PROSIDING SEMINAR NASIONAL HIMPUNAN INFORMATIKA PERTANIAN INDONESIA 2009
ISBN : 978 – 979 – 95366 – 0 - 7

Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Pendugaan Mutu Pemeraman Pisang Raja Bulu setelah Penyimpanan

Sutrisno[a], Ismi M. Edris[b], Sugiyono[c]

[a]Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Telp/Fax:(0251)8624593, kensutrisno@yahoo.com
[b]Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Telp/Fax:(0251)8624593, ismi.edris@gmail.com
[c]Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Telp/Fax:(0251)8624593, sugiyono.bisa@yahoo.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini, penyimpanan pisang dikondisikan pada suhu 10°C dan 15°C selama 5, 10 dan 15 hari. Pemeraman diawali dengan injeksi etilen konsentrasi 100 ppm pada suhu 24°C selama 24 jam yang selanjutnya disimpan pada kondisi ruang selama 5 hari. Parameter mutu peram yang diamati adalah Total Padatan Terlarut (TPT), kekerasan, susut bobot dan warna serta atribut mutu organoleptik pada warna kulit dan mutu keseluruhan. Penyusunan model Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dilakukan dengan mengaplikasikan ***multilayer perceptron neural network*** *dengan algoritma pembelajaran* ***backpropagation.*** *Jaringan terdiri dari tiga lapisan yaitu lapisan input, tersembunyi dan output. Lapisan input menunjukkan kondisi penyimpanan dan pemeraman, lapisan output mengindikasikan mutu peram produk, sedangkan lapisan tersembunyi terdiri dari unit pembobot yang mengkorelasikan unit-unit input dan output. Kinerja jaringan ditentukan berdasarkan nilai* ***Root Mean Square Error*** *(RMSE) dan koefisien determinasi (R^2). Optimasi jaringan dilakukan dengan* ***trial error*** *iterasi dan unit lapisan tersembunyi dengan target RMSE adalah 0.0001. Secara keseluruhan, berdasarkan analisis statistik terlihat bahwa setiap faktor kondisi penyimpanan berpengaruh sangat nyata terhadap mutu peram. Ditinjau dari tingkat penerimaan panelis terhadap mutu peram diketahui bahwa tingkat penerimaan tertinggi diperoleh pada suhu simpan 15°C; 15 hari simpan dan 4 hari peram untuk warna kulit dan pada suhu simpan 10°C; 15 hari simpan dan 5 hari peram untuk mutu keseluruhan. Ditinjau dari pemodelan JST, model pendugaan mutu kekerasan dan susut bobot menunjukkan performa terbaik yang terindikasi dari RMSE 0.0001, R^2 pembelajaran mendekati 1 (>0.99) dan R^2 pelatihan lebih dari 0.80.*

Kata kunci: *Jaringan Syaraf Tiruan, Pisang Raja Bulu, Pemeraman, Penyimpanan*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Buah pisang merupakan salah satu komoditas hortikultura tropika dengan tingkat konsumsi tinggi. Dari sisi produksi, selama tahun 2000-2005 terjadi peningkatan volume produksi sebesar 27% menjadi kurang lebih 5 juta ton. Dengan tidak mengesampingkan konsumsi dalam negeri, jika dilihat dari nilai produksinya maka Indonesia memiliki potensi yang cukup besar untuk meningkatkan ekspor sehingga menambah devisa negara dan pendapatan petani. Selain upaya-upaya perbaikan *on-farm* untuk mengatasi masalah produk buah-buahan Indonesia, sumber terkait [1] menyatakan bahwa perbaikan di sektor *off-farm* khususnya pada penanganan pasca panen perlu dilakukan perbaikan untuk mengatasi perihal standarisasi mutu dari negara importir sekaligus untuk meningkatkan daya saing produk Indonesia. Dewasa ini, masyarakat sebagai konsumen terlihat semakin kritis dalam menentukan pemilihan kualitas suatu produk pangan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan kontrol proses penyimpanan dan pemeraman pada periode simpan yang dibutuhkan.

