kualitas jagung. Tabel I menunjukkan definisi penyakit jagung yang diteliti dari segi jenis penyakit jagung, ciri-ciri fisik penyakit jagung, dan penyebab penyakit jagung [8].

II. METODOLOGI

A. Pertumbuhan Tanaman Jagung

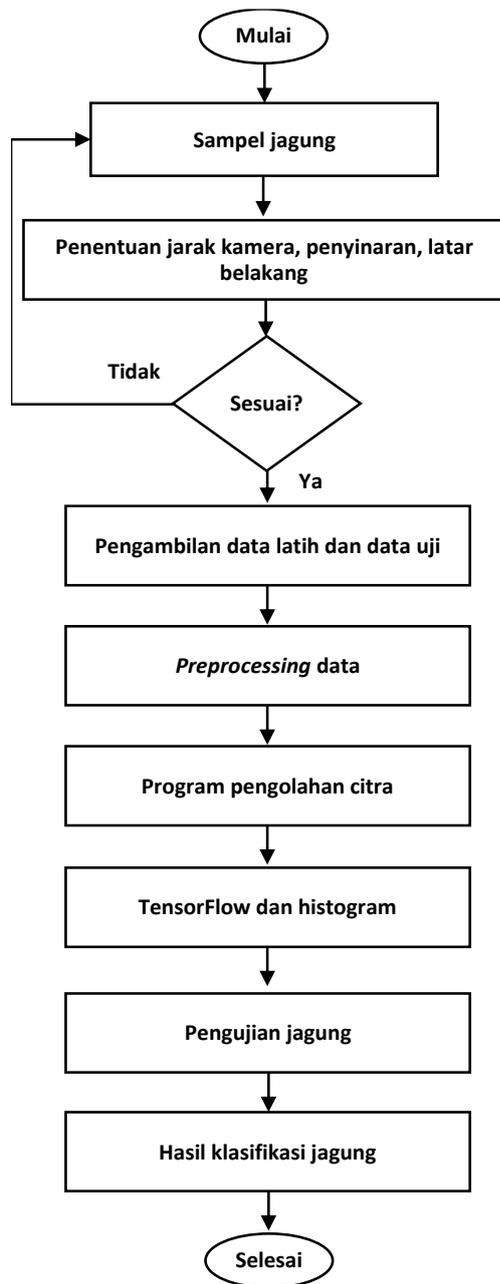
Penelitian ini memantau pertumbuhan jagung, berkaitan dengan penyakit hawar daun dan tongkol busuk. Fokus utama



Gbr. 1 Diagram alir kerja alat pemantauan pertumbuhan jagung.

pemantauan adalah pada suhu udara, kelembapan udara, dan jarak antar tanaman jagung. Data tersebut akan ditampilkan melalui LCD pada alat dan dapat diakses pada *website* sebagai komunikasi berbasis IoT. Sistem yang dibuat menggunakan LED dan *buzzer* untuk notifikasi kondisi dalam penanaman dan pertumbuhan jagung di lahan jagung serta dapat diakses melalui *website*. Alur kerja alat pemantauan pertumbuhan jagung dijabarkan pada Gbr. 1.

Seperti terlihat pada Gbr. 1, pemrograman dilakukan menggunakan aplikasi pemrograman Arduino. Pembacaan suhu dan kelembapan udara dilakukan menggunakan sensor DHT11 dan pembacaan jarak antar tanaman jagung menggunakan sensor VL53L0X, dengan komunikasi berbasis IoT. Komunikasi IoT digunakan untuk memudahkan pekerjaan petani jagung dalam memantau kondisi lahan jagung dari jarak jauh. Namun, dalam penelitian ini komunikasi IoT hanya berperan dalam pemantauan pertumbuhan jagung. Pemantauan dapat dilakukan melalui suatu *website* yang telah dirancang tanpa ada pengontrolan terkait kondisi pertumbuhan jagung. Data berupa kelembapan udara, suhu udara, dan jarak antar



Gbr. 2 Diagram alir pengolahan citra digital jagung.

tanaman merupakan data yang tampil pada *website* yang telah dirancang. Keterangan kondisi lahan jagung yang tampil pada halaman web didapatkan dari analisis selama pengamatan berlangsung dan studi literatur yang telah dilakukan. Pada alat pemantauan pertumbuhan jagung dengan komunikasi IoT, modul arduino dihubungkan dengan jaringan internet menggunakan modul ESP8266, sedangkan desain halaman web dirancang pada situs 000webhost dengan *main tool* berupa *index.php* dan *log.php* [9]. Selain tampilan pada *website*, keluaran alat pemantauan ini adalah tampilan pada LCD, LED, dan *buzzer*. LED kuning akan menyala jika Arduino telah terhubung dengan internet. LED merah menyala ketika suhu dan kelembapan udara tidak sesuai, sedangkan LED hijau menyala ketika suhu dan kelembapan udara sesuai. *Buzzer*

dikhususkan untuk keluaran jarak antar tanaman. Jika jarak antar tanaman aman, *buzzer* akan berbunyi dua kali, dan jika jarak antar tanaman tidak aman, *buzzer* akan selalu berbunyi.

B. Pengidentifikasian Kualitas Jagung dengan Pengolahan Citra Digital

Metodologi penelitian pada kualitas jagung dijabarkan dalam Gbr. 2. Terlihat bahwa penelitian terdiri atas beberapa tahap sebagai berikut.

1) *Sampel Jagung*: Sampel jagung yang digunakan terdiri atas tiga jenis kualitas jagung, yaitu biji normal, biji berjamur, dan biji busuk, dengan jumlah sampel enam puluh biji jagung normal, enam puluh biji jagung berjamur, dan enam puluh biji jagung busuk. Jumlah data latih sebesar 80% dan data uji sebesar 20% dari keseluruhan sampel. Pengujian data baru menggunakan tiga jenis kualitas jagung sebanyak tiga puluh tongkol.

