

## OPTIMASI PARAMETER INPUT SELAMA PENYIMPANAN PEPAYA IPB 1 DENGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN DAN ALGORITMA GENETIK

Enrico Syaefullah<sup>1</sup>, Ismi Makhmudah<sup>2</sup>, Sutrisno<sup>3</sup>, dan Suroso<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Staf Peneliti Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Tengah

<sup>2</sup> Mahasiswa TEP Fateta IPB Bogor

<sup>3</sup> Departemen Keteknikan Pertanian Fateta IPB Bogor

### ABSTRACT

*The objective of this research was to determine the optimum input parameter during papaya IPB 1 storage using artificial neural network (ANN) and genetics algorithms (GA). ANN was used to prediction correlation input parameter and papaya quality parameter. Based data variant was built five scenario. Optimization propagation algorithm structure with trial error iteration, hidden layer unit, momentum and input unit variation. Input parameter significantly to quality parameter is maturity level, storage temperature and storage time. Coefficient of determination ( $R^2$ ) total soluble solid (TSS) and hardness prediction and measurement were 0.8984, 0.7668 for training and 0.3189, 0.431 for validation. Root Mean Square Error (RMSE) were 0.00241. If want to minimization in papaya quality change during maximum storage (182.503 hours) papaya was storage in 0% of maturity level and 5°C of storage time.*

**Keywords :** papaya, artificial neural network, genetics algorithms, storage

### ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah optimasi parameter input selama penyimpanan pepaya IPB 1 menggunakan jaringan syaraf tiruan dan algoritma genetik. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) digunakan sebagai teknik pendugaan hubungan parameter input dan parameter mutu pepaya. Berdasarkan keberagaman data dibangun lima skenario. Optimasi struktur algoritma propagasi balik dengan trial error iterasi, unit lapisan tersembunyi, momentum dan variasi unit input. Parameter input yang signifikan pada parameter mutu adalah tingkat kematangan, suhu simpan dan lama simpan. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) antara nilai pendugaan dan pengukuran TPT dan kekerasan yang dihasilkan adalah 0.8984, 0.7668 pada pelatihan dan 0.3189 dan 0.431 pada validasi. Root Mean Square Error (RMSE) yang dihasilkan adalah 0.00241. Jika diinginkan terjadi minimisasi perubahan mutu pepaya selama lama simpan yang maksimum (182.503 jam) maka pepaya disimpan pada tingkat kematangan 0% dan suhu simpan 5°C.

**Kata Kunci :** pepaya, jaringan syaraf tiruan, algoritma genetika, penyimpanan

## PENDAHULUAN

Sebagai buah segar yang tidak mengenal musim di Indonesia tanaman pepaya dapat tumbuh di semua daerah, produksi pepaya di Indonesia dari tahun 2002 sampai tahun 2006 sebesar 605.194 ton, 626.745 ton, 732.611 ton, 548.657 ton, 643.451 ton, dengan total ekspor pada tahun 2006 sebesar 140.083 kg yang bernilai USD 62.924

Salah satu jenis pepaya unggul yang telah dikembangkan di Indonesia adalah pepaya IPB 1. Pepaya IPB 1 yang lebih dikenal dengan nama Arum memiliki kulit buah yang berwarna hijau muda, berubah menjadi kuning pada bagian ujungnya ketika mulai matang. Daging buah matang berwarna kuning sampai jingga kemerahan serta memiliki aroma yang khas. Bentuk buah lonjong, ukuran buah kecil, panjang buah  $\pm 14$  cm, diameter buah  $\pm 10$  cm, dan bobot per buah  $\pm 500$  gr. Pepaya IPB 1 berasal dari indukan pepaya eksotika yang diperoleh dari rangkaian penelitian pemuliaan tanaman yang dilakukan oleh Pusat Kajian Buah-Buahan Tropis (PKBT) IPB.

Seiring dengan kemajuan zaman maka akan terbentuk pola pikir masyarakat yang akan selalu berusaha untuk memenuhi standar konsumsi buah-buahan sebagai asupan gizi. Tidak diragukan lagi, permintaan terhadap aneka produk hortikultura akan terus meningkat. Selaras dengan pola pikir masyarakat yang terbentuk, pengetahuan terhadap seluruh faktor kualitas atau mutu suatu produk juga akan terbentuk sehingga tuntutan pasar terhadap mutu suatu produk akan semakin meningkat dalam arti bahwa konsumen akan semakin cermat dan spesifik dalam memilih suatu produk. Perubahan mutu hasil hortikultura termasuk warna, kekerasan, aroma dan citarasa merupakan faktor kritis bagi konsumen dalam memutuskan pembelian suatu komoditas .

Akan tetapi, ada beberapa kendala yang perlu diperhatikan dalam mengatasi masalah produk buah-buahan Indonesia yaitu: mutu standardisasi produk, keamanan pangan, budidaya tanaman yang baik, penanganan pasca panen, promosi dan pengembangan pasar. Ditinjau dari kajian pasca panen, kendala yang terjadi berasal dari sifat fisik dan kimia bahan itu sendiri. Selepas panen, secara fisiologis, produk hortikultura merupakan jaringan yang masih hidup karena proses metabolisme di dalam jaringan bahan masih berlangsung sehingga bahan akan terus mengalami pematangan sampai terjadi pembusukan. Salah satu upaya untuk memperlambat proses metabolisme tersebut adalah dengan penyimpanan dingin sehingga umur simpan dapat diperpanjang. Setiap produk yang akan disimpan harus dalam keadaan matang optimum, karena jika produk kurang matang (*immature*) ataupun terlalu matang (*overripe*) maka akan mengurangi waktu simpannya. Hal ini perlu diketahui karena hubungan parameter lingkungan mikro dan tingkat kematangan sebagai faktor input akan mempengaruhi mutu suatu produk yang selanjutnya akan mempengaruhi tingkat penerimaan konsumen.

