

LOMBA KARYA TULIS ILMIAH EXPECTO 2024

**BANANABOT: PENGEMBANGAN AI DALAM
MENDETEKSI KEMATANGAN PISANG SECARA
INOVATIF UNTUK MENGURANGI DAMPAK *FOOD
WASTE***



Disusun oleh:

Cheryll Evangeline Arifin

Eugenia Tiffany Singgih

SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya

Surabaya, Jawa Timur

2024

ABSTRAK

Food waste merupakan salah satu isu global, di mana Indonesia menempati sebagai negara penyumbang sampah makanan terbesar kedua, dengan jumlah sampah 300 kg per orang per tahun. Sampah organik menyumbang sebanyak 57% total sampah yang berdampak pada emisi gas rumah kaca, di mana salah satunya merupakan limbah buah-buahan yang membusuk akibat berjatuh di jalanan. Sebagai buah yang paling banyak diproduksi di Indonesia, pisang menempati kategori limbah buah terbesar. Agar pencemaran di wilayah perkotaan dapat diminimalisir, penelitian ini mengusulkan pemanfaatan kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI). Dengan inovasi BananaBot, buah pisang yang telah matang dapat segera dideteksi oleh sistem pemrograman AI. Teknologi AI ini bekerja dengan pengolahan data visual RGB. Teknologi ini mengidentifikasi buah pisang yang siap dikonsumsi dan membuka peluang lebih untuk dialihfungsikan sebagai jenis produk lain, sehingga *food waste* pun dapat berkurang secara drastis dan konsep *zero waste* dapat terwujud. Dengan kolaborasi antara AI dan *closed circuit television* (CCTV) pada pengelolaan pertanian di Indonesia, kebersihan di kota dapat terjaga dan emisi gas rumah kaca pun dapat berkurang, sehingga mendorong adanya keberlanjutan dalam sektor pangan di Indonesia.



SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama ketua tim : Cheryll Evangeline Arifin

Tempat, tanggal lahir : Surabaya, 13 September 2008

NIS : 0086993392

Sekolah : SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya

Dengan ini menyatakan, karya tulis dengan judul:

**BANANABOT: PENGEMBANGAN AI DALAM MENDETEKSI
KEMATANGAN PISANG SECARA INOVATIF UNTUK MENGURANGI
DAMPAK *FOOD WASTE***

adalah benar-benar hasil karya sendiri dan bukan merupakan plagiat atau saduran dari karya tulis orang lain serta belum pernah dipublikasikan maupun diikutsertakan dalam lomba sebelumnya. Apabila di kemudian hari pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh panitia EXPECTO 2024 berupa diskualifikasi dari kompetisi.

Demikian surat ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 13 Oktober 2024



Cheryll Evangeline Arifin

PENDAHULUAN

Food waste merupakan salah satu isu krusial yang telah dihadapi banyak negara, termasuk Indonesia. Berdasarkan laporan dari FAO (2019), Indonesia menempati posisi kedua sebagai penyumbang *food waste* terbesar di dunia setelah Arab Saudi, dengan jumlah mencapai 300 kilogram per kapita per tahun. Masalah ini tidak hanya berdampak pada kelangkaan pangan, tetapi juga memiliki konsekuensi serius terhadap lingkungan. Bahkan berdasarkan data,

penyumbang *food waste* terbesar di Indonesia jatuh kepada sampah organik yang mencapai 57%, di mana masih ada 82% sampah yang belum terkelola. Sampah makanan yang sering dianggap sebagai sampah organik dapat berupa buah-buahan, terutama yang berjatuh di jalanan. Buah-buahan yang tidak terjual dan akhirnya menjadi sampah seringkali berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca. Hal ini dapat terjadi karena sisa makanan akan membusuk dan menghasilkan metana, yaitu gas rumah kaca yang lebih kuat dibandingkan karbon dioksida.

Berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, jenis sampah terbanyak di Indonesia adalah sampah makanan, yang mencakup hingga 41,27% banyaknya. *Food waste* di Indonesia juga berdampak pada kebersihan lingkungan perkotaan, terutama di provinsi Jawa, yang menyumbang sampah makanan tahunan sebanyak 2.126.924 ton. Penumpukan sampah makanan—terutama buah-buahan—di jalanan kota besar menjadi pemandangan umum yang menciptakan kondisi tidak higienis. Hal ini juga berkontribusi tinggi pada peningkatan polusi udara dan bau yang tidak sedap.

Namun, dengan adanya kemajuan teknologi di era digital ini, khususnya kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI), menawarkan peluang untuk mengatasi masalah *food waste* secara lebih efektif. Dengan berkembang pesatnya teknologi, AI pada era ini bahkan sudah dapat mendeteksi kondisi manusia. Menggunakan teknologi yang demikian pula, AI dapat berperan dalam mendeteksi buah berdasarkan bentuk dan warna yang sudah tidak ideal untuk konsumsi, sehingga dapat dipilah dan mencegah *food waste*. Pengenalan pola ini memungkinkan distribusi buah-buahan yang berisiko menjadi sampah ke sektor lain seperti pakan ternak atau bahan baku untuk industri pengolahan. Hal ini tidak hanya mengurangi jumlah *food waste*, tetapi juga berkontribusi pada ketahanan pangan nasional.

ISI

Sebagai negara tropis, Indonesia berkontribusi besar dalam jumlah produksi buah-buahan. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), pisang merupakan buah yang paling banyak dihasilkan di Indonesia, bahkan mencapai angka sebesar 9,34 juta ton (2023). Terlebih lagi, BPS juga menyatakan bahwa provinsi Jawa Timur memberikan kontribusi terbesar dalam produksi buah pisang, yaitu sebanyak 2.807.038 ton. Sedangkan, durian yang dikenal sebagai buah ciri khas Indonesia, hanya mencapai 1.852.045 ton, menempati posisi kedua terbesar di Indonesia.

Selain itu, penerapan teknologi AI dalam manajemen *food waste* juga berpotensi untuk memajukan infrastruktur kota. Pada penelitian ini, sistem deteksi otomatis dimanfaatkan untuk mengidentifikasi dan memisahkan buah pisang yang tidak layak konsumsi dari rantai pasokan. Dengan ini, penumpukan

sampah buah pisang di jalanan kota-kota besar di Indonesia dapat berkurang secara drastis. Pengurangan sampah ini tentunya akan berdampak positif dalam menjaga kebersihan lingkungan perkotaan serta mengurangi beban pengelolaan sampah yang berlebihan.

Pengurangan *food waste* juga merupakan langkah signifikan dalam menangani perubahan iklim. Dengan mengurangi jumlah sampah makanan yang dibuang, emisi gas rumah kaca dari tempat pembuangan sampah dapat berkurang secara substansial. Selain itu, keberlanjutan ekosistem dan transformasi teknologi pangan dapat didukung oleh hasil kualitas buah-buahan yang lebih terjamin, terutama bagi lingkungan dan kesehatan.

Pendekatan yang menggabungkan inovasi teknologi dan pengelolaan infrastruktur perkotaan dapat menjadi solusi efektif untuk mengatasi masalah *food waste* di Indonesia, yang terutama berfokus pada buah pisang. Dengan demikian, tidak hanya ketahanan pangan Indonesia yang dapat terjaga, tetapi kualitas lingkungan di perkotaan serta upaya mitigasi perubahan iklim juga dapat dikembangkan.

Salah satu solusi inovatif untuk mengatasi masalah ini adalah dengan BananaBot, sistem yang memanfaatkan teknologi AI. Teknologi ini dapat digunakan untuk mendeteksi tingkat kematangan pisang secara lebih akurat, sehingga dapat mencegah kematangan berlebihan yang menyebabkan terbuangnya buah tersebut. Dengan menggunakan Platform pemrograman PyCharm, ukuran dan warna pisang dapat dideteksi menggunakan teknik pengolahan citra berbasis RGB (*Red, Green, Blue*).