Tahap penyimpanan memegang peranan penting terhadap mutu suatu produk selama berlangsungnya transportasi (*shipment*) dan periode penyajian di etalase saat pemasaran. Kegiatan pemeraman dengan injeksi etilen (selanjutnya disebut dengan pemeraman) dilakukan pada kondisi dan oleh pihak tertentu misalnya jadwal pasokan, kebutuhan pasokan yang mendadak untuk ketersediaan buah pisang siap dikonsumsi atau diinginkan produk dengan tingkat kematangan tertentu dan seragam. Jika rangkaian tahapan ini diawali dengan penyimpanan yaitu selama *shipment* sebelum kegiatan pemeraman, maka penyimpanan menjadi faktor penting untuk dikaji karena kondisi tahapan awal berpengaruh terhadap mutu akhir produk. Pada suatu sistem otomatisasi mesin penyimpan, dibutuhkan mekanisme keterkaitan antara pola perubahan mutu

dengan faktor-faktor kondisi simpan yang telah tervalidasi dan terverifikasi sehingga kondisi dan mutu optimum dapat tercapai.

Menurut Lertworasirikul [2], pemodelan pengolahan pangan secara umum menggunakan dua tipe model yaitu *knowledge driven* dan *data driven*. Model pertama dibangun dari asumsi-asumsi berdasarkan pola dan divalidasi dengan data eksperimen. Model mampu menyediakan informasi secara detail dari keseluruhan proses tetapi tidak efisien dalam waktu dan pengolahan komputerisasi di dalam pendefinisian parameter-parameter fisik objek yang diteliti. Sedangkan untuk model *data driven* cukup disediakan data-data eksperimen tanpa diperlukan asumsi-asumsi terhadap objek eksperimen. Terdapat beberapa pendekatan di dalam pemodelan *data driven,* di antaranya adalah model statistik dan model *heuristic*. Di dalam pengolahan pangan terjadi pola variasi dan non-linear sehingga penerapan model non-linear lebih sesuai. Pola hubungan antara kondisi penyimpanan dengan mutu produk merupakan hubungan non-linear dan komplek yang secara matematik sulit untuk direpresentasikan. JST sebagai salah satu bagian dari sistem kecerdasan buatan yang bersifat *heuristic* memiliki kemampuan untuk merepresentasikan hubungan non-linear dan mampu memodelkan masalah-masalah dimana bentuk eksplisit di antara variabel-variabelnya tidak diketahui dan mampu belajar dari data-data eksperimen.

Pada saat ini, JST telah banyak diaplikasikan sebagai prosesor penghitung untuk beberapa bidang dalam pendugaan, pengenalan pola (tulisan dan suara), klasifikasi, kompresi data dan *modelling* [3]. Aplikasi JST dalam bidang pendugaan lebih efektif dan akurat jika dibandingkan dengan persamaan regresi [Harimoto, 1997 *di dalam* 4]. Dalam bidang pertanian, JST telah diaplikasikan untuk klasifikasi pakan ternak [5] dan prediksi gula kristal putih [6].

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk mengkaji pengaruh kondisi penyimpanan terhadap mutu peram pisang Raja Bulu (*Musa spp*) berdasarkan analisis statistik dan uji organoleptik serta membangun model prediksi mutu peram dengan mengaplikasikan JST sebagai metode pembelajaran pola-pola yang terbentuk antara kondisi simpan dan peram dengan perubahan mutu peramnya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu kegiatan industri yang terkait dalam pengendalian kualitas produk dengan mengintegrasikannya dengan sistem aplikasi lainnya.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Pisang sebagai bahan utama penelitian adalah pisang Raja Bulu (*Musa spp*) yang diperoleh dari kebun petani Cibedug dan Ciawi, Bogor pada tingkat kematangan indeks 1 [Kader, 2005 *di dalam* 7]. Pengukuran parameter mutu kecuali warna dilakukan secara destruktif. Pengukuran warna menggunakan image data digital dengan resolusi 800 x 600 pixel dengan 256 tingkat intensitas cahaya merah, hijau dan biru (RGB) kemudian dikonversi ke L, a*, b*. Uji statistik pengaruh penyimpanan terhadap pemeraman dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap dua faktor menggunakan SAS pada tingkat kepercayaan 95%. Model pendugaan mutu menggunakan program [8] dengan arsitektur JST lapisan jamak (*multilayer neural* network) dengan algoritma pembelajaran *backpropagation* (BP).