Untuk melakukan kontrol terhadap mutu terlebih dahulu harus diketahui parameter-parameter input apa saja yang signifikan mempengaruhi parameter mutunya. Untuk

mencari hubungan antara parameter-parameter input dengan parameter mutu diperlukan sebuah teknik pencarian yang mampu merepresentasikan permasalahan yang kompleks. Nilai yang diperoleh dari teknik pencarian ini merupakan nilai yang merepresentasikan seberapa kuat parameter-parameter input mampu mempengaruhi parameter-parameter outputnya. Teknik pencarian hubungan antara faktor input dan faktor output dapat dilakukan oleh Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Hasil akhir dari JST adalah ditemukannya parameter-parameter input yang sangat mempengaruhi parameter outputnya karena di dalam JST terjadi pengolahan bobot dan error antara unit input dan unit output.

Selanjutnya, untuk menentukan nilai parameter input optimum yang telah diperoleh dari pencarian menggunakan JST masih diperlukan teknik lanjutan yang mampu melakukan optimasi dari sekumpulan nilai solusi. Salah satu teknik optimasi yang banyak digunakan akhir-akhir ini adalah Algoritma Genetik (AG) sebagai salah satu teknik pencarian yang didasarkan atas teori evolusi Darwin yaitu setiap individu akan berevolusi menuju ke keadaan terbaiknya. Penelitian bertujuan melakukan optimasi parameter input yang menentukan mutu buah pepaya IPB 1 selama penyimpanan.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **1. Penyusunan Skenario Jaringan Syaraf Tiruan**

Model Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang digunakan adalah JST lapisan jamak yang terdiri dari tiga lapisan yaitu lapisan input, lapisan tersembunyi, dan lapisan output. Dari keberagaman data sekunder yang digunakan, maka dapat disusun lima skenario JST. Di dalam JST, data yang terkumpul di setiap unit dibagi menjadi data pelatihan dan data validasi. Data pelatihan adalah 2/3 dari keseluruhan data, sedangkan data validasi adalah 1/3 dari keseluruhan data. Data pelatihan merupakan selang terluar dari keseluruhan data.

#### **Skenario I**

Jumlah data yang digunakan di skenario I adalah 24 set data dengan 16 set data pelatihan dan 8 set data validasi. Data selang pengukuran kedua parameter penyimpanan seperti tercantum di Tabel 1.

Tabel 1. Data selang skenario I

Parameter	Selang	Satuan
<u>Layer input:</u>		
Tingkat kematangan	0 -10	%
Suhu simpan	10 -15	°C
Masa simpan	72-432	Jam
<u>Layer output:</u>		
Total Padatan Terlarut (TPT)	8.137-10.3	°brix
Kekerasan	1.396 - 4.871	kgf
Kecerahan (L*)	51.18-56.5	
Warna hijau (-a*)	-15.738-(-9.351)	
Warna kuning (+b*)	22.22-37.121	
Laju konsumsi O <sub>2</sub>	3.03-18.48	ml/kg jam
Laju produksi CO <sub>2</sub>	3.63-19.75	ml/kg jam
Susut bobot	0.014-0.838	%

### Skenario II

Jumlah data yang digunakan di skenario II adalah 173 set data dengan 115 set data pelatihan dan 58 set data validasi. Data selang pengukuran kedua parameter penyimpanan seperti tercantum di Tabel 2.

Tabel 2. Data selang skenario II

Param Parameter	Selang	Satuan
<u>Layer input:</u>		
Tingk Tingkat kematangan	0-10	%
Suhu Suhu simpan	5-29.5	°C
Masa Masa simpan	0-480	Jam
<u>Layer output:</u>		
Laju kLaju konsumsi O <sub>2</sub>	0.03-64.87	ml/kg jam
Laju PLaju produksi CO <sub>2</sub>	0.56-58.88	ml/kg jam

### Skenario III

Jumlah data yang digunakan di skenario III adalah 30 set data dengan 22 set data pelatihan dan 8 set data validasi. Data selang pengukuran kedua parameter penyimpanan seperti tercantum di Tabel 3.

Tabel 3. Data selang skenario III

Parameter	Selang	Satuan
<u>Layer input:</u>		
Tingkat kematangan	0–10	%
Suhu simpan	10–27.5	°C
Masa simpan	0–432	Jam
<u>Layer output:</u>		
Laju konsumsi O <sub>2</sub>	3.03–37.13	ml/kg jam
Laju produksi CO <sub>2</sub>	3.63–37.4	ml/kg jam
Susut bobot	0.014–0.838	%

#### Skenario IV

Jumlah data yang digunakan di skenario IV adalah 48 set data dengan 32 set data pelatihan dan 16 set data validasi. Pengukuran TPT dan kekerasan dilakukan secara bersamaan sehingga setiap data TPT akan selalu berpasangan dengan data kekerasan di dalam satu set waktu pengukuran. Data selang pengukuran kedua parameter penyimpanan seperti tercantum di Tabel 4.