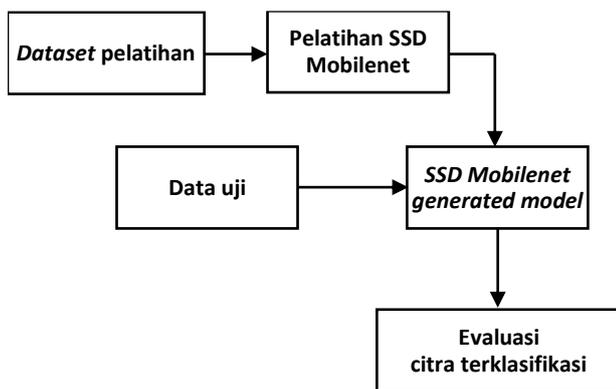
2) *Penentuan Jarak Kamera, Penyinaran, Latar Belakang*: Pada tahap ini, ditentukan jarak kamera, penyinaran, dan latar belakang yang akan menghasilkan data latih dan data uji yang selanjutnya diolah oleh pemrograman Python Raspberry Pi dengan *library open source* TensorFlow menggunakan model SSD Mobilenet. Kemudian, dilihat tingkat akurasi/kemiripan data tersebut dengan pengujian akhir menggunakan tongkol jagung. Data latih dan data uji yang telah dihasilkan akan masuk ke tahap *preprocessing data*, sesuai kualitas biji jagung yang telah ditentukan.

3) *Data Training dan Data Uji*: Proses pengambilan data latih dan data uji ini merupakan proses pelatihan berupa pengambilan sampel kualitas biji jagung yang dibagi atas tiga kategori, yaitu biji jagung normal, biji jagung berjamur, dan biji jagung busuk. Selanjutnya, dilakukan ekstraksi fitur-fitur utama pada masing-masing tipe kualitas biji jagung.

4) *Preprocessing Data*: Tahap ini adalah tahap penting dalam pengambilan data. Data yang digunakan pada proses pengambilan data tidak selalu dalam kondisi yang baik untuk diproses. Terdapat kendala seperti format data yang tidak sesuai dengan sistem, *outliers*, ataupun *missing value*. *Preprocessing data* merupakan salah satu tahapan untuk menghilangkan permasalahan tersebut. Tahapan pada *preprocessing data* ini adalah pelabelan citra, konversi data XML ke CSV, konversi CSV ke *TF record*, dan *map labeling*.

5) *Pemrograman Pengolahan Citra Digital*: Pada tahap ini, terdapat dua jenis aplikasi pemrograman pengolahan citra digital. Aplikasi pemrograman pertama adalah pemrograman Python pada Raspberry Pi dengan TensorFlow menggunakan model SSD Mobilenet untuk menampilkan kualitas jagung secara *real time*. Aplikasi pemrograman yang kedua yaitu Delphi 7 untuk menampilkan analisis histogram pada masing-masing kualitas jagung, yang berperan sebagai opsi tambahan pengenalan kualitas jagung.

Pemrograman Python di Raspberry Pi menggunakan TensorFlow. TensorFlow adalah *library open source* untuk membangun dan melatih jaringan neural, yang memungkinkan pendeteksian pola dan korelasi, serupa dengan pembelajaran



Gbr. 3 Alur deteksi kualitas jagung menggunakan TensorFlow dengan model SSD Mobilenet.

dan penalaran yang digunakan oleh manusia. Tujuan TensorFlow dibuat adalah untuk riset, pengodean, dan pengembangan pembelajaran mesin. *Library* ini dapat digunakan pada berbagai bahasa pemrograman, seperti Python, Java, dan C++ [10]. Desain dalam pemrograman pada TensorFlow menggunakan algoritme *deep learning*, sedangkan model SSD Mobilenet digunakan untuk pengolahan citra dalam pengklasifikasian jagung. SSD Mobilenet merupakan salah satu arsitektur CNN. Hal yang membedakan SSD Mobilenet ini dengan CNN adalah penggunaan lapisan konvolusi yang sesuai dengan ketebalan filter, berdasarkan ketebalan dari citra masukan [11].

Tahapan klasifikasi kualitas jagung dengan pemrograman Python menggunakan TensorFlow dengan model SSD dijabarkan pada Gbr. 3. Dataset pelatihan terdiri atas 80% data latih dan 20% data uji (dari jumlah seluruh sampel) yang sudah diberi label klasifikasi kualitas jagung.

Setelah tahap *preprocessing* data, dilakukan pelatihan SSD Mobilenet. Pada tahap ini, citra diolah dengan model SSD yang terdiri atas proses konvolusi, fungsi aktivasi, dan *pooling*. Proses konvolusi dilakukan sebanyak enam kali dengan lapisan konvolusi sebesar 3×3 , sedangkan ukuran *pooling* yang digunakan sebesar 2×2 . *Pooling* dilakukan sebanyak dua kali, yaitu setelah tiga proses konvolusi pertama dan tiga proses konvolusi kedua. Hal ini dilakukan agar ukuran masukan tidak berkurang secara drastis di setiap proses yang dilakukan. Sementara itu, fungsi aktivasi berfungsi untuk mempercepat proses pelatihan.

Pada tahap *SSD Mobilenet generated model*, model yang dihasilkan SSD disimpan untuk memuat data yang telah dipertimbangkan. Model SSD kemudian dapat digunakan kapan saja dengan data baru untuk mengevaluasi persentase keakuratan/kemiripan model. Arsitektur SSD Mobilenet yang lengkap untuk klasifikasi kualitas jagung menambah satu lapisan jaringan koneksi penuh ke arsitektur pelatihan.

Pada tahap uji data, setelah model SSD Mobilenet dihasilkan, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap model tersebut dengan cara menguji atau mengevaluasi model yang telah dilatih. Pengujian menggunakan tiga puluh tongkol jagung dengan berbagai kualitas. Penelitian ini menggunakan parameter pelatihan yang sama, yaitu nilai maksimum *epoch* adalah 100 dan ukuran *mini batch* adalah 6. Pengaturan lapisan

convolution2d menggunakan ukuran panjang dan lebar *filter*2 dan *maxpooling2d layer* ukuran 2×2 . Data percobaan merupakan set dari citra jagung. Data ini merupakan masukan bagi model yang dihasilkan SSD Mobilenet untuk memprediksi tingkat akurasi pada citra yang mendekati kemiripan citra jagung.