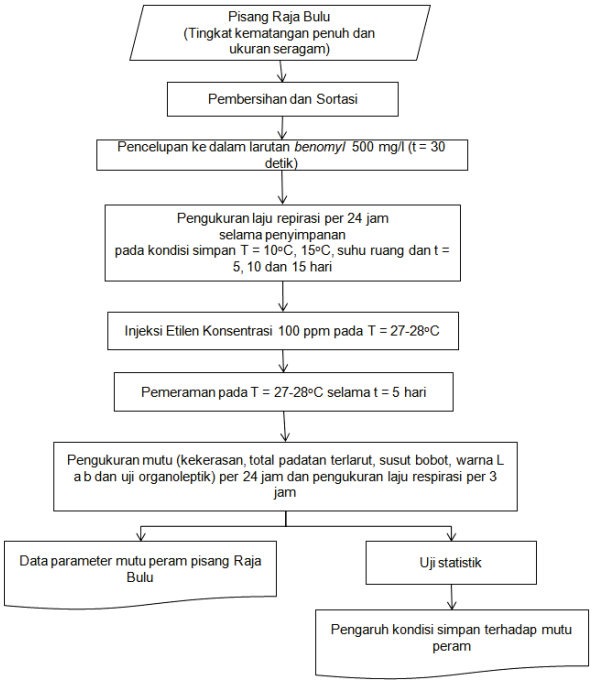
2.2. Prosedur

Secara garis besar, penelitian dibagi dalam dua tahap yaitu: (i) percobaan penyimpanan dan pemeraman (gambar 1) dan (ii) penyusunan model JST (gambar 2). Pada tahap kedua ini secara lebih mendalam dijelaskan dua metode algoritma BP JST yang terbagi ke dalam tahap pelatihan model dan pengujian model JST.

2.2.1. Penyimpanan dan Pemeraman

Penyimpanan dilakukan pada suhu 10^{o}C, 15^{o}C dan suhu ruang selama 5, 10 dan 15 hari. Pemeraman diawali dengan injeksi etilen konsentrasi 100 ppm pada suhu 24^{o}C selama 24 jam kemudian pisang dibiarkan di udara terbuka selama 5 hari untuk dilakukan pengamatan parameter mutu yaitu kekerasan, susut bobot, warna, TPT dan uji organoleptik meliputi warna kulit dan faktor organoleptik secara keseluruhan. Selama penyimpanan dan pemeraman dilakukan pengukuran laju respirasi setiap 3 jam. Data mutu hasil penelitian ini selanjutnya digunakan untuk penyusunan model pendugaan mutu fisikokimia pisang Raja Bulu menggunakan JST.

ISBN : 978 – 979 – 95366 – 0 - 7



Gambar 1. Diagram alir penelitian penyimpanan dan pemeraman pisang Raja Bulu [7]

2.2.2. Pelatihan Model JST

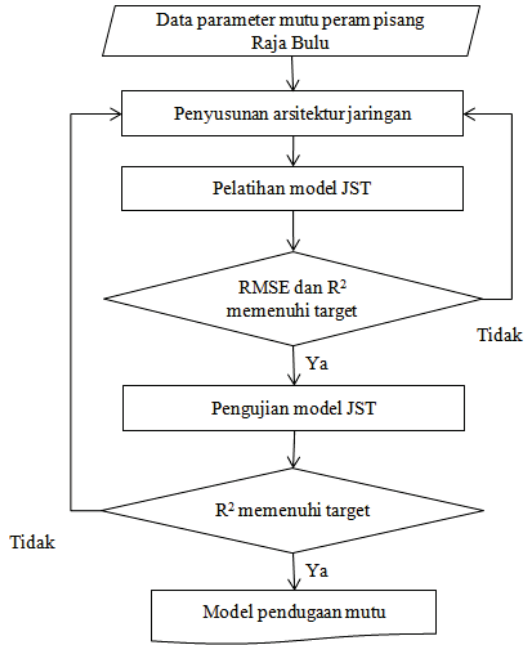
Algoritma BP dibagi menjadi dua tahap pengumpanan bobot yaitu tahap pelatihan dan tahap pengujian. Pelatihan model digunakan untuk proses pembelajaran model terhadap karakteristik atau pola data yang diberikan di set data pelatihan dengan perbaikan nilai pembobot input-tersembuyi-output pada pergerakan umpan maju mundur. Pelatihan JST bertujuan untuk memperoleh nilai pembobot hubungan antara simpul-simpul yang ada di setiap lapisan. Model pendugaan mutu yang dibangun adalah JST lapisan jamak tiga lapis (Gambar 3). Lapisan input merepresentasikan kondisi lingkungan penyimpanan dengan tiga unit simpul yaitu suhu simpan, lama simpan, dan lama peram. Lapisan output adalah parameter mutu selama pemeraman dengan enam unit simpul yaitu TPT, kekerasan, susut bobot, warna L, a*, b*. Dari data hasil pengukuran mutu, 70% digunakan sebagai data pelatihan dan 30% lainnya untuk data pengujian [9]. Data yang digunakan di dalam proses pelatihan adalah 24 set data training.