Tabel 4. Data selang skenario IV

Parameter	Selang	Satuan
<u>Layer input:</u>		
Tingkat kematangan	0–10	%
Suhu simpan	27-5	°C
Masa simpan	0–480	Jam
<u>Layer output:</u>		
TPT	8.137–12.7	°brix
Kekerasan	0.1–5.081	kgf

#### Skenario V

Jumlah data yang digunakan di skenario V adalah 67 set data dengan 45 set data pelatihan dan 22 set data validasi. Data selang pengukuran kedua parameter penyimpanan seperti tercantum di Tabel 5.

Tabel 5. Data selang skenario V

Parameter	Selang	Satuan
<u>Layer input:</u>	0	
Tingkat kematangan	0 – 10	%
Suhu simpan	10 – 28.5	°C
Masa simpan	0 - 432	Jam
<u>Layer output:</u>		
Kecerahan (L*)	48.78 – 56.5	%
Warna hijau (-a*)	-9.271- (-15.738)	°C
Warna kuning (+b*)	21.056–37.121	jam

## 2. Optimasi Arsitektur JST

Tahapan optimasi arsitektur JST yang digunakan di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Inisiasi arsitektur JST  
Inisiasi arsitektur JST dilakukan terhadap semua skenario yaitu satu lapisan tersembunyi dengan delapan unit. Inisiasi parameter pembelajaran dipilih acak yaitu *learning rate* 0.6, momentum 0.6 dan konstanta sigmoid 1.
- b. Penentuan target *Root Mean Square Error* (RMSE)  
Nilai target RMSE ditentukan sebelum dilakukan pengolahan data sehingga *trial error* untuk variasi parameter tidak berkembang terlalu luas. Target RMSE yang ingin dicapai adalah 0.001.
- c. Penentuan metode untuk mengukur kinerja JST  
Kinerja JST ditentukan dengan melakukan pengukuran koefisien determinasi ( $R^2$ ) antara data pengukuran aktual dengan data pendugaan JST dan perhitungan RMSE minimum.
- d. *Trial error* variasi iterasi pelatihan  
*Trial error* variasi iterasi pelatihan terus dilakukan sampai RMSE yang diperoleh mendekati RMSE target. Iterasi dihentikan jika RMSE pelatihan yang diperoleh mulai meningkat meskipun RMSE yang diperoleh di *trial error* sebelumnya masih jauh dari RMSE target.
- e. *Trial error* variasi jumlah unit lapisan tersembunyi  
Dengan menggunakan iterasi yang diperoleh dari tahap keempat, dilakukan *trial error* variasi jumlah unit lapisan tersembunyi. *Trial error* dihentikan jika RMSE pelatihan yang diperoleh mulai meningkat meskipun RMSE yang diperoleh di *trial error* sebelumnya masih jauh dari RMSE target.

- f. *Trial error* variasi nilai momentum  
Dengan menggunakan iterasi dan jumlah unit lapisan tersembunyi yang diperoleh dari tahap kelima selanjutnya dilakukan *trial error* variasi nilai momentum. *Trial error* dihentikan jika RMSE pelatihan yang diperoleh mulai meningkat meskipun RMSE yang diperoleh di *trial error* sebelumnya masih jauh dari RMSE target.
- g. *Trial error* variasi unit input  
Dengan menggunakan iterasi, jumlah unit lapisan tersembunyi dan nilai momentum yang diperoleh dari tahap keenam selanjutnya dilakukan *trial error* variasi unit input yaitu penggabungan antara tingkat kematangan, masa simpan atau suhu simpan. Hasil akhir dari tahap ini adalah skenario pendugaan parameter mutu dengan arsitektur terbaik sehingga diperoleh susunan parameter input yang signifikan mempengaruhi parameter mutu pepaya IPB 1 selama penyimpanan.

### 3. Modifikasi Program Algoritma Genetik

Setelah skenario terbaik dari JST diperoleh, selanjutnya dilakukan optimasi terhadap parameter input (suhu simpan, tingkat kematangan dan kelembaban udara) untuk mendapatkan nilai minimum pada TPT, laju respirasi, susut bobot, warna kuning dan nilai maksimum pada kekerasan, derajat kecerahan, warna hijau dan masa simpan. Modifikasi program Algoritma Genetik (AG) dilakukan dengan menyusun ulang fungsi *fitness*. Kromosom (individu) yang terbentuk adalah jumlah parameter input yang akan dioptimasi. Masing-masing kromosom disimbolkan dengan enam string bit. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam pembangunan program adalah Visual Basic 6.

### 4. Optimasi dengan Algoritma Genetik

Input AG adalah nilai pembobot (*weight*) yang menunjukkan hubungan input dan output sebagai hasil JST serta nilai parameter AG. Nilai optimum AG adalah jika nilai setiap parameter yang ditunjukkan dalam generasi telah konvergen pada satu nilai. Parameter AG yang digunakan adalah: Ukuran populasi, peluang penyilangan, posisi pemotongan, peluang mutasi, jumlah generasi. Nilai setiap parameter diperoleh dengan *trial error* sampai terbentuk hasil AG yang optimum.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Skenario Pendugaan Mutu dengan Jaringan Syaraf Tiruan

Di dalam pengolahan data menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) diperlukan dua kelompok data yaitu data pelatihan dan data validasi yang masing-masing kelompok terdiri dari sejumlah set data input dan output.

Penyusunan skenario yang dibentuk disesuaikan dengan keberagaman data hasil penelitian dengan karakteristik perlakuan penyimpanan yang berbeda yaitu di pengkondisian parameter input dan tidak semua parameter output diukur pada satu waktu selang pengukuran. Jadi, data yang diperoleh dari parameter input penyimpanan pepaya digunakan sebagai inisiasi sinyal input ke lapisan input JST yaitu suhu simpan ( $^{\circ}\text{C}$ ), tingkat kematangan (%) dan lama simpan (jam). Sedangkan data yang diperoleh dari parameter output penyimpanan pepaya digunakan sebagai sinyal output dari lapisan output JST yaitu variasi antara total padatan terlarut ( $^{\circ}\text{brix}$ ), kekerasan (kgf), laju respirasi ( $\text{ml/kg/jam}$ ), warna dengan susut bobot (%).

