



Prediksi fisikokimia melon (*Cucumis melo* L.) secara *non-destruktif* dengan impuls akustik dan jaringan saraf tiruan

Avicenna Nur Kasih, Nafis Khuriyati*, Mohammad Affan Fajar Falah

Teknologi Industri Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Sleman, Indonesia

Article history

Diterima:

2 Agustus 2023

Diperbaiki:

25 Oktober 2023

Disetujui:

1 November 2023

Keyword

Acoustic Impulse

Response;

Artificial Neural

Network;

Melon;

Non-Destructive test

ABSTRACT

*Melon (*Cucumis melo* L.) is one of the favorite fruits in Indonesia. The relatively short harvest period and high price of melons make melons a superior business commodity. Quality testing of melon fruit is still widely done by relying on destructive testing, which damages the fruit. Therefore, a non-destructive testing approach is needed to predict the parameter values of the physicochemical properties of melon fruit non-destructively with acoustic impulse technology. This study aims to develop a model to predict the physicochemical properties of melon based on parameters of acoustic properties. A total of 120 Honey Globe melons (*Cucumis melo* var. *inodorus*) cultivated in the Greenhouse FRC UGM were used as samples. Each fruit was measured non-destructively using knocking tools to generate data on dominant frequency, magnitude, zero-moment power (M_0), and short-term energy (STE). Destructive testing was subsequently conducted to measure moisture content, total soluble solids, and hardness. The destructive and non-destructive test data obtained were processed using an artificial neural network (ANN) to build a prediction model. The training algorithm used was Backpropagation. The results of the ANN training showed the best network structure was 4-4-1. The best learning rates used are 0.1 and 1. Analysis of the reliability of predictions using artificial neural networks carried out based on the calculation of R^2 and Mean Squared Error (MSE) values shows that the prediction model consisting of model I, model II, and model III can fulfill the predictions made with high R^2 test values, which are sequentially 0.98875; 0.96716; and 0.9215; and MSE values that are relatively small, which are sequentially 0.0016; 0.5296; and 0.2002.*



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : nafis.khuriyati@ugm.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v18i3.21746

PENDAHULUAN

Melon (*Cucumis melo* L.) merupakan komoditas hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi dan dapat ditanam sebagai sumber pendapatan. Selain menjadi bahan baku industri olahan, melon dengan rasanya yang manis merupakan sumber vitamin dalam makanan masyarakat Indonesia. Masa panen yang relative singkat dan harga melon yang tinggi menjadikan melon sebagai komoditas komersial unggulan (Annisa and Gustia 2018). Namun, Badan Pusat Statistik menyebutkan produksi melon Indonesia menurun pada tahun 2021 dibandingkan tahun sebelumnya. Penurunan produksi melon dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor salah satunya kualitas melon.

Tingkat kemanisan dan kekerasan melon (*Cucumis melo* L.) secara tradisional dinilai secara subyektif berdasarkan penampilan visual, ukuran, dan aroma buah daripada kualitas internal yang menyebabkan variasi kualitas melon. Selain itu, teknik yang digunakan untuk menentukan kualitas melon masih dilakukan dengan cara *destructive sampling*. Hal tersebut dinilai kurang akurat dan tidak efektif. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang objektif dan tidak merusak atau non-destruktif untuk mengevaluasi mutu melon.

Pengujian non-destruktif memungkinkan bahan untuk dianalisis tanpa mengubah atau menghancurkan kegunaannya dan secara bersamaan meningkatkan keandalan produk, mencegah kecelakaan, dan menurunkan biaya produksi dibandingkan dengan pengujian destruktif (Phey *et al.* 2020). Salah satu uji non-destruktif yang dapat digunakan adalah uji impuls akustik. Uji ini berdasarkan pada prinsip bahwa kepadatan dan permukaan buah mempengaruhi kecepatan gelombang suara yang melewati buah (Yamamoto *et al.* 1980). Uji ini telah banyak dilakukan oleh peneliti. Pamungkas and Bintoro (2021) menyebutkan bahwa karakteristik fisikokimia dari melon 'Premier' mempunyai hubungan yang cukup baik dengan karakteristik akustik. Penelitian yang dilakukan oleh Khoshnam *et al.* (2015) menghasilkan adanya korelasi yang sangat tinggi antara frekuensi resonansi dengan total padatan terlarut (TPT) pada melon varietas 'Zard-Eyvanekey' dan 'Sousky-Sabz'.

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut (1) menggunakan jaringan saraf tiruan untuk

membentuk model prediksi nilai parameter sifat fisikokimia melon berdasarkan nilai parameter sifat akustik dan (2) menganalisis keandalan prediksi menggunakan jaringan syaraf tiruan terhadap parameter sifat fisikokimia melon.

METODE

Bahan dan Alat

Sebanyak 120 melon Honey Globe (*Cucumis melo* var *Inodorus*) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari kebun melon *Greenhouse Field Research Centre* UGM di wilayah Wates, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. Melon yang digunakan memiliki 5 taraf umur buah yaitu 45, 51, 55, 60, dan 65 hari setelah tanam (HST).