Pada tahap terakhir, evaluasi citra dilakukan dengan membandingkan nilai akurasi/kemiripan *dataset* dengan data baru (video), yang keluarannya menampilkan tingkat akurasi/kemiripan dalam bentuk persentase, yang merupakan perbandingan nilai akurasi dengan konsentrasi penambahan jumlah lapisan pada arsitektur SSD Mobilenet. Penambahan ini tidak mengubah nilai parameter yang telah ditentukan sebelumnya, seperti nilai *epoch* dan *learning rate*. Nilai akurasi didapatkan dari penjumlahan akurasi setiap lapisan konvolusi. Pada penelitian ini, digunakan enam lapisan konvolusi, sehingga setelah lapisan keenam merupakan rata-rata dari nilai akurasi setiap lapisan. Data latih dan data uji berupa biji jagung, sedangkan data pengujian terakhir berupa tongkol jagung.

Pemrograman Delphi 7 dilakukan untuk menganalisis histogram pada kualitas jagung. Pada bagian ini, analisis indeks RGB pada gambar kualitas jagung menampilkan diagram yang menggambarkan distribusi frekuensi nilai intensitas piksel dalam suatu citra. Ekstraksi fitur histogram pada penelitian ini merupakan opsi tambahan untuk pengenalan kualitas jagung. Proses ini dilakukan dengan mengekstraksi nilai rerata (*mean*) dan nilai simpangan baku (*standard deviation*) tiap nilai indeks RGB, sehingga diperoleh tiga nilai rerata dan tiga nilai simpangan baku untuk masing-masing citra [12]. Nilai-nilai tersebut diperoleh dari *toolbox* Delphi 7. Makin tinggi indeks warnanya, makin terang citra tersebut. Demikian pula sebaliknya, makin kecil nilai indeks warnanya, makin gelap citra tersebut [13]. Nilai rerata menunjukkan intensitas rata-rata tiap indeks RGB, sedangkan nilai simpangan baku menunjukkan penyimpangan maksimum dari nilai intensitas rata-rata tiap indeks warna RGB. Rerata dan simpangan baku dihitung menggunakan (1) dan (2).

$$\mu = \frac{\sum X}{N} \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \mu)^2}{N}} \quad (2)$$

dengan σ adalah simpangan baku, Σ adalah simbol operasi penjumlahan, μ adalah nilai rerata, X adalah nilai setiap data, dan N adalah jumlah total data [14].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemantauan Pertumbuhan Tanaman Jagung

Pada bagian ini, nilai yang telah dibaca oleh sensor DHT11 dan sensor VL53L0X akan dibaca menggunakan pemrograman Arduino. Data yang telah dibaca oleh sensor tersebut akan ditampilkan pada LCD dan *website*, menggunakan ESP8266 untuk menghubungkan alat dengan jaringan internet.

Pada pengambilan data penyakit hawar daun, terdapat dua daerah sebagai objek penelitian, yaitu daerah normal, yang berada di Tilatang Kamang, Kabupaten Agam, Sumatra Barat,

TABEL II
DATA BACA SENSOR DHT11 DAN SENSOR VL53L0X

Hari Setelah Tanam (hari)	Suhu Rata-Rata Udara (°C)	Kelembapan Rata-Rata Udara (%)	Jarak Rata-Rata 1 (cm)	Jarak Rata-Rata 2 (cm)
1-10	27,39	70,56	25,36	75,87
11-20	26,46	74,34	25,05	75,90
21-30	28,28	66,43	25,66	75,40
31-40	28,08	67,27	24,02	74,84
41-50	29,70	62,93	24,05	74,83
51-60	28,45	62,83	23,30	73,66
61-70	29,21	65,73	23,40	72,07
71-80	29,13	62,47	21,10	72,30
81-90	28,47	64,73	21,62	72,45
91-100	26,75	64,20	21,40	72,05

dan daerah yang sering mengalami hujan, yaitu Padang Panjang, Sumatra Barat. Untuk penyakit tongkol busuk, pengambilan data dilakukan pada lahan perumahan, yaitu di Tambuo, Tiltang Kamang, Sumatra Barat, dengan jarak penanaman yang rapat; dan pada daerah sebelumnya (daerah normal dan sering hujan), dengan jarak penanaman yang baik. Suhu udara yang dikehendaki untuk tanaman jagung tumbuh adalah 21 °C hingga 34 °C dengan kelembapan udara 60% hingga 76%. Sementara itu, suhu udara yang dikehendaki oleh jamur untuk tumbuh adalah 18 °C hingga 27 °C dengan kelembapan udara di atas 77%. Jagung sebaiknya ditanam dengan jarak 75 cm × 25 cm.

1) *Daerah Normal*: Tabel II menyajikan data penelitian yang diambil di daerah normal. Berdasarkan Tabel II, suhu rata-rata lahan jagung di daerah normal, selama penelitian dari bulan Maret sampai Juni 2021, berkisar antara 26,46 °C sampai 29,7 °C. Suhu rata-rata tertinggi terjadi pada sepuluh hari kelima, yaitu ketika tanaman berumur 41–50 hari, sebesar 29,7 °C. Suhu rata-rata terendah terjadi pada sepuluh hari kedua, yaitu pada saat tanaman berumur 11–20 hari, sebesar 26,46 °C. Kisaran suhu tersebut merupakan kisaran suhu yang optimal bagi pertumbuhan tanaman jagung. Kelembapan rata-rata selama penelitian berkisar antara 62,47% sampai 74,34%. Kelembapan rata-rata tertinggi terjadi pada sepuluh hari kedua, yaitu pada saat tanaman berumur 11–20 hari, yang disebabkan seringnya hujan. Kelembapan rata-rata terendah terjadi pada sepuluh hari kedelapan, yaitu saat musim kemarau mulai dan hujan jarang terjadi, sehingga kelembapan udara menurun. Pada kisaran kelembapan udara tersebut, jamur sulit berkembang.