Teknik ini bekerja dengan memanfaatkan kamera atau sensor yang ditempatkan pada pohon pisang. Kamera ini akan memotret gambar pisang yang kemudian diproses oleh AI untuk menentukan kematangan buah tersebut. Deteksi ini didasarkan pada perbedaan warna antara daun, batang pohon, dan buah pisang itu sendiri. Pisang yang matang memiliki warna kuning yang khas, sementara pisang yang belum matang cenderung berwarna hijau. Ukuran pisang yang baru matang pun juga berbeda dengan pisang yang sudah matang sejak lama. Berdasarkan data dari beberapa hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

Proses deteksi ini melibatkan beberapa langkah sebagai berikut:

1. Kamera mengambil gambar pisang dari berbagai sudut.
2. Gambar yang diambil diolah menggunakan teknik pengolahan citra berbasis RGB. Warna pisang yang terdeteksi kemudian dibandingkan dengan warna referensi yang telah ditentukan sebelumnya.
3. Berdasarkan hasil pengolahan citra, AI menentukan tingkat kematangan pisang dengan memperhatikan perbedaan warna dan perubahan ukuran yang

terdeteksi. Pisang yang terlalu matang cenderung mengalami perubahan warna dari kuning ke coklat, serta penurunan ukuran karena kehilangan air.

4. AI memberikan rekomendasi kesiapan pisang untuk dipanen.

Algoritma AI dilatih menggunakan *dataset* gambar pisang dalam berbagai tingkat kematangan. *Dataset* ini mencakup pisang dalam kondisi hijau (belum matang), kuning (matang sempurna), dan coklat (terlalu matang). Gambar-gambar ini kemudian dianalisis untuk mendeteksi pola perubahan warna dan ukuran. Dalam uji coba yang telah dilaksanakan, sensor mendeteksi jarak dan ukuran dari ibu jari ke jari telunjuk. Kemudian dengan RGB *Color Selection* (Tabel 1), penelitian ini dapat dikembangkan.

Tabel 1. RGB Color Selection untuk setiap tahap kematangan pisang

	Tahap	Kode RGB
Underripe	[1] Hijau Tua	(75, 135, 56)
	[2] Hijau Muda	(112, 173, 71)
	[3] Kuning kehijauan	(168, 204, 72)
Ripening	[4] Kuning dengan sentuhan hijau	(252, 230, 118)
	[5] Kuning sepenuhnya	(255, 255, 53)
Ripe	[6] Kuning dengan bintik coklat	(240, 210, 35)
Overripe	[7] Kuning dengan lebih banyak bintik coklat	(210, 180, 75)
	[8] Sebagian besar coklat	(165, 90, 60)
	[9] Coklat tua/hitam	(117, 63, 36)

Pisang, khususnya *Musa acuminata*, telah menjadi salah satu buah yang paling banyak dikonsumsi di Indonesia dan di berbagai belahan dunia. Ketersediaan pisang yang melimpah di pasar lokal membuktikan tingginya permintaan terhadap buah ini. Namun, di balik tingginya angka produksi dan konsumsi tersebut, terdapat tantangan besar yang dihadapi oleh produsen, distributor, dan konsumen terkait dengan manajemen pisang yang mendekati masa busuk. Limbah dari pisang yang tidak terjual atau tidak segera dikonsumsi berkontribusi terhadap jumlah sampah organik di Indonesia secara signifikan. Untuk menghadapi tantangan ini, AI dapat dikolaborasikan dengan penggunaan *closed circuit television* (CCTV) sehingga memberikan solusi inovatif dalam mendeteksi pisang yang sudah matang atau mulai membusuk. Dengan dimanfaatkannya inovasi ini, produksi pisang dapat dilaksanakan secara lebih produktif agar tidak menghasilkan jumlah limbah yang banyak.