### Skenario I

Inisiasi arsitektur skenario I adalah tiga unit jumlah input yaitu tingkat kematangan, suhu simpan dan lama simpan, satu lapisan tersembunyi dengan delapan unit, jumlah pembobot 88, nilai konstanta laju pembelajaran 0.6, momentum 0.6 dan konstanta sigmoid 1. Pada tahapan awal yaitu *trial error* variasi iterasi dilakukan pada iterasi 10 000 dengan *Root Mean Square Error* (RMSE) yang dihasilkan adalah 0.00711. Nilai RMSE ini belum mencapai target yaitu 0.001 sehingga terus dilakukan pelatihan dengan variasi iterasi yang meningkat yaitu 75 000, 200 000 dan 500 000. RMSE yang dihasilkan adalah 0.00711, 0.00608, 0.0053 dan 0.00523. Pada iterasi 500 000 menunjukkan hasil error dan  $R^2$  yang tidak signifikan berbeda dengan pelatihan pada iterasi 200 000 sehingga dipilih iterasi terbaik adalah 200 000 karena iterasi yang lebih besar membutuhkan waktu yang lama dalam proses pelatihannya.

Dengan iterasi 200 000 selanjutnya dilakukan proses pelatihan dengan variasi jumlah unit lapisan tersembunyi yaitu 6 dan 10 dengan jumlah pembobot 66 dan 110. Lapisan tersembunyi dengan enam unit menunjukkan error yang meningkat, sedangkan dengan 10 unit menunjukkan RMSE turun sebesar 0.0001. Penurunan ini tidak signifikan berbeda jika dibandingkan dengan RMSE dan  $R^2$  pada 8 unit lapisan tersembunyi sehingga dipilih arsitektur skenario dengan 8 unit lapisan tersembunyi. Konstanta momentum divariasikan pada nilai 0.4 dan 0.8 yang menghasilkan nilai RMSE dan  $R^2$  tidak signifikan berbeda dengan hasil pada momentum 0.6. Dari nilai RMSE dan  $R^2$  yang dihasilkan maka penyusunan skenario pendugaan mutu terbaik adalah menggunakan struktur JST 3 lapisan, 8 unit lapisan tersembunyi pada iterasi 200 000, konstanta laju pembelajaran 0.6, konstanta momentum 0.6 dan konstanta sigmoid 1. Skenario dengan dua unit di lapisan input sebagai parameter input yaitu variasi antara tingkat kematangan, suhu simpan atau lama simpan menghasilkan error yang lebih besar dan  $R^2$  pelatihan yang lebih rendah dibandingkan dengan tiga unit yaitu tingkat kematangan, suhu dan lama simpan. Hubungan antara nilai pendugaan dan pengukuran parameter mutu pada TPT, kekerasan, warna ( $L$ ,  $-a^*$ ,  $+b^*$ ), laju konsumsi  $\text{O}_2$ , laju produksi  $\text{CO}_2$  dan susut bobot menghasilkan nilai  $R^2$  pelatihan 0.9561, 0.8629, 0.8398, 0.3328, 0.9609, 0.5827, 0.6046, 0.9953 dengan RMSE 0.0053 dan  $R^2$  validasi 0.1894, 0.3797, 0.5102, 0.0015, 0.7867, 0.1792, 0.3005, 0.5334.

## Skenario II

Inisiasi arsitektur skenario II adalah tiga unit jumlah input yaitu tingkat kematangan, suhu simpan dan lama simpan, satu lapisan tersembunyi dengan delapan unit, jumlah pembobot 40, nilai konstanta laju pembelajaran 0.6, momentum 0.6 dan konstanta sigmoid 1. Pada tahapan awal yaitu *trial error* variasi iterasi dilakukan iterasi 10 000 dengan RMSE 0.00792. Nilai RMSE ini belum mencapai target 0.001 sehingga terus dilakukan pelatihan dengan variasi iterasi yang meningkat yaitu 100 000 dan 300 000 yang menghasilkan nilai RMSE yang terus menurun dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang meningkat. Tetapi hasil pendugaan dari ketiga iterasi terdapat beberapa nilai di luar selang data pengukuran. Dengan menurunkan iterasi menjadi 5 000, RMSE yang dihasilkan adalah 0.011 dengan  $R^2$  0.3329, 0.3053 pada pelatihan; 0.4418, 0.3824 pada validasi.

Dengan iterasi 5 000 selanjutnya dilakukan proses pelatihan dengan variasi jumlah unit lapisan tersembunyi yaitu 6 dan 10 dengan jumlah pembobot 30 dan 50. Ketiga variasi jumlah unit lapisan tersembunyi menghasilkan nilai RMSE yang sama tetapi  $R^2$  yang berbeda.  $R^2$  dengan enam unit menunjukkan  $R^2$  yang paling tinggi yaitu 0.3544, 0.327 pada pelatihan dan 0.477, 0.4067 pada validasi. Konstanta momentum divariasikan pada nilai 0.4 dan 0.8 yang menghasilkan nilai error yang sama tetapi  $R^2$  menurun. Dari nilai RMSE dan  $R^2$  yang dihasilkan maka penyusunan skenario pendugaan parameter mutu terbaik adalah menggunakan struktur JST 3 lapisan, 6 unit lapisan tersembunyi pada iterasi 5 000 dan konstanta laju pembelajaran 0.6, konstanta momentum 0.6 dan konstanta sigmoid 1. Skenario dengan dua unit di lapisan input sebagai parameter input yaitu variasi antara tingkat kematangan, suhu simpan atau lama simpan menghasilkan RMSE yang lebih besar dan  $R^2$  pelatihan yang lebih rendah dibandingkan dengan tiga unit yaitu tingkat kematangan, suhu dan lama simpan. Hubungan antara pendugaan dan pengukuran laju respirasi menghasilkan nilai  $R^2$  pelatihan 0.3544, 0.327 dengan RMSE 0.0053 dan  $R^2$  validasi 0.477, 0.4067.