Pada penanaman jagung, jagung ditanam dengan jarak 75 cm × 25 cm. Pemantauan dilakukan selama seratus hari dan data dirata-rata tiap sepuluh hari. Jarak antar tanaman mengalami perubahan seiring dengan pertumbuhan batang jagung. Berdasarkan Tabel II, selama seratus hari tersebut tanaman jagung berada pada jarak yang baik, yaitu 21 cm sampai 25 cm dan 70 cm sampai 75 cm. Pada pengamatan di daerah normal dengan penanaman jagung menggunakan bibit jagung tidak unggul, tanaman jagung tidak mengalami penyakit hawar daun dan tongkol busuk.

TABEL III
DATA BACA SENSOR DHT11 DAN SENSOR VL53L0X

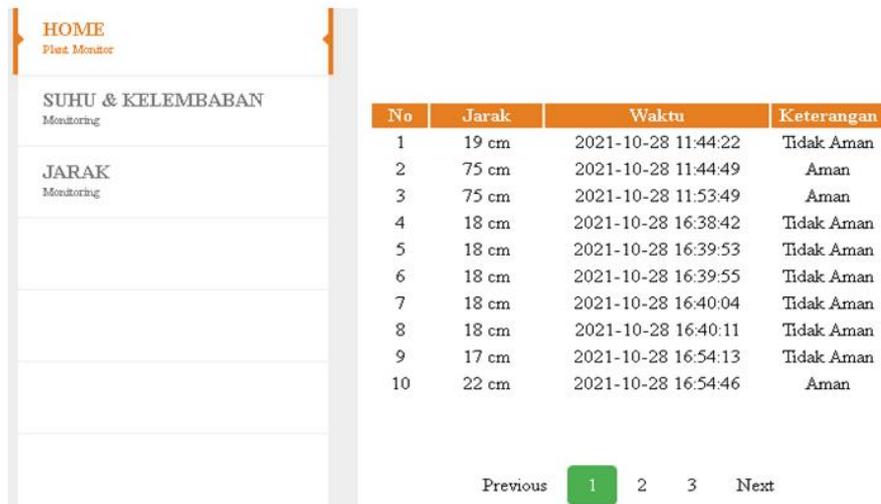
Hari Setelah Tanam (hari)	Suhu Rata-Rata Udara (°C)	Kelembapan Rata-Rata Udara (%)	Jarak Rata-Rata 1 (cm)	Jarak Rata-Rata 2 (cm)
1-10	24,21	83,34	25,04	75,86
11-20	21,23	95,22	25,12	75,67
21-30	25,09	87,45	25,87	75,21
31-40	26,67	83,31	25,02	75,09
41-50	26,54	87,21	24,17	75,63
51-60	25,42	89,78	24,90	74,06
61-70	24,19	90,20	23,66	74,98
71-80	24,20	94,67	23,10	73,20
81-90	24,51	88,80	22,62	71,09
91-100	21,89	91,20	22,89	71,56

2) *Daerah yang Sering Mengalami Hujan*: Tabel III menunjukkan data penelitian yang diambil di daerah yang sering mengalami hujan. Berdasarkan Tabel III, suhu rata-rata di daerah yang sering hujan, selama penelitian dari bulan Maret sampai Juni 2021, berkisar antara 21,23°C hingga 26,67°C. Suhu rata-rata tertinggi terjadi pada sepuluh hari keempat, yaitu tanaman berumur 41–50 hari, sebesar 26,67 °C. Suhu rata-rata terendah terjadi pada sepuluh hari keempat, yaitu pada saat tanaman berumur 11–20 hari, sebesar 21,23 °C. Kisaran suhu tersebut merupakan kisaran suhu yang optimal bagi pertumbuhan tanaman jagung dan berkembangnya jamur. Kelembapan rata-rata selama penelitian berkisar antara 83,31% sampai 95,22%. Kelembapan rata-rata tertinggi terjadi pada sepuluh hari kedua, yaitu pada saat tanaman berumur 11–20 hari. Hal ini disebabkan seringnya hujan secara berturut-turut. Kelembapan rata-rata terendah terjadi pada sepuluh hari keempat, 31–40 hari, yaitu 83,31%. Pada kisaran kelembapan udara tersebut, jamur dapat berkembang dengan baik. Pada hari ke-43, pada daun jagung muncul bercak kuning sebagai tahap awal penyakit hawar daun. Pada hari ke-60, daun tanaman jagung bagian bawah sudah menguning dan bercak kuning pada batang jagung sudah tampak.

Pada penanaman jagung, jagung ditanam dengan jarak 75 cm × 25 cm. Berdasarkan Tabel III, pemantauan dilakukan selama seratus hari dan data dirata-rata tiap sepuluh hari. Jarak antara tanaman jagung mengalami perubahan seiring dengan pertumbuhan batang jagung. Pada pengamatan selama seratus hari tersebut, tanaman jagung berada pada jarak yang baik, yaitu 21 cm sampai 25 cm dan 70 cm sampai 75 cm. Pada pengamatan di daerah yang sering mengalami hujan dengan penanaman jagung menggunakan bibit jagung tidak unggul, tanaman jagung menunjukkan tanda awal hawar daun, yaitu berupa bintik kuning, ketika umur jagung 1 bulan (hari ke-43) dan tidak mengalami tongkol busuk karena jarak penanaman jagung yang diatur sebesar 75 cm × 25 cm.