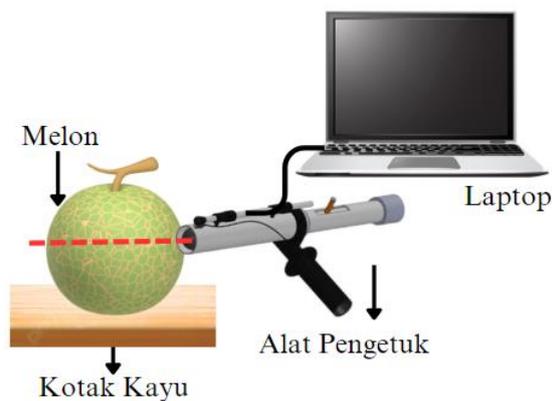
Terdapat dua jenis alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat uji non-destruktif dan alat uji destruktif. Laptop dan alat pengetuk digunakan untuk pengujian non-destruktif, dimana alat pengetuk yang dibuat sendiri dengan mengacu pada penelitian oleh Pamungkas and Bintoro (2021). Alat pengetuk digunakan untuk mengumpulkan data sifat akustik. Prinsip kerja alat pengetuk tersebut ialah menggantikan tepukan tangan untuk menghilangkan subjektivitas pengukuran.

Nilai parameter fisikokimia, seperti kekerasan, total padatan terlarut (TPT), dan kadar air diukur dengan menggunakan peralatan pengujian destruktif. *Fruit hardness tester* Fujiwara KM-5 yang memiliki skala pengukuran 50 gram dan tekanan pengukuran maksimum 5 kilogram, digunakan untuk mengukur kekerasan daging melon. *Pocket refractometer* 'ATAGO' model PAL 15S digunakan untuk mengukur total padatan terlarut. Derajat Brix digunakan untuk menyatakan unit pengukuran TPT.

Pengukuran Sifat Akustik

Melon ditempatkan pada sebuah kotak kayu untuk pengukuran sifat akustik. Kemudian, dengan menggunakan alat pengetuk sampel buah diketuk dari jarak $\pm 0,5$ cm dari permukaan kulit buah. Melon diketuk sebanyak tiga kali pada tiga titik yang berbeda. Hasil dari data akustik tersebut kemudian direkam dalam format wav menggunakan *software* Audacity 3.3.3 dengan *project rate* 44100 Hz dan durasi ± 1 detik. Data suara kemudian dianalisis dengan *software* Matlab untuk menentukan nilai beberapa parameter sifat akustik seperti frekuensi dominan (f), magnitudo,

zero moment power (M_0), dan *short term energy* (STE). Gambar 1 menampilkan pengukuran data karakteristik sifat akustik.



Gambar 1 Pengukuran Sifat Akustik

Pengukuran Sifat Fisikokimia

Kekerasan

Fruit Hardness Tester digunakan untuk mengukur kekerasan daging melon. Melon segar diletakkan di atas alas atau meja, kemudian ditusuk pada 3 titik yang berbeda sebanyak 3 kali ulangan untuk setiap umur panen yang berbeda. Layar penetrometer akan menampilkan nilai kekerasan daging melon. Hasilnya dinyatakan dalam satuan *kilogram force* (kgf).

Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut diukur menggunakan alat refractometer digital sesuai dengan metode AOAC 1994 yang dinyatakan dengan derajat Brix ($^{\circ}$ Brix). Pertama buah dihancurkan menggunakan *food processor* kemudian jus yang dihasilkan ditempatkan pada prisma ukur pada refraktometer, hingga nilai total padatan terlarut (TPT) terlihat secara langsung pada layar. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Hasil pembacaan total padatan terlarut (TPT) dalam daging buah oleh refractometer dinyatakan dalam $^{\circ}$ Brix.

Kadar Air

Kadar air diukur menggunakan metode Thermogravimetri dengan prinsip mengukur kadar air buah yang diamati dengan basis basah. Botol timbang yang akan digunakan ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui bobot botol timbang tersebut, kemudian sampel seberat 5-6 gram ditimbang bersama botol timbang untuk diketahui berat awal bahan (a). Sampel dikeringkan selama 3 jam pertama dalam oven dengan suhu 105°C , kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama

10-15 menit. Sampel kemudian ditimbang, kemudian sampel dikeringkan kembali dalam oven selama 2 jam pada suhu 105°C . Untuk mendapatkan berat kering bahan (b), sampel yang telah dikeringkan ditimbang kembali setelah sebelumnya dimasukkan ke dalam desikator selama 10-15 menit. Sampel tidak perlu dikeringkan kembali jika selisih nilai sampel stabil atau tidak lebih dari 0,02 gram. Persamaan (1) digunakan untuk menghitung kadar air.

$$\text{kadar air} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \quad \text{Pers.(1)}$$

Keterangan :

a = bobot bahan sebelum dikeringkan (massa sampel basah)

b = bobot bahan setelah dikeringkan (massa sampel kering)

Pengembangan Model

Pada penelitian ini variabel-variabel yang digunakan ialah data nilai parameter sifat akustik dan data nilai parameter sifat fisikokimia melon. Set data yang ada, dilakukan pembersihan data (*data cleaning*) untuk menghindari adanya *outlier*, *missing value*, dan data yang berlebihan. Data yang diperoleh setelah melalui proses pembersihan data dikonversi untuk menormalisasi data penelitian yang akan digunakan. Normalisasi data dilakukan dengan metode *min-max normalization*. Metode ini mengubah data ke dalam rentang yang lebih kecil, dimana data diubah menjadi *range* 0 hingga 1 (Chamidah *et al.* 2012). Transformasi data berfungsi untuk membuat seluruh data berada pada *range* tersebut karena data yang digunakan memiliki *range* yang berbeda-beda.