Kinerja model diukur dari nilai koefisien determinasi (R^2) antara output aktual (output hasil pengukuran laboratorium) dengan output JST dan RMSE. Di dalam pengolahan data berbasis JST dengan algoritma BP belum terdapat prosedur standar untuk optimasi arsitektur baik untuk jumlah unit lapisan tersembunyi dan parameter pembelajarannya [2], [10] dan Sarle, 1999 *di dalam* [11]. Di dalam penelitian ini, optimasi arsitektur dilakukan menggunakan *trial error* jumlah unit lapisan tersembunyi dan iterasi sampai diperoleh nilai RMSE target 0.0001 [4] dan [12]. Hermawan [13] menyatakan bahwa jaringan dapat dikatakan terlatih jika RMSE di bawah 0.01. Adrizal [4] menggunakan kisaran 5,000-65,000 dalam *trial error* iterasinya. Jumlah minimum unit lapisan tersembunyi ditentukan dari formula Skapura (1996) *di dalam* [14] (Persamaan 1). Penambahan jumlah unit lapisan tersembunyi dapat mengoptimasi arsitektur jaringan [11].

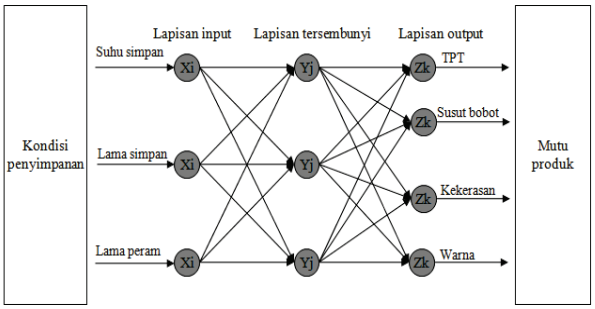
$$n_h = \frac{1}{2(n_i+n_o)} + \sqrt{n_{dt}} \quad (1)$$

Keterangan:

n_i: jumlah neron dalam lapisan input, n_o: jumlah neuron dalam lapisan output dan n_{dt}: jumlah data untuk proses pembelajaran.



Gambar 2. Diagram alir penyusunan model pendugaan mutu berbasis JST



Keterangan:

x_i: lapisan input ke-i; y_j: lapisan tersembunyi ke-j; z_k: lapisan output ke-k.

Gambar 3. Model JST untuk Pendugaan Mutu Pisang Raja Bulu.

2.2.3. Pengujian Model JST

Pembobot baru yang dihasilkan oleh pelatihan digunakan untuk memprediksi output mutu fisikokimia pisang Raja Bulu, sehingga dalam pengujian hanya terjadi pergerakan umpan maju. Pengujian model bertujuan untuk menguji kemampuan model dalam menggeneralisir pola data baru yang tidak digunakan sebagai data input pada saat pelatihan. Jumlah data yang digunakan adalah enam set data testing. Kinerja model diukur dari nilai koefisien determinasi (R^2) antara output aktual dengan output JST.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penyimpanan dan Pemeraman

Laju respirasi

Laju respirasi digunakan sebagai indikator perkembangan sel yang menunjukkan terjadinya pendewasaan sel (*maturation*) meliputi pembesaran sel dan pematangan (*ripening*) serta pelayuan (*senscence*) [Biale, 1964 *di dalam* 15]. Dari laju produksi CO_2 yang dihasilkan pada percobaan di setiap kondisi penyimpanan terlihat bahwa selama perkembangan sel terjadi fase pra-klimakterik yang ditandai dengan laju produksi CO_2 konstan; puncak klimakterik dimana tercapai laju produksi CO_2 maksimum dan selanjutnya diikuti fase lepas klimakterik dengan laju produksi CO_2 berangsur menurun. Hasil ini juga diperoleh pada percobaan pengukuran laju respirasi yang menandakan bahwa buah pisang termasuk buah klimakterik pada kelompok laju adalah moderat [16].