3) *Penanaman pada Lahan Perumahan*: Tabel IV menyajikan data penelitian di lahan perumahan untuk pemantauan jarak antar jagung. Pada pengamatan penyakit tongkol busuk dengan penanaman tidak menggunakan bibit unggul, dilakukan penanaman pada lahan perumahan dengan

Plant monitoring | Audy | 2020952005



No	Jarak	Waktu	Keterangan
1	19 cm	2021-10-28 11:44:22	Tidak Aman
2	75 cm	2021-10-28 11:44:49	Aman
3	75 cm	2021-10-28 11:53:49	Aman
4	18 cm	2021-10-28 16:38:42	Tidak Aman
5	18 cm	2021-10-28 16:39:53	Tidak Aman
6	18 cm	2021-10-28 16:39:55	Tidak Aman
7	18 cm	2021-10-28 16:40:04	Tidak Aman
8	18 cm	2021-10-28 16:40:11	Tidak Aman
9	17 cm	2021-10-28 16:54:13	Tidak Aman
10	22 cm	2021-10-28 16:54:46	Aman

Gbr. 4 Tampilan data pemantauan pertumbuhan jagung.

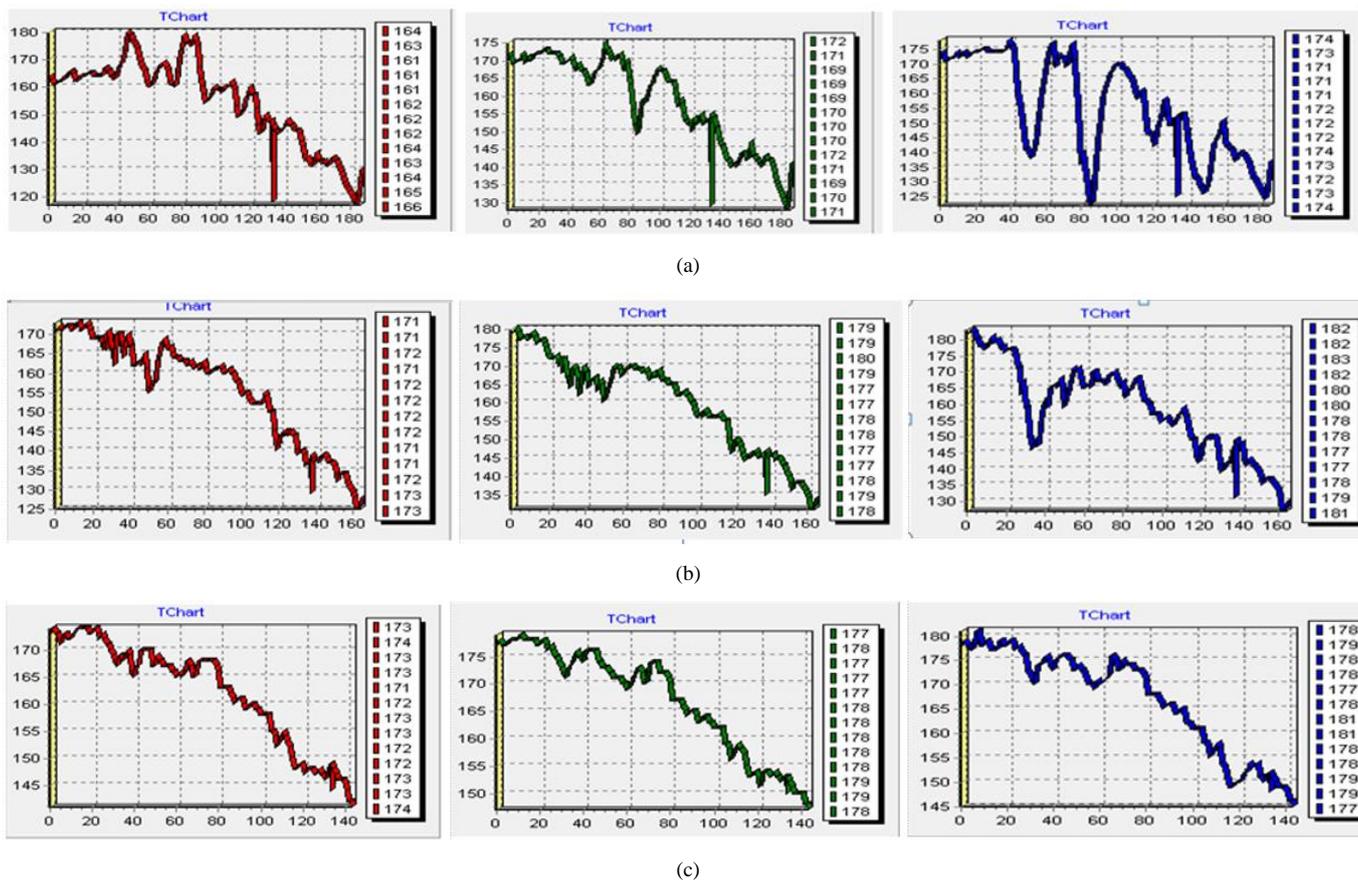
TABEL IV
DATA BACA SENSOR VL53L0X PADA LAHAN PERUMAHAN

Hari Setelah Tanam (hari)	Jarak Rata-Rata 1 (cm)	Jarak Rata-Rata 2 (cm)
1-10	10,30	40,56
11-20	10,25	40,73
21-30	10,78	41,25
31-40	10,50	41,98
41-50	11,47	42,07
51-60	11,80	42,74
61-70	11,23	43,06
71-80	12,67	43,71
81-90	13,54	44,65
91-100	13,98	44,98