Jaringan syaraf tiruan yang dikembangkan merupakan jaringan syaraf tiruan yang tersusun atas tiga lapisan, yaitu lapisan *input*/masukan, lapisan tersembunyi, dan lapisan *output*/keluaran. Lapisan *input* yang digunakan mencakup data hasil pengukuran parameter sifat akustik. Lapisan *output* menggunakan data hasil pengukuran parameter sifat fisikokimia melon.

Algoritma pelatihan *backpropagation* adalah algoritma pelatihan/*training* JST yang digunakan dalam penelitian ini. Fase propagasi maju, fase propagasi mundur, dan fase perubahan bobot dan bias adalah tiga tahap dari algoritma pelatihan *backpropagation*. Bobot dan bias secara berulang atau dilatih terus menerus sebagai bagian dari proses pelatihan untuk mengidentifikasi persamaan yang optimal (Dahwanu and Sarjono

2019). Terdapat tiga model yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model I adalah model JST yang menggabungkan 4 masukan (*input*) yang berasal dari pengolahan parameter sifat akustik seperti frekuensi dominan, magnitudo, *zero moment power*, dan *short term energy* dengan 1 keluaran sifat fisikokimia melon yaitu kekerasan.
2. Model II adalah model JST yang menggabungkan 4 buah masukan (*input*) yang berasal dari pengolahan parameter sifat akustik seperti frekuensi dominan, magnitudo, *zero moment power*, dan *short term energy* dengan 1 keluaran sifat fisikokimia melon yaitu total padatan terlarut.
3. Model III adalah model JST yang menggabungkan 4 buah masukan (*input*) yang berasal dari pengolahan parameter sifat akustik diantaranya frekuensi dominan, magnitudo, *zero moment power*, dan *short term energy* dengan 1 keluaran sifat fisikokimia melon yaitu kadar air.

Analisis Data

Source code dari penelitian Pamungkas and Bintoro (2021) digunakan untuk menganalisis data suara yang diperoleh dari rekaman. Dilakukan analisis korelasi untuk mengetahui korelasi hubungan yang terbentuk antara parameter sifat akustik dan parameter sifat fisikokimia melon. Analisis korelasi yang dilakukan menggunakan *Pearson Correlation* dengan bantuan Google Collab.

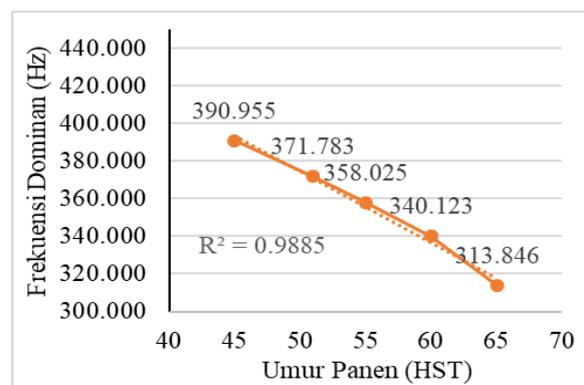
Kinerja arsitektur JST pada penelitian ini dilihat dari nilai MSE. Sistem yang dibangun dianggap telah mampu diimplementasikan ke dalam system jika nilai MSE mendekati 0 (nol) berdasarkan hasil validasi. Koefisien korelasi (R^2) merupakan indikator lain yang digunakan untuk mengukur kualitas dari JST. Nilai R^2 menunjukkan hubungan antara nilai target dan nilai keluaran yang dihasilkan oleh JST. Baik atau tidaknya nilai R dilihat dari rentang antara -1 dan 1. Nilai target dan nilai *output* akan bernilai sama persis jika prediksi akurat ($R=1$). Nilai ini menunjukkan korelasi yang sempurna antara nilai target dan nilai keluaran. Sebaliknya, nilai R^2 hasil prediksi yang mendekati -1 menunjukkan tidak ada korelasi antara nilai target dan nilai keluaran (Kardan et al. 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Karakteristik Sifat Akustik

Frekuensi Dominan (f)

Menurut (Khoshnam et al. 2015) kematangan buah diiringi dengan penurunan nilai frekuensi dominan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang didapatkan dimana nilai frekuensi dominan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya umur buah. Nilai frekuensi dominan ditunjukkan pada Gambar 2.