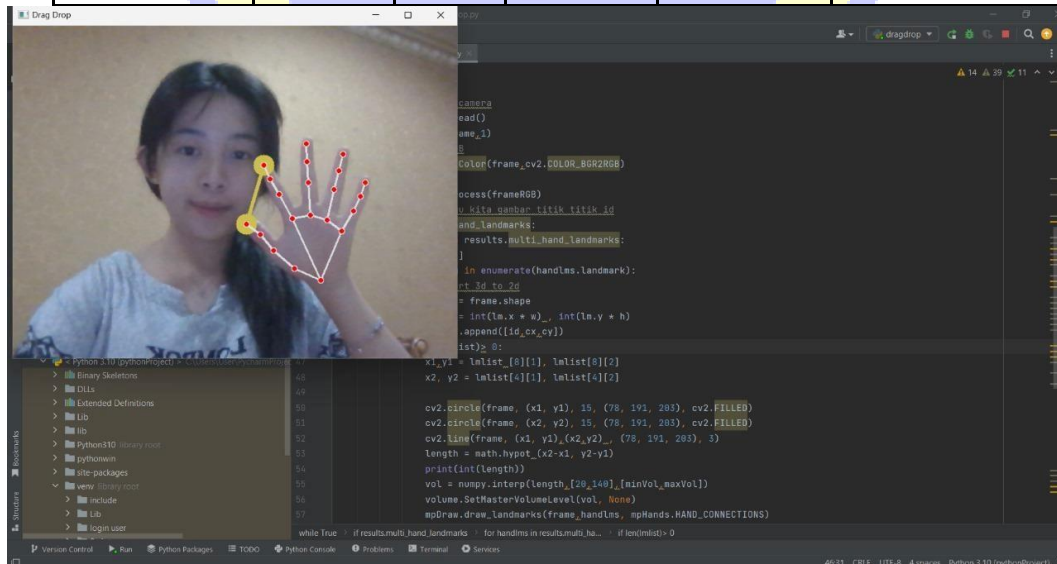
Teknologi AI dalam konteks ini berperan sebagai alat yang mampu mengidentifikasi dan memprediksi tingkat kematangan buah pisang berdasarkan perubahan visual yang terjadi. Algoritma AI yang telah diinput dengan dataset karakteristik pisang pada berbagai tahap kematangan memungkinkan sistem untuk mengenali indikator terhadap perubahan warna, tekstur, dan bentuk (Tabel 2, Gambar 1). Indikator yang ditinjau akan menentukan kematangan pisang yang layak atau tidak untuk dikonsumsi. CCTV yang dipasang di area penanaman atau penyimpanan pisang berfungsi sebagai alat yang terus menerus memantau kondisi kematangan buah. Kondisi setiap pisang juga dapat diakses dari jarak jauh, sehingga dapat lebih meningkatkan efisiensi dalam proses pemanenan. Data visual yang ditangkap oleh CCTV kemudian dianalisis oleh sistem AI untuk memberikan hasil deteksi yang akurat (Gambar 2).

Tabel 2. Karakteristik pisang yang menjadi indikator untuk dataset algoritma AI

Tahap Kematangan	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Volume (%)	Kekerasan	Deskripsi
<i>Underripe</i>	15–20	3–4	100%	Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> - Pisang keras dan kencang - Warna hijau tua - Tidak ada
					bintik coklat
Hijau Muda	15–20	3–4	100%	Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> - Warna hijau muda - Tekstur masih keras
Kuning Kehijauan	15–19	3–4	98–100%	Tinggi	<ul style="list-style-type: none"> - Warna mulai berubah menjadi kuning dengan sedikit hijau

					<ul style="list-style-type: none"> - Tekstur agak lunak
Kuning dengan Sentuhan Hijau	15–19	3–4	97–99%	Menengah	<ul style="list-style-type: none"> - Warna kuning dengan sedikit hijau di ujung - Tekstur mulai lunak
Kuning Sepenuhnya	14–19	3	95–98%	Menengah	<ul style="list-style-type: none"> - Warna kuning merata - Tekstur lunak - Optimal untuk dikonsumsi
Kuning dengan Bintik Cokelat	14–18	3–4	90–95%	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> - Bintik cokelat mulai muncul - Tekstur sangat
					<ul style="list-style-type: none"> - lunak - Mulai menurun kualitasnya
Lebih Banyak Bintik Cokelat	13–17	2,5–3,5	85–90%	Rendah	<ul style="list-style-type: none"> - Banyak bintik cokelat - Tekstur lembek - Volume menyusut