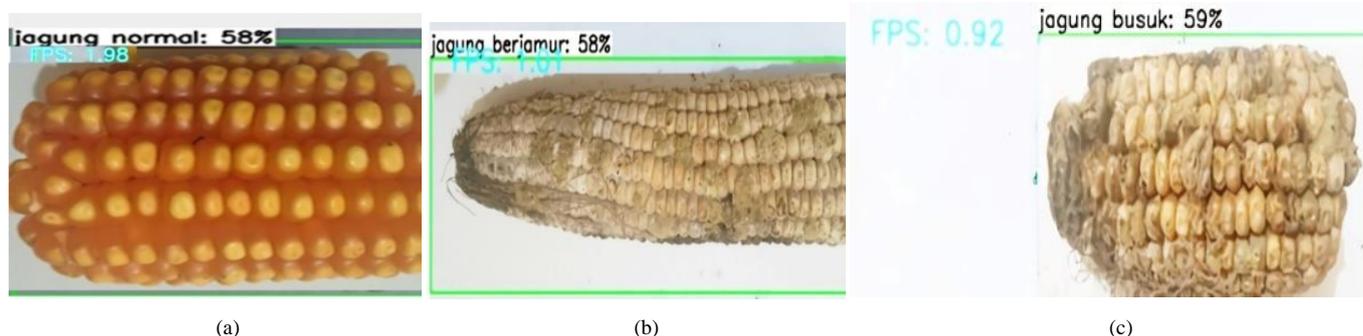
jarak tanam yang rapat, sedangkan pada daerah sebelumnya (daerah normal dan hujan), jagung ditanam dengan jarak tanam yang baik. Berdasarkan Tabel IV, pada penanaman di lahan perumahan dilakukan penanaman jagung 40 cm × 10 cm. Diperoleh hasil bahwa ketika pengambilan jagung, tanaman jagung mengalami tongkol busuk berupa pembusukan pada tongkol dengan biji jagung yang berjarak pada jagung. Dari pengamatan penanaman tanaman jagung dengan objek daerah normal dan daerah musim hujan, diketahui bahwa faktor utama yang menyebabkan tanaman jagung terkena hawar daun adalah kelembapan udara. Meskipun suhu udara cocok untuk perkembangan jamur, jika kelembapan udaranya tidak cocok, tanaman jagung tidak mengalami hawar daun. Pada penelitian yang dilakukan, penyakit tongkol busuk dapat dihindari dengan jarak penanaman diatur 75 cm × 25 cm. Pada penanaman pada daerah normal dan daerah hujan, tanaman jagung tidak mengalami tongkol busuk dengan penanaman berjarak 75 cm × 25 cm, sedangkan pada penanaman di lahan perumahan dengan jarak penanaman 40 cm × 10 cm, tanaman jagung mengalami tongkol busuk.

4) *Tampilan Data pada Website dengan Komunikasi Berbasis IoT*: Pada penelitian ini, IoT hanya berperan dalam pemantauan kondisi pertumbuhan jagung dengan parameter berupa kelembapan udara, suhu udara, dan jarak antar tanaman jagung. Data tersebut dapat diakses pada suatu *website* yang telah dirancang tanpa pengontrolan. Pada penelitian ini, tidak ditampilkan hasil klasifikasi kualitas jagung menggunakan IoT. Konsep IoT yang digunakan adalah sistem memiliki tiga komponen utama, yaitu barang fisik dengan modul IoT, perangkat koneksi ke internet, dan *cloud data* untuk menyimpan basis data. Pada alat pemantauan pertumbuhan jagung, yang berperan sebagai barang fisik adalah modul Arduino beserta sensor; perangkat penghubung modul dengan jaringan internet adalah modul ESP8266; dan *cloud data* berperan sebagai penyimpanan basis data menggunakan 000webhost. Data yang telah didapatkan dan dianalisis ditampilkan dalam bentuk notifikasi LCD, LED, dan *buzzer* pada alat. Data dan keterangan (aman dan tidak aman) ditampilkan pada *website* sesuai dengan kondisi pengamatan pertumbuhan jagung dari bulan Maret sampai Juni 2021. Pemrograman untuk menampilkan data pada *website* dilakukan pada modul Arduino dan pada *tool* yang tersedia di 000webhost, dengan menggunakan ESP8266 sebagai perantara antara modul Arduino dan jaringan internet. Tampilan data pemantauan pertumbuhan jagung pada *website* diperlihatkan pada Gbr. 4.

Gbr. 4 menunjukkan tampilan akses data melalui *website* yang telah dirancang. *Website* dirancang melalui situs 000webhost, yang memiliki beberapa *tool* yang berfungsi sebagai akses modul ke jaringan internet. *Tool* yang digunakan adalah *log.php* dan *index.php*. *Tool log.php* berfungsi untuk memasukkan data yang telah dibaca oleh modul seperti sensor, memasukkan data berupa keterangan (aman dan tidak aman) yang telah diprogram pada *tool* tersebut, dan menambahkan data waktu dan jam pada *website*. *Tool index.php* digunakan



Gbr. 5 Pengujian histogram, (a) pada jagung normal, (b) pada jagung berjamur, (c) pada jagung busuk.



Gbr. 6 Hasil proses pengenalan kualitas jagung, (a) normal, (b) berjamur, (c) busuk.

untuk mendesain halaman *website*, seperti warna, jumlah menu, desain tampilan data, dan ukuran huruf.

B. Pengidentifikasian Kualitas Jagung dengan Pengolahan Citra Digital

1) *Data Uji Histogram*: Pada tahap ini, data RGB gambar jagung dibaca untuk memperoleh nilai segmentasi citra pada masing-masing indeks nilai RGB. Terdapat dua buah sumbu, yaitu sumbu horizontal yang merupakan intensitas piksel dan sumbu vertikal yaitu nilai RGB. Pengujian histogram ini dilakukan menggunakan pemrograman Delphi 7, seperti ditunjukkan pada Gbr. 5.

Analisis histogram untuk indeks warna RGB merupakan opsi tambahan dalam pengenalan kualitas jagung. Diketahui

bahwa tiap citra berwarna memiliki nilai indeks warna RGB yang bermacam-macam. Makin tinggi indeks warnanya, makin terang citra tersebut, begitu pula sebaliknya, makin kecil indeks warnanya, makin gelap citra tersebut. Dalam penelitian ini, ketiga indeks tersebut dipisahkan dan dianalisis untuk parameter analisis klasifikasi kualitas jagung. Grafik masing-masing kualitas jagung menunjukkan bahwa citra memiliki *normal brightness* dan *high contrast*, yaitu histogram merata di suatu tempat, tidak mengumpul di satu tempat.