Puncak klimakterik tercapai saat produk diperam dimana di setiap kondisi penyimpanan yang berbeda terdapat perbedaan waktu terjadinya laju produksi CO_2 maksimum. Berdasarkan Biale, 1964 *di dalam* [15] dan [17] puncak klimakterik merupakan batasan antara fase pematangan dengan fase kelayuan. Pada tabel 1 dan 2 dapat dilihat bahwa kondisi penyimpanan berpengaruh terhadap jumlah dan waktu terjadinya puncak klimakterik yang berarti pada suhu 10^{o}C dengan periode simpan terendah akan mengalami periode pematangan yang lebih lama dan permulaan tahap pelayuan lebih lambat. Pada suhu yang sama, penambahan periode simpan mempercepat terjadinya waktu puncak klimakterik karena selama penyimpanan telah banyak substrat yang dimanfaatkan saat respirasi sel.

Parameter fisik dan kimia pisang Raja Bulu

Setelah dilakukan injeksi etilen, terjadi perubahan setiap parameter mutu yang cukup ekstrim seperti terlihat pada tabel 3. Untuk mengetahui hubungan interaksi antara kondisi simpan dengan mutu peramnya dilakukan kajian analisis sidik ragam dan uji lanjut Duncan seperti yang disajikan pada tabel 1. Data yang tertulis pada kedua tabel tersebut adalah data dengan hubungan yang saling berpengaruh antara kondisi simpan dengan mutu peramnya.

Uji organoleptik

Pada hari pertama pemeraman, buah masih dalam kondisi tekstur agak keras dan masih bergetah sehingga uji organoleptik dilakukan pada hari kedua. Warna kulit buah merupakan indikator utama bagi konsumen untuk menilai mutu buah. Penilaian organoleptik keseluruhan dilakukan terhadap penerimaan semua atribut atau komponen mutu di dalam pisang Raja Bulu meliputi warna kulit, warna daging, tekstur, rasa dan aroma. Skor penilaian panelis terhadap warna kulit dan mutu keseluruhan disajikan pada tabel 4. Pada analisis sidik ragam diketahui bahwa pengaruh masing-masing faktor perlakuan suhu berbeda di tiap periode peram (tabel 1).

Tabel 1: Analisis sidik ragam pengaruh perlakuan kondisi simpan sebelum pemeraman terhadap mutu peram pisang Raja Bulu

Komponen mutu	Peluang (P)			Periode peram (hari ke-)
	Sumber keragaman			
	Suhu (a)	Lama simpan (b)	Interaksi (axb)	
TPT	0.99	0.0013	0.39	0
	0.94	0.0001	0.50	1
	0.29	0.015	0.02	5
Kekerasan	0.0032	0.0092	0.13	0
	0.002	0.0013	0.008	1
Susut bobot	0.0001	0.0001	0.417	0
	0.0001	0.0001	0.0176	1
	0.0001	0.0001	0.0354	2
	0.0001	0.0001	0.0501	3
	0.0001	0.0001	0.1422	4
	0.0001	0.0001	0.1352	5
Warna L	0.05003	0.0084	0.9088	0
	0.1001	0.0427	0.4776	1
	0.0034	0.0113	0.3060	4
	0.0043	0.2917	0.8318	5
Warna a	0.2980	0.0026	0.6031	2
	0.0894	0.0303	0.2488	3
	0.0303	0.0693	0.3444	4
	0.0373	0.2369	0.3278	5
Warna b	0.0002	0.009	0.47	1
	0.02	0.01	0.54	2
	0.007	0.28	0.56	5
Warna kulit	0.89	0.02	<0.0001	2
	0.05	0.73	0.98	3
	0.23	0.001	0.69	4
	0.49	0.0002	0.01	5
Keseluruhan	0.19	0.001	0.0008	2
	0.32	0.007	0.36	3
	0.22	0.09	0.002	4
	0.88	0.61	0.45	5

Keterangan: P<0.05: berpengaruh nyata; P<0.01: berpengaruh sangat nyata; P>0.05: tidak berpengaruh nyata

Sumber: [7]

Tabel 2: Perubahan laju produksi CO_2 pada periode simpan dan peram di setiap kondisi penyimpanan