Sebagian Besar Cokelat	12–16	2–3	75–85%	Sangat Rendah	<ul style="list-style-type: none"> - Warna sebagian besar coklat - Tekstur sangat lembek - Tidak cocok untuk konsumsi langsung
Cokelat Tua/Hitam	10–15	1,5–2,5	<75%	Hampir tidak ada	<ul style="list-style-type: none"> - Warna hampir seluruhnya coklat tua atau hitam - Tekstur sangat lembek - Umumnya dianggap busuk



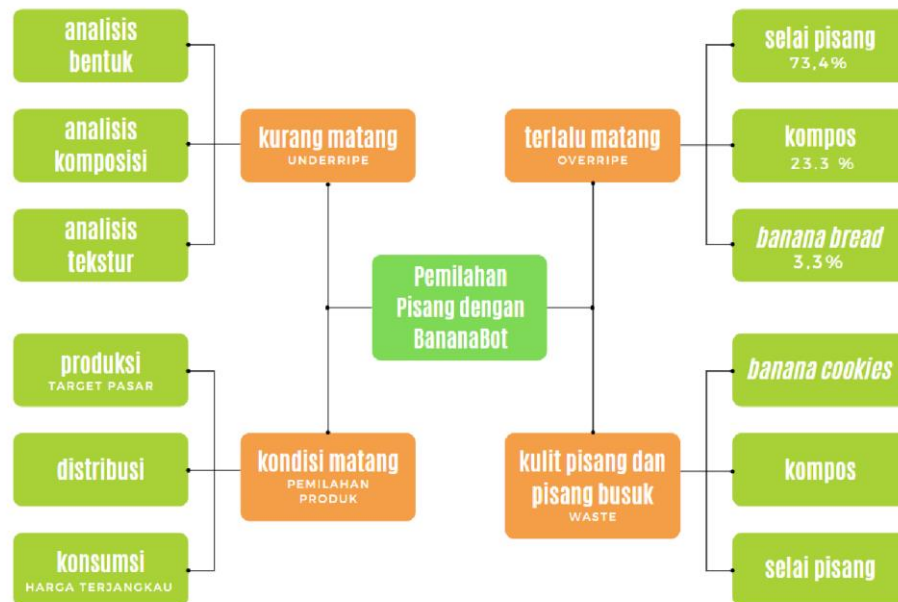
Gambar 1. Algoritma AI dalam mendeteksi perubahan bentuk dan ukuran pisang



Gambar 2. Contoh penggunaan teknologi berlanjutan dalam aktiviti pertanian (<https://pertanian.sultengprov.go.id/pertanian-modern-dengan-smart-farming/>)

Pisang Cavendish yang ditanam dalam gedung eksperimen besar cenderung lebih menguntungkan karena faktor yang berperan penting dalam proses pematangan buah, seperti suhu, kelembaban, dan pencahayaan, dapat dikontrol secara penuh. Penggunaan teknologi ini juga dapat memaksimalkan potensi dari setiap tandan pisang yang diproduksi. Ketika sistem AI mendeteksi bahwa buah telah mencapai kematangan optimal, pisang tersebut dapat dipanen dan digunakan untuk produksi berbagai produk makanan dengan nilai pasar tinggi, seperti *banana bread* dan selai pisang (Gambar 3). Dengan demikian, pisang yang telah matang tetapi belum terjual di pasar tidak akan terbuang sia-sia, melainkan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan produk lain. Sebaliknya, pisang yang mulai menunjukkan tanda-tanda kebusukan dapat segera diidentifikasi oleh sistem dan dipisahkan dari pisang yang masih segar. Pisang yang sudah terlalu matang dapat dijual di pasar dengan harga yang lebih terjangkau, sehingga memungkinkan konsumen dari berbagai lapisan ekonomi untuk tetap dapat mengakses produk ini. Selain itu, pisang yang benar-benar tidak layak konsumsi dapat diolah menjadi kompos, yang kemudian dapat digunakan kembali sebagai pupuk organik untuk

mendukung praktik pertanian berkelanjutan. Dengan demikian, konsep *zero waste* dapat diwujudkan dengan dioptimalkannya seluruh bagian dari pisang yang diproduksi.