2) *Pengujian Kualitas Jagung dengan TensorFlow Model Menggunakan SSD Mobilenet dengan Raspberry Pi 3*: Pengenalan kualitas jagung yang dikategorikan atas tiga jenis, yaitu jagung normal, jagung berjamur, dan jagung busuk, dilakukan menggunakan pemrograman Python pada Raspberry

TABEL V
NILAI RERATA DAN SIMPANGAN BAKU DARI SETIAP PENGUJIAN

Ekstraksi Fitur Histogram		Normal (piksel)	Berjamur (piksel)	Busuk (piksel)
Rata-rata	Merah	36.558	31.902	27.749
	Hijau	35.939	31.961	28.012
	Biru	33.244	29.866	27.078
Simpangan baku	Merah	11.560	10.088	87.751
	Hijau	11.364	10.106	88.582
	Biru	10.512	94.446	85.629

TABEL VI
NILAI AKURASI KUALITAS PEMBACAAN TONGKOL JAGUNG

Citra	Jumlah Citra	Terdeteksi sebagai			Tingkat akurasi (%)	Error (%)
		N	J	B		
Normal	10	9	1	0	90,0	10,00
Jamur	10	0	7	3	70,0	30,00
Busuk	10	0	4	6	60,0	40,00
Jumlah	30	Persentase rata-rata			73,3	26,67

Pi dengan TensorFlow menggunakan model SSD Mobilenet secara *real time*. Sistem ini memiliki beberapa proses, yaitu pengambilan model pelatihan, konversi model yang telah dibuat, menjalankan inferensi dengan model, dan deteksi objek sesuai dengan data latih dan data uji yang telah diunggah dan diberi label.

Gbr. 6 menunjukkan hasil identifikasi kualitas jagung menggunakan pemrograman Python pada Raspberry Pi dengan TensorFlow menggunakan model SSD Mobilenet secara *real time*. Sampel baru yang diuji adalah tongkol jagung, yang berfungsi untuk memaksimalkan pengujian biji jagung. Hal ini bertujuan untuk mengefisienkan pendeteksian kualitas jagung dengan pendeteksian biji jagung yang berjumlah banyak (tidak dideteksi per satu biji jagung).

Dari pengujian kualitas jagung menggunakan TensorFlow dengan model SSD Mobilenet, didapatkan hasil bahwa pembacaan kualitas biji jagung pada jagung kualitas normal memperoleh persentase kemiripan sebesar 58%, jagung berjamur memiliki persentase 58%, dan jagung busuk memiliki persentase 59%. Nilai akurasi pada hasil deteksi ini didapatkan dari sebuah *class* yang bernama *graph()*. *Class* tersebut berfungsi untuk menghitung nilai keluaran pada *neural network* yang merepresentasikan *data flow* berupa *graph*. *Graph* yang dimaksud adalah *graph* yang sudah dilatih sebelumnya, yang berupa *checkpoint* pada saat proses pelatihan kemudian diekspor ke *graph inference*. Setelah komputasi tersebut selesai, *class* ini akan memanggil data TensorFlow berdasarkan nama yang mengembalikan data berupa nama TensorFlow, yaitu "*detection_scores:0*". Nilai akurasi diinisialisasi dengan angka 0 agar persentase hasil yang dikembalikan dimulai dari angka 0% hingga 100%. Pengujian dilakukan secara *real time*, yaitu pengujian *dataset* (latih dan uji), dengan biji jagung (per satu biji jagung) sebagai objek pengujian. Pada pengujian akhir digunakan tongkol jagung (data baru). Diperoleh hasil bahwa pengujian tetap berhasil mengidentifikasi kualitas jagung meskipun dalam bentuk tongkol jagung.

3) *Rerata dan Simpangan Baku*: Ekstraksi fitur histogram yang diambil dalam penelitian ini adalah ekstraksi nilai rerata dan simpangan baku tiap nilai indeks RGB. Nilai rerata menunjukkan intensitas rata-rata tiap indeks warna RGB, sedangkan simpangan baku menunjukkan penyimpangan maksimum dari nilai intensitas rata-rata tiap indeks warna RGB.

Pada Tabel V terlihat bahwa mayoritas nilai rerata tinggi, sedangkan nilai simpangan baku bernilai rendah. Perhitungan nilai akurasi pada pembacaan kualitas jagung dijabarkan sebagai berikut.

$$\text{Tingkat akurasi} = \frac{\text{jumlah pembacaan data benar}}{\text{jumlah percobaan data}} \times 100 \% \quad (3)$$

$$\text{Error} = \frac{\text{jumlah pembacaan data salah}}{\text{jumlah percobaan data}} \times 100 \% \quad (4)$$

$$\text{Persentase rata-rata} = \frac{\text{jumlah setiap data}}{\text{total tipe data}} \quad (5)$$

Pada Tabel VI, N adalah jagung terdeteksi sebagai normal, J adalah jagung terdeteksi sebagai jagung berjamur, dan B adalah jagung terdeteksi sebagai jagung busuk. Tingkat akurasi pada pengenalan kualitas jagung adalah 73,3%, Pada semua jagung (normal, berjamur, busuk) dilakukan sepuluh kali pengujian pada masing-masing kualitas jagung menggunakan pemrograman Python pada Raspberry Pi. Jagung normal terdeteksi sembilan kali, jagung berjamur terdeteksi tujuh kali, dan jagung busuk terdeteksi enam kali. Menggunakan pemrograman Delphi 7 dalam pembacaan indeks RGB, dihasilkan jagung berjamur dan jagung busuk memiliki nilai indeks hijau dan biru yang hampir sama serta memiliki tingkat kemiripan gambar yang tinggi, sehingga sering tidak terdeteksi.