Periode simpan (hari) pada T = 10°C	Laju produksi CO_2 (ml/kg.jam)		Waktu terjadinya puncak klimakterik (jam ke-)	Perubahan laju produksi CO_2 pada penyimpanan dan pemeraman (kali)
	Penyimpanan*	Pemeraman		
5	7.6	147.2	51	21
10	7.6	199.59	24	27
15	7.6	152.4	15	21
Periode simpan (hari) pada T = 15°C				
5	8.6	176.7	18	22
10	8.6	182.8	24	22
15	8.6	166.4	15	20
Keterangan:				
*: Laju produksi CO_2 yang terukur di hari terakhir periode simpan				

Tabel 3: Perubahan mutu selama pemeraman

Parameter Mutu	Lama Peram (hari ke-)	Suhu simpan 10°C			Suhu simpan 15°C		
		Lama simpan (hari)			Lama simpan (hari)		
		5	10	15	5	10	15
TPT (°brix)	1	22,87	21,73	19,81	23,14	20,40	24,97
	5	28,94	27,74	33,60	29,46	29,86	30,54
Kekerasan (kgf)	1	1,90	1,10	0,77	0,98	0,66	0,60
	5	0,29	0,34	0,26	0,23	0,23	0,25
Susut bobot (%)	1	5,00	4,84	7,54	6,40	8,52	11,90
	5	12,69	9,55	19,09	14,90	14,19	24,05
Warna L	1	70,65	71,12	70,63	70,68	71,49	71,21
	5	70,58	70,30	69,84	69,38	68,50	68,50
Warna a	1	-24,86	-20,02	-22,96	-21,84	-19,34	-19,43
	5	-5,78	-0,23	1,63	2,50	3,63	2,74
Warna b	1	39,94	51,02	41,59	51,78	57,59	53,21
	5	61,69	57,77	59,86	54,35	42,86	41,16

Sumber: [18]

Tabel 4: Hasil uji organoleptik mutu peram pisang Raja Bulu setelah penyimpanan

Komponen mutu pengujian	Periode peram	Suhu simpan 10°C			Suhu simpan 15°C		
		Lama simpan (hari)			Lama simpan (hari)		
		5	10	15	5	10	15
Warna kulit	2	2.7	5	4.3	4.2	3.3	4.4
	3	4.1	4.2	4.4	4.7	4.7	4.9
	4	3.9	3.3	4.8	3.9	2.8	4.2
	5	3.5	2.9	3.7	4.6	2	2.9
Keseluruhan	2	3.8	4.5	4.6	4.6	3.2	4.7
	3	4.6	5.11	4.7	5.1	5.22	5.3
	4	4.6	4.89	5.4	5.1	4.33	4.3
	5	4.7	4.89	4.7	4.6	4.22	4.2

Sumber: [18]

Total padatan terlarut

Selama penyimpanan terjadi kecenderungan peningkatan TPT dimana peningkatan pada suhu 10°C, 15°C dan suhu ruang berturut-turut adalah 1.6%, 0.9% dan 11.6% dengan kisaran TPT antara 18°brix-22°brix; sementara pada pemeraman TPT berkisar antara 18°brix-32°brix. TPT merupakan komponen substrat yang selama metabolisme sel akan terombak menjadi komponen gula yaitu sukrosa, fruktosa dan glukosa sehingga banyak digunakan sebagai indikator rasa. Nilai TPT selama pemeraman lebih besar dipengaruhi oleh periode simpannya (tabel 1).

Kekerasan

Selama penyimpanan dan pemeraman terjadi kecenderungan yang sama yaitu penurunan kekerasan dimana pada saat penyimpanan perubahan yang terjadi tidak cukup besar. Namun, selama pemeraman terjadi penurunan yang ekstrim pada hari peram pertama sampai dua hari berikutnya yaitu 3 kgf menjadi 0.2 kgf selanjutnya konstan sampai hari peram kelima. Dari tabel 1 diketahui bahwa perubahan ekstrim ini sangat dipengaruhi oleh suhu dan lama simpan. Perubahan kekerasan terjadi karena perombakan protopektin tidak larut menjadi pektin larut oleh enzim protopektinase [19]. Matto dan Mitra *di dalam* [7] menjelaskan bahwa pelunakan juga disebabkan hidrolisa karbohidrat menjadi gula dimana granula pati mempunyai fungsi struktural sel. Hidrolisis karbohidrat berperan sebagai penyedia energi yang penting untuk proses metabolisme.