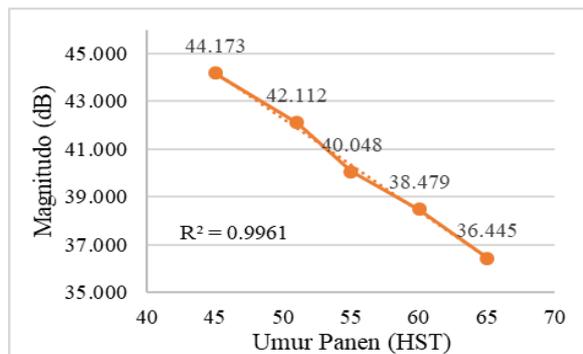


Gambar 2 Perubahan nilai frekuensi dominan pada umur panen berbeda

Menurut Karthickumar et al. (2018) frekuensi dominan mempunyai kaitan yang erat dengan kekerasan daging buah, dan frekuensi dominan menurun seiring dengan semakin matangnya buah. Sampel buah yang belum matang menunjukkan nilai frekuensi dominan yang lebih tinggi karena kekerasan buah, sementara daging buah mengalami penurunan kekerasan seiring dengan semakin matangnya buah dibandingkan dengan buah yang belum matang. Jadi, frekuensi dominan menunjukkan tren menurun dengan bertambahnya usia buah.

Magnitudo

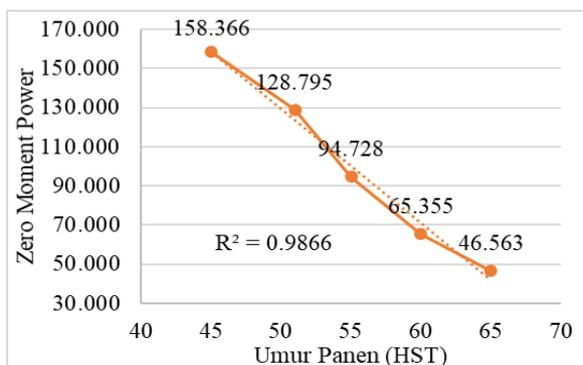
Perubahan nilai magnitudo melon dapat dilihat pada Gambar 3. Nilai magnitudo mempunyai tren menurun seiring dengan meningkatnya umur panen melon. Menurunnya nilai magnitudo ini berkaitan dengan kekerasan pada melon. Intensitas bunyi ketukan berkurang dengan menurunnya nilai magnitudo. Hal ini berkaitan dengan perubahan pada kekerasan daging melon. Tekstur daging melon lunak seiring bertambahnya umur buah, sehingga meningkatkan kapasitas buah untuk meredam suara (Agusta and Ahmad 2016).



Gambar 3 Perubahan nilai magnitudo pada umur panen berbeda

Zero Moment Power (Mo)

Energi sinyal yang ditransmisikan atau diteruskan dalam suatu medium diwakili oleh nilai Mo. Gambar 4 menunjukkan perubahan nilai zero moment power (Mo) melon dapat dilihat pada Gambar 4. Hubungan zero moment power dengan umur panen buah berbanding terbalik. Dimana seiring bertambahnya umur panen melon, nilai zero moment power semakin turun.



Gambar 4 Perubahan nilai zero moment power pada umur panen berbeda

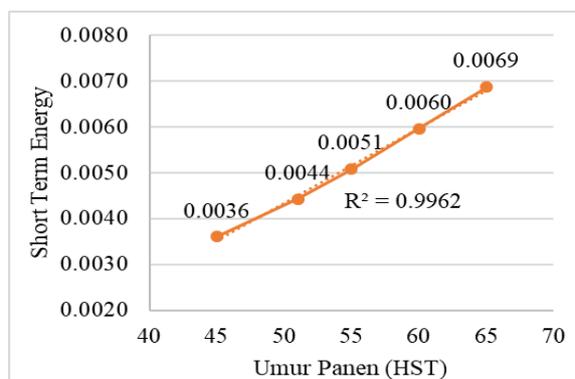
Tren penurunan nilai Mo yang terlihat pada penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Agusta and Ahmad (2016). Penurunan nilai magnitudo gelombang suara berbanding lurus dengan perubahan nilai Mo. Semakin banyak energi yang diserap dan ditransfer oleh melon, semakin sedikit energi yang dipantulkan ke mikrofon.

Menurut Haryanto et al. (2000) nilai Mo yang kecil menunjukkan jumlah resistensi dalam medium yang dilalui gelombang. Hal ini terkait dengan perubahan sifat fisik yakni kekerasan. Kekerasan buah yang rendah ditunjukkan oleh nilai Mo yang rendah.

Short Term Energy (STE)

Seiring bertambahnya umur panen, terdapat kecenderungan nilai STE untuk meningkat. Gambar 5 mengilustrasikan pergeseran nilai ini.

Gelombang akustik dapat berinteraksi dengan beberapa benda. Gelombang tersebut dapat ditransmisikan, dipantulkan, dibiaskan, atau diserap. Sifat objek atau benda yang berinteraksi dengan gelombang dapat digunakan untuk memahami fenomena ini (Juansah et al. 2006).