Gambar 3. Flowchart pemanfaatan pisang dalam kondisi yang bervariasi
PENUTUP

Implementasi teknologi ini memiliki potensi yang sangat besar, terutama di daerah-daerah dengan produksi pisang yang tinggi seperti Jawa Barat dan Lampung. Kedua provinsi ini merupakan daerah utama produksi pisang di Indonesia, sehingga menjadi lokasi strategis untuk uji coba dan pengembangan lanjut dari kolaborasi teknologi AI dengan CCTV ini. Jika diterapkan secara luas, teknologi ini tidak hanya akan mengurangi limbah organik, tetapi juga meningkatkan efisiensi rantai pasokan pangan, yang pada akhirnya akan mendukung keberlanjutan industri pertanian di Indonesia.

Selain itu, penggunaan inovasi ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendeteksi komposisi nutrisi yang terkandung dalam buah-buahan. Dengan analisis yang lebih mendalam, sistem AI dapat menentukan nilai gizi dari setiap pisang yang dideteksinya, sehingga dapat digunakan untuk memilah produk akhir yang dihasilkan. Sebagai contoh, pisang dengan kandungan gula yang lebih tinggi dapat diarahkan untuk produksi selai atau jus, sementara pisang dengan kandungan serat yang lebih tinggi dapat digunakan dalam produk

bakery yang difokuskan pada kesehatan. Pengembangan ini membuka peluang baru dalam industri pangan yang semakin canggih dan berbasis teknologi.

Meskipun teknologi ini menawarkan banyak manfaat, keterlibatan tenaga kerja manusia tetap esensial dalam proses pemanenan pisang. Tenaga kerja ini diperlukan untuk memverifikasi hasil deteksi yang dilakukan oleh sistem AI dan memilih buah-buahan yang layak diproses lebih lanjut. Namun, dengan bantuan inovasi ini, waktu yang dibutuhkan untuk proses seleksi dapat berkurang secara signifikan, sehingga produktivitas dapat meningkat tanpa mengorbankan kualitas produk akhir. Dalam jangka panjang, teknologi ini tidak hanya akan mengurangi limbah, tetapi juga meningkatkan daya saing produk pisang Indonesia di pasar internasional.

Dengan semua potensi yang ditawarkan, integrasi AI dan CCTV dalam manajemen produksi pisang di Indonesia adalah langkah maju yang penting menuju keberlanjutan dalam sektor pangan. Teknologi ini tidak hanya menjawab tantangan limbah makanan, tetapi juga menciptakan nilai lebih dari setiap buah yang diproduksi. Oleh karena itu, penelitian ini dapat menimbulkan banyak manfaat dari berbagai sektor, mulai dari pertanian itu sendiri hingga perkembangan ekonomi serta lingkungan hidup yang lebih sehat.