IV. KESIMPULAN

Telah dilakukan pengujian kualitas jagung dengan pemantauan tanaman jagung menggunakan komunikasi IoT dan identifikasi jagung menggunakan pengolahan citra digital. Pengamatan tanaman jagung dilakukan selama seratus hari dengan memantau suhu udara, kelembapan udara, dan jarak antar tanaman jagung pada daerah normal, daerah yang sering terjadi hujan, dan lahan perumahan. Pada daerah normal, yang suhu udaranya sesuai untuk perkembangan jamur, dengan kelembapan udara di bawah 77%, didapatkan hasil bahwa tanaman jagung tidak mengalami hawar daun. Pada daerah yang sering mengalami hujan, dengan suhu udara dan kelembapan udara yang cocok untuk perkembangan jamur, diperoleh hasil bahwa pada hari ke-43 tanaman jagung mengalami hawar daun. Dapat diketahui bahwa faktor utama yang memengaruhi terjadinya hawar daun pada tanaman jagung adalah kelembapan udara yang tinggi, sedangkan suhu udara tidak memengaruhi terjadinya hawar daun. Dari pengujian, diketahui bahwa pada daerah normal dan daerah yang sering hujan, jagung tidak mengalami tongkol busuk karena jarak tanaman jagung sudah diatur di awal penanaman, yaitu 75 cm dan 25 cm. sementara itu, pada penanaman jagung di lahan perumahan, dengan jarak penanaman 40 cm × 10 cm, tanaman jagung mengalami tongkol busuk. Diketahui bahwa penyakit tongkol busuk dapat dihindari dengan mengatur jarak penanaman jagung. Data pemantauan pertumbuhan tanaman

jagung ditampilkan pada alat berupa LCD, dengan komunikasi berbasis IoT, melalui akses pada halaman *website* yang telah dirancang pada situs 000webhost. Data-data ini berupa kelembapan udara, suhu udara, jarak antar tanaman, tanggal, jam, dan keterangan kondisi lahan jagung berdasarkan pengamatan tanaman jagung.

Identifikasi fisik kualitas jagung dengan kategori normal, berjamur, dan busuk dilakukan menggunakan pengolahan citra digital. Identifikasi dilakukan secara *real time* menggunakan TensorFlow dengan model SSD Mobilenet menggunakan pemrograman Python pada Raspberry Pi, sedangkan analisis indeks RGB dilakukan menggunakan metode histogram (ekstraksi fitur histogram, yaitu nilai rerata dan simpangan baku) pada pemrograman Delphi 7. Didapatkan tingkat akurasi sebesar 73,3% dengan sepuluh kali percobaan pada masing-masing kategori. Pada pengujian, *error* sering terjadi pada jagung berjamur dan jagung busuk karena nilai indeks RGB hijau dan biru yang hampir sama dan tingkat kemiripan gambar yang tinggi.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam penyusunan makalah ini.

REFERENSI

- [1] H.K. Purwadaria, *Teknologi Penanganan Pascapanen Jagung*. Jakarta, Indonesia: Deptan-FAO, UNDP, 1988.
- [2] S. Mishra, R. Sachana, dan D. Rajpal, "Deep Convolutional Neural Network based Detection System for Real-Time Corn Plant Disease Recognition," *Procedia Comput. Sci.*, Vol. 167, hal. 2003-2010, 2020.
- [3] R. Das, V. Pooja, dan V. Kanchana, "Detection of Disease on Visible Part of Plant – A Review," *2017 IEEE Technol. Innov. ICT Agriculture, Rural Develop. (TIAR)*, 2017, hal. 42-45.
- [4] M.A. Rahman dan M.S. Sadi, "IOT Enabled Automated Object Recognition for the Visually Impaired," *Comput. Methods, Programs Biomed.*, Vol. 1, hal. 1-13, 2021.
- [5] J.M. Blackledge, *Digital Image Processing: Mathematical and Computational Methods*. Chichester, Inggris: Horwood, 2006.
- [6] Z.-Q. Zhao, P. Zheng, S.-T. Xu, dan X. Wu, "Object Detection with Deep Learning: A Review," *IEEE Trans. Neural Netw. Learn. Syst.*, Vol. 30, No. 11, hal. 3212 - 3232, Nov. 2019.
- [7] B.B. Traore, B.K. Fogueu, dan F. Tangars, "Deep Convolution Neural Network for Image Recognition," *Ecol. Inform.*, Vol. 48, hal. 257-268, Nov. 2018.
- [8] J.G.A. Barbedo, "Plant Disease Identification from Individual Lesions and Spots Using Deep Learning," *Biosyst. Eng.*, Vol. 180, hal. 96-107, 2019.
- [9] A.Z. Mansor, "The Use of Blog in Decision Making Skills Course," *Procedia Soc. Behav. Sci.*, Vol. 18, hal. 491-500, 2011.
- [10] P.S. Janardhanan, "Project Repositories for Machine Learning with TensorFlow," *Procedia Comput. Sci.*, Vol. 171, hal. 188-196, 2020.
- [11] L. Parisi, R. Ma, N. RaviChandran, dan M. Lanzillotta, "hyper-sinh: An Accurate and Reliable Function from Shallow to Deep Learning in Tensorflow and Keras," *Mach. Learn. Appl.*, Vol. 6, hal. 1-6, 2021.
- [12] Y.N. Nabuasa, "Pengolahan Citra Digital Perbandingan Metode Histogram Equalization dan Spesification pada Citra Abu-Abu," *J-ICON-J. Comput., Inform.*, Vol. 7, No. 1, hal. 87-95, 2019.
- [13] S. Agrawal, R. Panda, P.K. Mishro, dan A. Abraham, "A Novel Joint Histogram Equalization based Image Contrast Enhancement," *J. King Saud Univ. – Comput., Inf. Sci.*, Vol. 34, No. 4, hal. 1172-1182, 2019.
- [14] V. Tripathi, D. Gangodkar, A. Mittal, dan V. Kanth, "Robust Action Recognition Framework Using Segmented Block and Distance Mean Histogram of Gradients Approach," *Procedia Comput. Sci.*, Vol. 115, hal. 493-500, 2017.