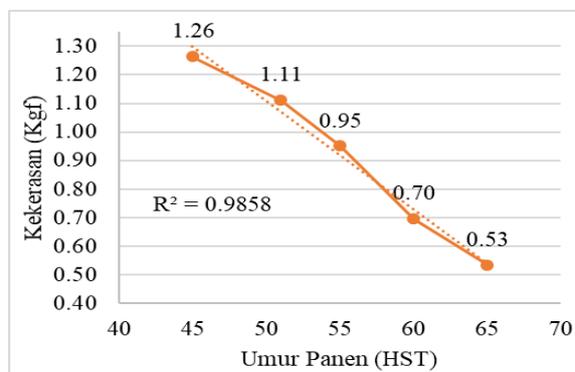


Gambar 5 Perubahan nilai short term energy pada umur panen berbeda

Perubahan Karakteristik Sifat Fisikokimia

Kekerasan

Proses pematangan buah dapat merubah ciri-ciri fisik dan tekstur dari buah tersebut, salah satunya perubahan kekerasan buah. Perubahan kekerasan daging melon mempunyai tren menurun. Perubahan kekerasan daging melon ditampilkan pada Gambar 6.



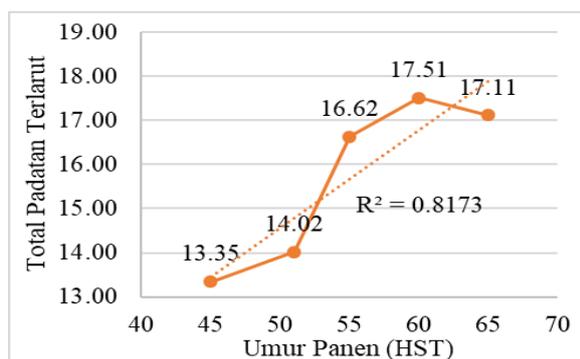
Gambar 6 Perubahan nilai kekerasan pada umur panen berbeda

Diakibatkan proses fisiologis terus berlanjut dari pertumbuhan dan perkembangan buah hingga tahap pematangan yang optimum, maka penurunan nilai kekerasan melon dan peningkatan

umur panen secara langsung berkaitan dengan perkembangan buah. Zat pektin dan hemiselulosa yang merupakan bagian penyusun struktur dinding sel akan terurai menjadi komponen yang larut dalam air sehingga mengubah jumlah keseluruhan zat pektin yang mempengaruhi kekerasan buah atau menyebabkan proses pelunakan pada buah (Muchtadi *et al.* 2011).

Total Padatan Terlarut (TPT)

Nilai total padatan terlarut yang dinyatakan dalam derajat Brix ($^{\circ}$ Brix) berperan sebagai indikator tingkat kemanisan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, nilai rata-rata total padatan terlarut (TPT) pada melon menunjukkan adanya kecenderungan meningkat. Gambar 7 menampilkan perubahan nilai rata-rata TPS melon pada umur panen yang berbeda.

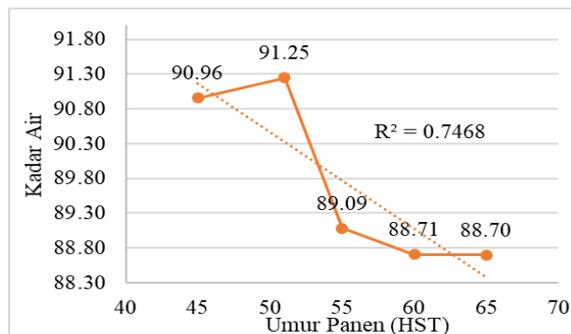


Gambar 7 Perubahan nilai total padatan terlarut pada umur panen berbeda

Nilai TPT buah berkaitan erat dengan kandungan karbohidratnya karena memiliki susunan kimia yang sama dengan gula. Melon yang memiliki tingkat kemanisan yang rendah, menurut (Santoso (2010) dalam Setiawati and Bafdal, 2020) adalah melon yang masih muda karena kandungan pati (polisakarida) yang ada dalam buah belum terkonversi menjadi sakarida. Enzim forforilase, glukoamilase, dan amilase memecah komponen karbohidrat buah secara enzimatik. Disebabkan laju respirasi terus meningkat hingga menghasilkan sukrosa, glukosa, dan fruktosa, maka kadar TPT akan meningkat.

Kadar Air

Nilai rata-rata kadar air melon cenderung menurun seiring bertambahnya umur panen buah. Perubahan nilai rata-rata kadar air melon ditampilkan pada Gambar 8. Penelitian Cho *et al.* (2022) juga menunjukkan tren penurunan kadar air, yang konsisten dengan hasil dari penelitian ini bahwa kadar air melon mengalami penurunan.