## Skenario III

Inisiasi arsitektur skenario III adalah tiga unit jumlah input yaitu tingkat kematangan, suhu simpan dan lama simpan, satu lapisan tersembunyi dengan delapan unit, jumlah pembobot 40, nilai konstanta laju pembelajaran 0.6, momentum 0.6 dan konstanta sigmoid 1. Pada tahapan awal yaitu *trial error* variasi iterasi dilakukan iterasi 10 000 dengan RMSE 0.014. Nilai RMSE ini belum mencapai target 0.001 sehingga terus dilakukan pelatihan dengan variasi iterasi yang meningkat yaitu 50 000 dan 100 000 dan menghasilkan nilai RMSE yang terus menurun dan  $R^2$  yang meningkat. Tetapi hasil pendugaan dari ketiga iterasi terdapat beberapa nilai di luar selang data pengukuran. Dengan menurunkan iterasi menjadi 5 000, RMSE yang dihasilkan adalah 0.0134 dengan  $R^2$  0.3818, 0.3537, 0.3469 pada pelatihan; 0.3819, 0.3537, 0.3471 pada validasi.

Dengan iterasi 5 000 selanjutnya dilakukan proses pelatihan dengan variasi jumlah unit lapisan tersembunyi yaitu 6 dan 10 dengan jumlah pembobot 36 dan 44. Kedua

variasi jumlah unit lapisan tersembunyi menghasilkan nilai RMSE yang meningkat dan  $R^2$  menurun. Konstanta momentum divariasikan pada nilai 0.4 dan 0.8 yang menghasilkan nilai error menurun menjadi 0.012 pada konstanta momentum 0.4 dengan penurunan  $R^2$  tetapi tidak signifikan berbeda jika dibandingkan dengan  $R^2$  pada konstanta momentum 0.6.

Dari nilai RMSE dan  $R^2$  yang dihasilkan maka penyusunan skenario pendugaan laju respirasi dan susut bobot terbaik adalah menggunakan arsitektur JST 3 lapisan, 8 unit lapisan tersembunyi pada iterasi 5 000, konstanta laju pembelajaran 0.6, konstanta momentum 0.4 dan gain 1. Skenario dengan dua unit di lapisan input sebagai parameter input yaitu variasi antara tingkat kematangan, suhu simpan dan lama simpan menghasilkan RMSE yang lebih besar dan  $R^2$  pelatihan yang lebih rendah dibandingkan dengan tiga unit yaitu tingkat kematangan, suhu dan lama simpan. Hubungan antara nilai pendugaan dan pengukuran laju respirasi menghasilkan nilai  $R^2$  pelatihan 0.3827, 0.3511, 0.5224 dengan RMSE 0.012 dan  $R^2$  validasi 0.4288, 0.3722 dan 0.4752.

#### Skenario IV

Inisiasi arsitektur skenario IV adalah 3 unit jumlah input yaitu tingkat kematangan, suhu simpan dan lama simpan, 1 lapisan tersembunyi dengan 8 unit memiliki jumlah pembobot 40, nilai konstanta laju pembelajaran 0.6, momentum 0.6 dan konstanta sigmoid 1. Pada tahapan awal yaitu *trial error* variasi iterasi dilakukan iterasi 10 000 dengan RMSE 0.00326. Nilai RMSE ini belum mencapai target 0.001 sehingga terus dilakukan pelatihan dengan peningkatan variasi iterasi yaitu 25 000, 50 000 dan 75 000. Peningkatan iterasi sampai dengan 50 000 menghasilkan nilai RMSE yang terus menurun menjadi 0.00241 dan  $R^2$  yang terus meningkat. Pada iterasi 75 000 terjadi kenaikan RMSE menjadi 0.00243 dan penurunan  $R^2$  jika dibandingkan dengan iterasi 50 000 sehingga *trial error* variasi iterasi dihentikan.

Dengan iterasi 50 000 selanjutnya dilakukan proses pelatihan dengan variasi jumlah unit lapisan tersembunyi yaitu 6 dan 10 dengan jumlah pembobot 30 dan 50. Kedua variasi jumlah unit lapisan tersembunyi menghasilkan nilai RMSE yang meningkat dan  $R^2$  menurun. Konstanta momentum divariasikan pada nilai 0.4 dan 0.8 yang menghasilkan nilai RMSE yang meningkat dan  $R^2$  menurun.

Dari nilai RMSE dan  $R^2$  yang dihasilkan maka penyusunan skenario pendugaan TPT dan kekerasan terbaik adalah menggunakan arsitektur JST 3 lapisan, 8 unit pada lapisan tersembunyi pada iterasi 100 000 dan konstanta laju pembelajaran 0.6, konstanta momentum 0.6 dan konstanta sigmoid 1. Selanjutnya arsitektur JST ini digunakan sebagai pedoman dalam penyusunan parameter mutu terbaik untuk mengetahui parameter input yang signifikan mempengaruhi TPT dan kekerasan pepaya IPB 1 selama penyimpanan.