Untuk diwujudkannya penggunaan inovasi ini secara lebih meluas, disarankan adanya kolaborasi dengan pemerintah dengan bidang pertanian dan teknologi dalam bentuk dukungan yang berupa subsidi. Tidak hanya itu, tenaga kerja manusia yang terlibat dalam proses pemanenan bersama teknologi baru juga sebaiknya diberikan pelatihan khusus mengenai penggunaan inovasi ini agar kinerja dapat dilaksanakan secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agricultural Systems. (2021). The Role of AI in Reducing Food Waste: A Case Study on Banana Production. Vol. 52, No. 2, pp. 45-58. Elsevier.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2021). Statistik Produksi Pisang di Indonesia Tahun 2020. Jakarta: BPS. Diakses dari <https://www.bps.go.id>.
- Chen, C., & Ramaswamy, H. (2002). Color and Texture Change Kinetics in Ripening Bananas. LWT, 35(5), 415-419.
<https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0875>
- Citarum Harum Juara - Leuweung Hejo Rakyat Ngejo. Sisa Makanan Merupakan Jenis Sampah Terbanyak di Indonesia. 25 Juli 2024.
- Fahri, Alamanda & Widodo, Soesiladi & Waluyo, Sri & Zulferiyenni, Zulferiyenni. (2023). Effects of fruit maturities, coatings, and storage temperatures on the qualities and green-life of cavendish banana. Acta Innovations. 56-63. 10.32933/ActaInnovations.47.5.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2020). Global Banana Market Review and Statistics. Rome: FAO. Diakses dari <http://www.fao.org>.
- Good Stats Data. Inilah 5 Wilayah RI Dengan Sampah Makanan Tahunan Tertinggi.
- International Journal of Agricultural Sustainability. (2022). The Impact of AI-Driven Technologies on Sustainable Farming Practices in Southeast Asia. Vol. 20, No. 1, pp. 39-51. Taylor & Francis.
- Jaiswal P, Jha SN, Kaur PP, Bhardwaj R, Singh AK, Wadhawan V. Prediction of textural attributes using color values of banana (*Musa sapientum*) during ripening. J Food Sci Technol. 2014 Jun;51(6):1179-84.
- Journal of Cleaner Production. (2021). Sustainable Waste Management in the Banana Industry: From Field to Fork. Vol. 305, pp. 127-140. Elsevier.
- Journal of Food Engineering. (2019). Detection of Ripeness and Rottenness in Fruits Using Machine Learning Techniques. Vol. 32, No. 4, pp. 112-123. Elsevier.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Laporan Pengelolaan Sampah Nasional. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Diakses dari <https://www.menlhk.go.id>.
- Kendalikan Sampah Plastik - Ditjen PPKL. (n.d.). <https://ppkl.menlhk.go.id/website/reduksiplastik>
- Nirmal NP, Khanashyam AC, Mundanat AS, Shah K, Babu KS, Thorakkattu P, Al-Asmari F, Pandiselvam R. Valorization of Fruit Waste for Bioactive

Compounds and Their Applications in the Food Industry. *Foods*. 2023 Jan 27;12(3):556.

Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. (2020). Advanced Techniques for Real-Time Fruit Detection and Classification Using Deep Learning. IEEE, pp. 1932-1941.

Pusat Data Ekonomi dan Bisnis Indonesia. Sampah Makanan Terbanyak Indonesia Berupa Padi, Buah, dan Sayur: Databoks

UNEP (United Nations Environment Programme). (2021). Food Waste Index Report 2021. Nairobi: UNEP. Diakses dari <https://www.unep.org>.

World Bank Group. (2020). Indonesia: Towards Sustainable Agriculture. Washington, D.C.: World Bank. Diakses dari <https://www.worldbank.org>.



Biodata Ketua Tim Lomba EXPECTO 2024

1. Nama lengkap ketua tim : Cheryll Evangeline Arifin
2. Judul penelitian : Bananabot: Pengembangan AI Dalam Mendeteksi Kematangan Pisang secara Inovatif untuk Mengurangi Dampak *Food Waste*
3. Subtema : Teknologi Pangan
4. Tempat, tanggal lahir : Surabaya, 13 September 2024
5. Jenis kelamin : Perempuan
6. NIS : 0086993392
7. Asal sekolah : SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya
8. Alamat sekolah : Jl. Polisi Istimewa No.7, Keputran, Kec. Tegalsari, Surabaya, Jawa Timur 60265
9. Alamat Rumah : Prambanan Residence BLVD 2 DA 18
10. No Telp/HP : 082125000069
11. Alamat Email : scheryllarifin@gmail.com

Surabaya, 13 Oktober 2024



Cheryll Evangeline Arifin

0086993392