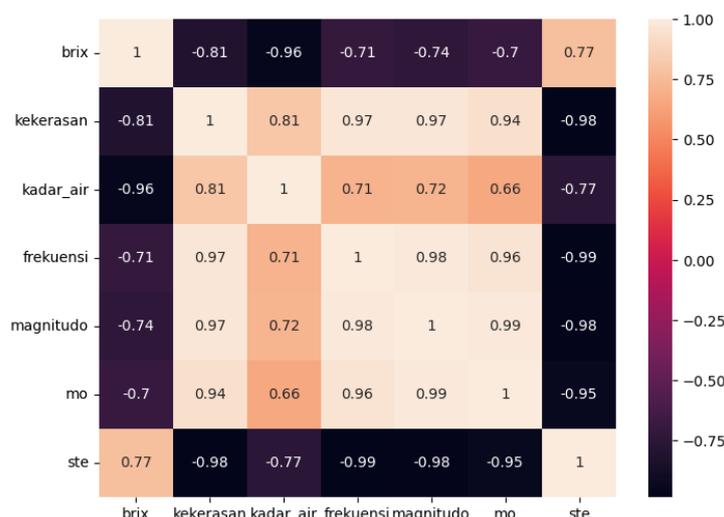


Gambar 8 Perubahan nilai kadar air pada umur panen berbeda

Proses transpirasi dan respirasi yang terjadi pada buah mengakibatkan hilangnya air secara signifikan. Hal ini menyebabkan menurunnya kadar air pada melon. Selama buah masih terhubung dengan tanaman, pembuluh xilem dan floem akan mengisi kembali cadangan air yang hilang atau cadangan air yang telah habis. Proses transpirasi dan respirasi akan terus berlangsung setelah panen, selama fase ini buah memanfaatkan air yang tersimpan di jaringan buah atau di tangkai yang dipotong bersama buah. Namun tidak ada yang menyediakan air, mineral, dan fotosintesis bagi tubuh buah. Hal ini menyebabkan kadar air dalam buah menurun (Khairi *et al.* 2017).

Analisis Hubungan Antarparameter

Uji korelasi *Pearson Correlation* digunakan untuk menganalisis hubungan antara parameter sifat akustik dengan parameter mutu fisikokimia melon. Pengujian korelasi dilakukan untuk melihat apakah terdapat hubungan yang signifikan antara variabel *input/independen* dengan variabel *output/dependen* (Setiawan 2019). Empat variabel *input* yaitu frekuensi dominan, magnitudo, *zero moment power*, dan *short term energy* berperan sebagai subjek uji korelasi. Korelasi dilakukan untuk memastikan apakah terdapat hubungan, seberapa kuat atau lemahnya hubungan tersebut, dan arah hubungan antara variabel *input* terhadap variabel *output* yaitu kekerasan, total padatan terlarut, dan kadar air. Gambar 9 menunjukkan korelasi dari variabel independen dengan variabel dependen. Perbedaan warna yang ditunjukkan pada gambar 9 menggambarkan tingkat korelasi yang berbeda. Warna yang lebih mendekati terang menunjukkan korelasi positif yang kuat, sebaliknya warna yang lebih mendekati gelap menunjukkan korelasi negatif yang kuat.



Gambar 9 Hasil uji korelasi

Tabel 1 Hasil Pelatihan dan Validasi Model JST

Model JST	Struktur	Epoch	M*	Lr**	Pelatihan		Validasi		Testing	
					R ²	MSE	R ²	MSE	R ²	MSE
Model I	4-4-1	1000	0,1	0,0001	0,98655	0,0024	0,9849	0,0036	0,98683	0,0036
	4-4-1	1000	0,1	0,001	0,99034	0,0020	0,98934	0,0031	0,98983	0,0031
	4-4-1	1000	0,1	0,01	0,97743	0,0041	0,97353	0,0069	0,99101	0,0069
	4-4-1	1000	0,1	0,1	0,99125	0,0016	0,98747	0,0036	0,98875	0,0036
	4-4-1	1000	0,1	1	0,98646	0,0026	0,98302	0,0036	0,98846	0,0036
Model II	4-4-1	1000	0,1	0,0001	0,95252	0,7528	0,93395	1,5915	0,88588	1,5915
	4-4-1	1000	0,1	0,001	0,96547	0,5506	0,96512	0,8736	0,92765	0,8736
	4-4-1	1000	0,1	0,01	0,96418	0,5708	0,96887	0,7991	0,94288	0,7991
	4-4-1	1000	0,1	0,1	0,94487	0,8734	0,925	1,8341	0,90737	1,8341
	4-4-1	1000	0,1	1	0,96732	0,5296	0,95666	0,7496	0,96716	0,7496
Model III	4-4-1	1000	0,1	0,0001	0,92786	0,5508	0,81486	1,8054	0,89836	1,8054
	4-4-1	1000	0,1	0,001	0,89627	0,7772	0,83876	1,4014	0,91504	1,4014
	4-4-1	1000	0,1	0,01	0,95738	0,3296	0,93301	0,6192	0,92168	0,6192
	4-4-1	1000	0,1	0,1	0,96572	0,2664	0,91299	0,7550	0,94254	0,7550
	4-4-1	1000	0,1	1	0,97431	0,2002	0,93751	0,5786	0,9215	0,5786

M* = momentum

Lr** = learning rate

Berdasarkan hasil uji korelasi yang dilakukan terhadap frekuensi dominan, magnitudo, zero moment power, dan short term energy semua variabel independen menunjukkan tingkat korelasi tinggi dengan variabel dependen. Berdasarkan hasil uji korelasi tersebut, diperoleh keempat variabel independen dinilai memiliki korelasi yang kuat dengan variabel dependen. Oleh karena itu, pelatihan JST menggunakan empat input yaitu frekuensi dominan, magnitudo, zero moment power, dan short term energy, dan tiga variabel dependen seperti kekerasan, total padatan terlarut, dan kadar air melon digunakan sebagai data output.