Skenario dengan dua unit di lapisan input sebagai parameter input yaitu variasi antara tingkat kematangan, suhu simpan atau lama simpan menghasilkan RMSE yang lebih besar dan  $R^2$  pelatihan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan tiga unit yaitu tingkat kematangan, suhu dan lama simpan. Lampiran 13 menunjukkan hasil RMSE dan

$R^2$  selama optimasi propagasi balik skenario IV. Hubungan antara nilai pendugaan dan pengukuran TPT dan kekerasan menghasilkan nilai  $R^2$  pelatihan 0.8984, 0.7668 dengan RMSE 0.00241 dan  $R^2$  validasi 0.3189 dan 0.431.

### Skenario V

Inisiasi arsitektur skenario V adalah 3 unit jumlah input yaitu tingkat kematangan, suhu simpan dan lama simpan, 1 lapisan tersembunyi dengan 8 unit memiliki jumlah pembobot 48, nilai konstanta laju pembelajaran 0.6, momentum 0.6 dan konstanta sigmoid 1. Pada tahapan awal yaitu *trial error* variasi iterasi dilakukan pada iterasi 10 000 dengan RMSE 0.00513. Nilai RMSE ini belum mencapai target 0.001 sehingga terus dilakukan pelatihan dengan peningkatan variasi iterasi yaitu pada iterasi 10 000, 25 000, 50 000 sampai dengan 275 000. Selama peningkatan iterasi, RMSE selalu mengalami penurunan. Pada iterasi 250 000 dan 275 000 penurunan RMSE sangat kecil yaitu 0.00005 sehingga iterasi dihentikan. Dengan iterasi 275 000 selanjutnya dilakukan proses pelatihan dengan variasi jumlah unit lapisan tersembunyi yaitu 6 dan 10 dengan jumlah pembobot 36 dan 60. Kedua variasi jumlah unit lapisan tersembunyi menghasilkan nilai RMSE yang meningkat dan  $R^2$  menurun meskipun tidak signifikan berbeda. Konstanta momentum divariasikan pada nilai 0.4 dan 0.8 yang menghasilkan kenaikan RMSE dan perubahan  $R^2$ .

Dari nilai RMSE dan  $R^2$  yang dihasilkan maka penyusunan skenario pendugaan laju respirasi dan susut bobot terbaik menggunakan arsitektur JST 3 lapisan, 8 unit lapisan tersembunyi pada iterasi 275 000, konstanta laju pembelajaran 0.6, konstanta momentum 0.6 dan konstanta sigmoid 1. Skenario dengan dua unit di lapisan input sebagai parameter input yaitu variasi antara tingkat kematangan, suhu simpan dan lama simpan menghasilkan error yang lebih besar dan  $R^2$  pelatihan yang lebih rendah dibandingkan dengan tiga unit yaitu tingkat kematangan, suhu dan lama simpan. Hubungan antara nilai pendugaan dan pengukuran warna ( $L^*$ ,  $-a^*$ ,  $+b^*$ ) menghasilkan nilai  $R^2$  pelatihan 0.7548, 0.2253, 0.8188 dengan RMSE 0.00374 dan  $R^2$  validasi 0.2807, 0.2654 dan 0.7689.

### Analisa Skenario

Selama proses pelatihan dan validasi, secara keseluruhan, tidak dapat dibentuk pola hubungan antara jumlah iterasi, jumlah unit di lapisan tersembunyi, konstanta parameter pembelajaran dengan nilai error (RMSE) dan akurasi ( $R^2$ ) JST. Data pendugaan yang dihasilkan selama proses pelatihan dan validasi terdapat beberapa data yang berada di luar selang pengukuran. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) menggambarkan kemantapan data hasil pendugaan terhadap data aktual (pengukuran). Semakin tinggi  $R^2$  (nilai  $R^2$  mendekati 1) maka data hasil pendugaan JST sangat mendekati data pengukuran sehingga pola hubungan yang terbentuk bisa digunakan untuk merepresentasikan kinerja JST. Secara umum, nilai  $R^2$  validasi di skenario I, II, III, IV dan V sangat kecil ( $<0.5$ ). Namun,  $R^2$  pelatihan menunjukkan nilai yang besar meskipun

terdapat nilai  $R^2$  yang kecil di beberapa parameter mutu tertentu. Hal ini dapat disebabkan oleh jumlah set data skenario I, III, IV dan V yang sangat sedikit yaitu kurang dari 20.

Tujuan pelatihan pada skenario JST adalah untuk mendapatkan bobot antar lapisan. Perbaikan bobot dilakukan selama pelatihan dengan cara meminimumkan error antara output JST dengan output pengukuran (parameter output) sebagai target. Proses perbaikan dilakukan berulang-ulang selama iterasi dan akan dihentikan jika nilai error sesuai dengan nilai error target. Proses perbaikan bobot dilakukan terhadap set data pelatihan sehingga pada saat ditemukan total error yang minimum mungkin saja di dalamnya terdapat beberapa output yang secara parsial memiliki error tinggi (akurasi rendah). Bobot-bobot hasil pelatihan digunakan sebagai bobot dalam pendugaan output pada proses validasi. Hal ini yang menyebabkan hasil validasi beberapa output tersebut sangat kecil atau bahkan 0%. Dengan semakin banyak data input maka akan semakin banyak kombinasi pasangan data, sehingga output hasil pendugaan akan semakin mendekati angka pengukuran (target).