Penentuan Model Prediksi JST

Penerapan JST pada penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu melakukan pelatihan, validasi, dan verifikasi. Dataset yang digunakan terdiri dari 120 data kemudian dibagi menjadi data pelatihan (training), data validasi (validation), dan data verifikasi (testing). Data pelatihan, validasi, dan verifikasi dibagi dengan perbandingan 80%(n=96), 10%(n=12), dan 10%(n=12) dari keseluruhan data yang ada. Data pelatihan, validasi, dan verifikasi dipilih secara acak menggunakan software RapidMiner Studio.

Menurut Kardan et al. (2013) tidak ada rumus yang pasti untuk memilih arsitektur JST

yang terbaik untuk digunakan pada suatu sistem. *Trial and error* harus dilakukan untuk menemukan arsitektur JST dan parameter pelatihan JST. Penentuan jumlah neuron dan jumlah lapisan tersembunyi pada penelitian ini dilakukan berdasarkan *rules of thumbs*, didapatkan struktur jaringan yang digunakan adalah 4-4-1, yaitu terdapat 4 *input*, 4 *neuron* pada *hidden layer*, dan 1 *output*. Dalam penelitian ini parameter pelatihan juga ditentukan secara *trial and error*. Sedangkan parameter *momentum* dan *epoch* yang digunakan adalah 0,1 dan 1000. Parameter *learning rate* yang digunakan bervariasi dimulai dari nilai 0,0001 hingga 1.

Hasil terbaik untuk setiap arsitektur dibandingkan setelah dilakukan, kinerja JST pada setiap model dibandingkan pada Tabel 1. Nilai MSE dan R^2 yang diperoleh selama fase pelatihan JST dan validasi serta pengujian digunakan untuk membandingkan kinerja model JST pada masing-masing model.

Keandalan JST dapat dilihat dari nilai R^2 yang ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai R^2 *testing* untuk masing-masing model JST secara berurutan adalah 0,98875; 0,96716; dan 0,9215. Hasil ini menunjukkan bahwa pada Model I sebanyak 98,875% variansi pada set data uji dapat dijelaskan oleh model. Lalu, pada Model II, model dapat menjelaskan hingga 96,716% dari variansi dalam set data uji. Model III didapatkan sebanyak 92,15% variansi dalam set data uji yang dapat dijelaskan oleh model. Nilai R^2 menunjukkan seberapa baik data *input* dapat diprediksi. Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan prediksi yang tepat dalam sebuah model (Dananjaya *et al.* 2022). Pada ketiga model prediksi di atas, semua nilai R^2 *testing* diklasifikasikan kedalam tingkat yang dapat diterima untuk dapat mengaplikasikan model tersebut.

Nilai MSE menunjukkan seberapa besar variasi nilai *error* yang dihasilkan oleh jaringan. Berdasarkan Tabel 1, hasil validasi menunjukkan bahwa nilai MSE pada masing-masing model JST secara berturut-turut adalah 0,0036; 0,7496; dan 0,5786. Apabila nilai MSE kurang 10%, maka hasil nilai MSE dapat dikatakan sangat baik (Hamdanah and Fitriana 2021). Sehingga pada penelitian ini, model JST yang dihasilkan sudah dapat dikatakan baik. Namun, nilai MSE yang diperoleh pada saat proses validasi dan *testing* pada Model I hingga Model III lebih tinggi dibandingkan dengan nilai MSE pada saat pelatihan. Fakta bahwa nilai MSE selama tahap

pelatihan lebih rendah daripada nilai MSE pada tahap validasi dan pengujian menunjukkan bahwa terjadi kondisi *overfitting* dimana performa MSE saat proses pelatihan. Kejadian *overfitting* diidentifikasi oleh nilai MSE yang kecil yang dihasilkan selama proses pelatihan sedangkan nilai MSE pada proses validasi dan pengujian lebih tinggi dari hasil pelatihan. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan tidak dapat menggeneralisasi data baru karena menghafal terlalu banyak pola data dari set data pelatihan.

Ketika menggunakan JST, peristiwa *underfitting* dan *overfitting* sering menjadi masalah. Masalah ini terjadi karena tidak ada teori yang dapat memustikan jumlah neuron tersembunyi yang sebenarnya hingga mampu dikatakan “terlalu sedikit” atau “terlalu banyak”. Berdasarkan teori, *hidden neuron* ditambahkan jika nilai MSE meningkat atau kinerja JST konvergen secara perlahan. Sebaliknya, jika jaringan terus menerus menghasilkan nilai keluaran yang sama meskipun menggunakan nilai *epoch* yang besar, maka jumlah *neuron* akan diturunkan (Khashei and Bijari 2010).

KESIMPULAN

Empat parameter input, yaitu frekuensi dominan, magnitudo, *zero moment power*, dan *short term energy*, dan tiga parameter *output* yaitu kekerasan, total padatan terlarut, dan kadar air dapat digunakan untuk memodelkan prediksi sifat fisikokimia melon menggunakan JST. Struktur JST optimum adalah 4-4-1 dengan *learning rate* sebesar 0,1 dan 1. Struktur tersebut menghasilkan nilai MSE *training* sebesar 0,0016 pada Model I, 0,5296 pada Model II, dan 0,2002 pada Model III. Model I, Model II, dan Model II memiliki nilai MSE *testing* masing-masing sebesar 0,0036; 0,7496; dan 0,5786. Pada Model I, nilai R^2 *testing* sebesar 0,98875; pada Model II sebesar 0,96716; dan nilai R^2 pada Model III sebesar 0,9215. Hal ini menunjukkan bahwa model tersebut dapat memenuhi prediksi yang dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *Greenhouse Field Research Center* Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan dukungan material dan fasilitas penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Agusta, W., and U. Ahmad. 2016. Study on Golden Apollo Melon Ripeness Level

- Using Acoustic Impulse Parameters. *Jurnal Keteknik Pertanian* 04(2):1–8.
- Annisa, P., and H. Gustia. 2018. Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Melon Terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair *Tithonia diversifolia*. *Prosiding SEMNASTAN*:104–114.
- Chamidah, N., W. Jurusan Teknik Informatika, U. Salamah, and K. Kunci Backpropagasi. 2012. Pengaruh Normalisasi Data pada Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagasi Gradient Descent Adaptive Gain (BPGDAG) untuk Klasifikasi. *Jurnal Itsmart* 1(1):28–33.
- Cho, B. H., K. B. Lee, Y. Hong, and K. C. Kim. 2022. Determination of Internal Quality Indices in Oriental Melon Using Snapshot-Type Hyperspectral Image and Machine Learning Model. *Agronomy* 12(9).
- Dahwanu, O., and Sarjono. 2019. Analisis dan Perancangan Jaringan Saraf Tiruan untuk Mengidentifikasi Tingkat Kematangan Buah Belimbing Manis (*Averrhoa carambola* L.). *Jurnal Manajemen Sistem Informasi* 4(1):65–74.
- Dananjaya, R. H., S. Sutrisno, and S. Fitriady. 2022. Penerapan Artificial Neural Network (Ann) Dalam Memprediksi Kapasitas Dukung Fondasi Tiang. *Matriks Teknik Sipil* 10(4):419.
- Hamdanah, F. H., and D. Fitrihanah. 2021. Analisis Performansi Algoritma Linear Regression dengan Generalized Linear Model untuk Prediksi Penjualan pada Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)* 10(1):23.
- Haryanto, B., I. W. Budiastra, and A. Trisnobudi. 2000. Hubungan Antara Sifat Fisik dan Gelombang Ultrasonik Durian Utuh dengan Sifat Fisiko Kimia Daging Durian XI(2).
- Juansah, J., I. W. Budiastra, and Suroso. 2006. Pengembangan Sistem Pengukuran Gelombang Ultrasonik Untuk Penentuan Kualitas Buah Manggis (*Gracinia mangostana* L) 2(2):167–178.
- Kardan, A. A., H. Sadeghi, S. S. Ghidary, and M. R. F. Sani. 2013. Prediction of student course selection in online higher education institutes using neural network. *Computers and Education* 65:1–11.
- Karthickumar, P., V. R. Sinija, K. Alagusundaram, and B. K. Yadav. 2018. Evaluation of muskmelon ripening based on acoustic response. *Journal of Applied Horticulture* 20(2):125–128.
- Khairi, A. N., A. F. Falah, and A. P. Pamungkas. 2017. Analisis Mutu Pascapanen Melon (*Cucumis melo* L.) Kultivar Glamour Sakata Selama Penyimpanan. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia* 4(2):47.
- Khashei, M., and M. Bijari. 2010. An artificial neural network (p, d, q) model for timeseries forecasting. *Expert Systems with Applications* 37(1):479–489.
- Khoshnam, F., M. Namjoo, and H. Golbakhshi. 2015. Acoustic testing for melon fruit ripeness evaluation during different stages of ripening. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 80(4):197–204.
- Muchtadi, T., Sugiyono, and F. Ayustaningwarno. 2011. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Cetakan 3. CV. Alfabeta, Bandung.
- Pamungkas, W. A., and N. Bintoro. 2021. Karakteristik kematangan buah melon ‘premier’ (*Cucumis melo* L.) Berdasarkan sifat akustik. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 15(3):715–727.
- Phey, O., N. Hashim, and B. Maringgal. 2020. Quality evaluation of mango using non-destructive approaches: A review. *Journal of Agricultural and Food Engineering* 1(1):1–8.
- Setiawan, S. 2019. *Analisis Korelasi dan Regresi Linier Sederhana Dengan SPSS Versi 24*. Page Statistik.
- Setiawati, R., and N. Bafdal. 2020. Dampak Kualitas Air Tanah Terhadap Kualitas Melon (*Cucumis Melo* L.). *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian* 4(2):83–93.
- Yamamoto, H., M. Iwamoto, and S. Haginuma. 1980. Acoustic Impulse Response Method for Measuring Natural Frequency of Intact Fruits and Preliminary Applications To Internal Quality Evaluation of Apples and Watermelons. *Journal of Texture Studies* 11(2):117–136.