Berdasarkan keberagaman data yang digunakan,  $R^2$  pelatihan dan validasi seluruh parameter mutu di setiap skenario menunjukkan bahwa skenario IV memiliki struktur JST terbaik. Nilai koefisien determinasi menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi yaitu  $R^2$  pelatihan 0.8984, 0.7668 dengan RMSE 0.00241 dan  $R^2$  validasi 0.3189 dan 0.431. Nilai  $R^2$  yang diperoleh memberikan bukti angka "kuantitatif" bahwa tingkat kematangan, suhu simpan dan lama simpan sebagai parameter input sangat kuat mempengaruhi TPT dan kekerasan sebagai parameter mutu pepaya selama penyimpanan dingin.

### Algoritma Genetika

Output dari JST adalah hubungan dari ketiga parameter input yang signifikan mempengaruhi parameter mutu pepaya selama penyimpanan dingin tetapi belum dapat menunjukkan nilai optimumnya. Sebagai salah satu tahap kritis dalam pengolahan pasca panen produk hortikultura, tujuan utama penyimpanan adalah memperpanjang umur simpan sehingga sangat penting untuk mengetahui titik input yang tepat dalam menekan perkembangan produk ke arah matang, *senescence* dan busuk. Dari hasil JST, dapat dilihat bahwa skenario IV merupakan skenario terbaik yang menjelaskan hubungan antara parameter input dan outputnya dengan nilai  $R^2$  dan RMSE yang dihasilkan. Sehingga di dalam AG hanya skenario ini yang digunakan untuk dilakukan optimasi.

Data pembobot akhir skenario IV yang menunjukkan hubungan input dan output pada proses JST adalah input di dalam AG.

Fungsi *fitness* yang dibentuk adalah sebagai berikut:

$$Fitness = (12.7 - x) + (y - 0.1) + (z - 0) / 30$$

Keterangan:

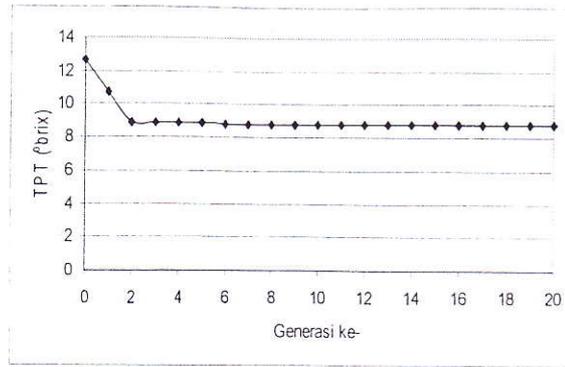
- x : nilai TPT selama evolusi generasi
- y : nilai kekerasan selama evolusi generasi
- z : nilai lama simpan selama evolusi generasi

Fungsi *fitness* yang digunakan di dalam program adalah fungsi maksimisasi sehingga kromosom yang fit adalah kromosom dengan nilai penjumlahan *fitness* terbesar.  $(12.7 - x)$  menunjukkan bahwa TPT yang terpilih (optimum) adalah TPT terendah,  $(y - 0.1)$  menunjukkan bahwa kekerasan yang terpilih adalah kekerasan terbesar, sedangkan  $(z - 0) / 30$  menunjukkan lama simpan yang terpilih adalah lama simpan terpanjang dari sebaran data yang digunakan. Angka 12.7 menunjukkan selang teratas dari solusi jawaban TPT (8.137 - 12.7), 0.1 menunjukkan selang terbawah dari solusi jawaban kekerasan (0.1 - 5.081), 0 menunjukkan selang terbawah dari solusi jawaban lama simpan (0 - 432) dan 30 sebagai angka konversi agar terjadi keseimbangan nilai *fitness* untuk semua parameter.

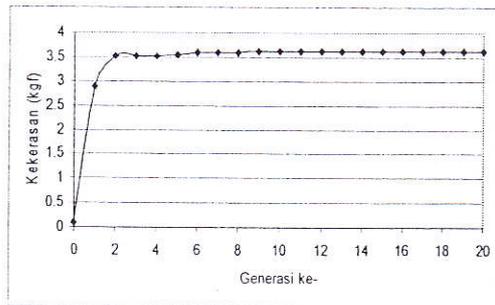
Nilai pembobot yang dihasilkan dari JST merupakan kumpulan solusi parameter input dan mutu penyimpanan dingin pepaya yang dapat menyelesaikan permasalahan optimasi. Untuk melakukan optimasi menggunakan AG, dilakukan *trial error* di dalam penentuan parameter AG. Pada *trial error* pertama, digunakan ukuran populasi: 30, peluang penyilangan: 40%, posisi pemotongan: di bit ke-2, peluang mutasi: 1% dan jumlah generasi: 20. Selama evolusi, hasil telah menunjukkan nilai yang konvergen sehingga tidak perlu dilakukan *trial error* kedua.

Nilai peluang yang digunakan dalam penyilangan dan mutasi adalah 40% dan 0.5%. Peluang penyilangan 40% berarti diharapkan ada 40% dari populasi yang akan mengalami penyilangan. Jika ada 30 kromosom dalam satu populasi maka ada 12 kromosom induk yang akan disilangkan dan menghasilkan 12 kromosom anak. Posisi gen di dalam kromosom sebagai titik penyilangan ditentukan pada titik ke-2. Peluang mutasi 0.5% berarti diharapkan ada 0.5% dari jumlah gen dalam satu populasi akan mengalami mutasi.

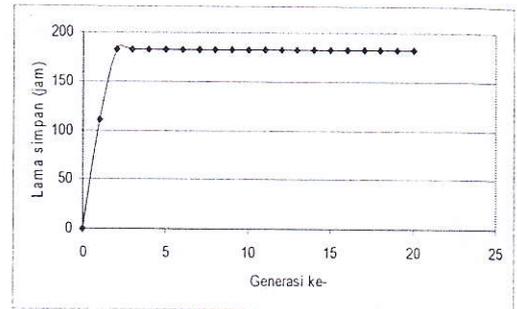
Jumlah gen dalam populasi adalah hasil perkalian antara panjang kromosom dengan jumlah populasi, dalam hal ini jumlah gen adalah 60. Jika hasil AG telah menunjukkan nilai yang konvergen di setiap kromosom maka hasil inilah yang menjadi solusi optimum permasalahan. Generasi yang terbentuk konvergen mulai pada generasi ke-9. Dari *running* program AG diperoleh nilai TPT 8.810 °brix, kekerasan: 3.623 kgf sebagai parameter mutu, lama simpan: 182.503, tingkat kematangan: 0% dan suhu simpan: 5 °C. Hal ini berarti, jika diinginkan terjadi minimisasi perubahan mutu pepaya selama lama simpan yang maksimum maka pepaya disimpan pada tingkat kematangan 0% dan suhu simpan 5 °C. Perubahan nilai setiap parameter dalam generasinya dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



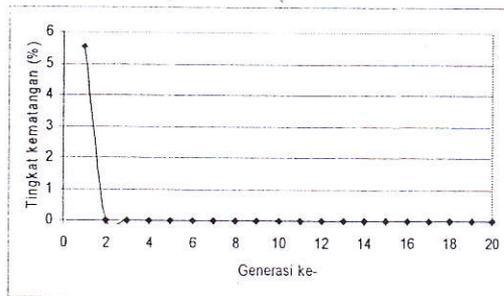
Gambar 1. Grafik evolusi Total Padatan Terlarut (TPT)



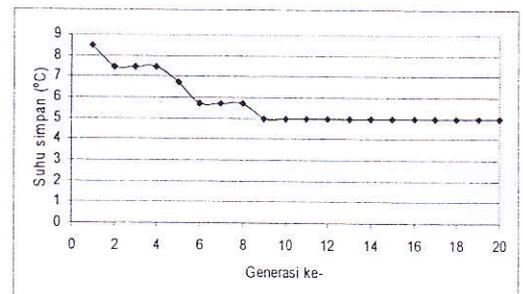
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. Grafik evolusi kekerasan (a), lama simpan (b), tingkat kematangan (c) dan suhu simpan (d)

## KESIMPULAN

1. Parameter input yang signifikan mempengaruhi parameter mutu adalah tingkat kematangan, suhu simpan dan lama simpan. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) antara nilai pendugaan dan pengukuran TPT dan kekerasan yang dihasilkan adalah 0.8984, 0.7668 pada pelatihan dan 0.3189 dan 0.431 pada validasi. *Root Mean Square Error* yang dihasilkan adalah 0.00241.
2. Jika diinginkan terjadi minimisasi perubahan mutu pepaya selama lama simpan yang maksimum (182.503 jam) maka pepaya disimpan pada tingkat kematangan 0% dan suhu simpan 5 °C.

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pertanian. 2007. *Statistik Pertanian 2007*. Jakarta.
- Jagtiani J, HT Chan, Jr dan WS Sakai, editor. 1998. *Tropical Fruit Processing*. San Diego: Academic Press, Inc.
- Kays JS. 1991. *Postharvest Physiology of Perishable Plant Product*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Kusumadewi S. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pena JE, JL Sharp, M Wysoki, editor. 2002. *Tropical Fruit Pests and Pollinators*. New York: CABI Publishing.
- Pusat Kajian Buah-buahan Tropika. 2008. *Database Buah-buahan Tropika*. [http://www.rusnasbuah.or.id/template.php?l=var\\_menu.php&m=variety/var\\_home.php](http://www.rusnasbuah.or.id/template.php?l=var_menu.php&m=variety/var_home.php). [28 Juli 2008].
- Puspitaningrum D. 2006. *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Rudiyanto, BI Setiawan, Suroso. 2005. *Estimation of Soil Hydraulic Properties From Particle Size Distribution Using Artificial Neural Network*. *Jurnal Keteknik Pertanian*. Vol. 19: 127 - 137.
- Soedibyo DW, I Dewa Made Subrata, Suroso, Usman Ahmad. *Penentuan Edamame Menggunakan Pengolahan Citra dan Jaringan Syaraf Tiruan*. *Jurnal Keteknik Pertanian*. Vol. 20: 253 - 264.

*Bogor, 23 Oktober 2008*

- Sofi'i, I Wayan Astika, Suroso. *Penentuan Jenis Cacat Biji Kopi dengan Pengolahan Citra dan Artificial Neural Network*. Jurnal Keteknikaan Pertanian. Vol.19: 99 - 108.
- Villegas VN. 1997. *Carica papaya L. in Verheij EWM dan Coronel RE (ed.) Proses, Sumber Daya Nabati Asia Tenggara 2, Buah-buahan yang dapat dimakan*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wills RBH, Widjanarko B. 1995. *Changes in physiology, composition and sensory characteristics of Australian papaya during ripening*. Australian Journal of Experimental Agriculture 35: 1173-1176.
- Winarno FG. 2002. *Fisiologi Lepas Panen Produk Hortikultura*. Bogor : M. Brio Press.