Susut bobot

Persentase susut bobot selama penyimpanan sampai pemeraman mengalami peningkatan dengan kisaran nilai adalah 5%-24% dari berat awal. Dari tabel 1 dapat diketahui bahwa suhu dan periode simpan sangat berpengaruh terhadap mutu peramnya. Penyusutan bobot terjadi karena pemeraman pada suhu tinggi yang menyebabkan peningkatan reaksi kimia sehingga terjadi metabolisme sel yang semakin cepat untuk menghasilkan energi. Energi yang dihasilkan dilepaskan oleh jaringan dengan menguapkan air sehingga penyusutan terus berlangsung. Laju respirasi dan transpirasi akan mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan suhu [20] dan [21].

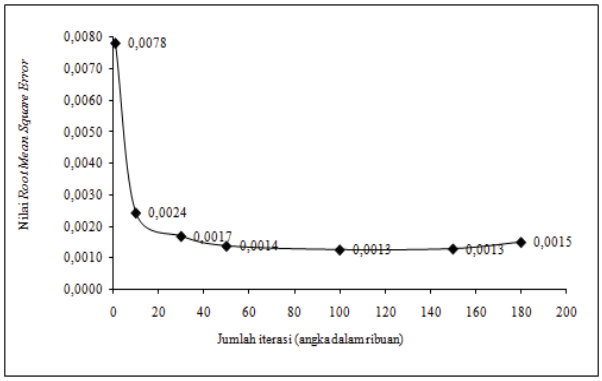
Warna

Warna merupakan indikator yang paling umum digunakan dalam penentuan keputusan pembelian ketertarikan konsumen dan penentuan indeks kematangan karena secara visual dapat teridentifikasi. Nilai L untuk mengetahui tingkat kecerahan, sedangkan nilai a* dan b* untuk mengetahui tingkat kematangan pisang. Selama pemeraman (tabel 3), secara bertahap warna berubah ke arah kusam (L menurun) dan menjadi kuning (a* dan b* meningkat) karena terjadinya degradasi klorofil sehingga pigmen karotenoid yang sudah ada tampak nyata [22]. Perubahan warna selama pemeraman dipengaruhi oleh suhu simpan dan periode simpannya [23] seperti terlihat pada tabel 1.

3.2. Pemodelan JST

Pelatihan bertujuan untuk melatih jaringan belajar pola-pola data kondisi penyimpanan dengan mutu peram yang diberikan sebagai output aktual. Inisiasi parameter arsitektur adalah 8 unit lapisan tersembunyi, konstanta laju pembelajaran 0.7, konstanta momentum 0.7 dan konstanta sigmoid 1. Dengan formula jumlah unit lapisan tersembunyi minimum [14] yaitu 8 unit dilakukan perhitungan error dengan peningkatan iterasi. Selama iterasi, terjadi penurunan RMSE yang signifikan pada iterasi

1,000-10,000 yaitu dari 0.0078 menjadi 0.0024. Pola ini menunjukkan bahwa peningkatan iterasi dapat menurunkan error [4]. Pada *trial error* iterasi berikutnya tercapai error minimum yaitu 0.0013 pada iterasi 150,000 (gambar 4).



Gambar 4. Perubahan nilai error selama iterasi

Tabel 5: Nilai error pada jumlah unit lapisan tersembunyi dengan iterasi 150,000

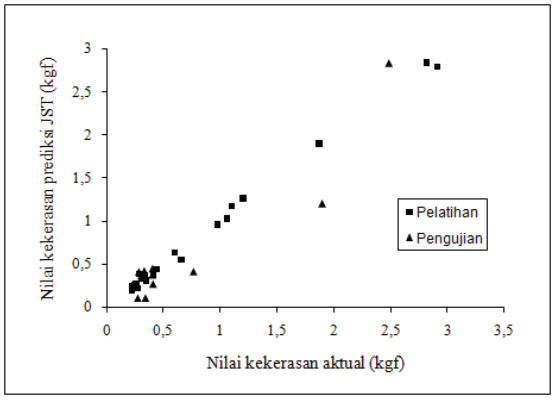
n_h	8	9	11	15	20
RMSE	0.0013	0.0008	0.0004	0.0003	0.0001

Dari arsitektur model JST yang telah terbentuk di atas, dipilih iterasi dengan RMSE terkecil yaitu 150,000 untuk dilakukan variasi peningkatan jumlah unit lapisan tersembunyi yaitu 9; 11; 15 dan 20 unit. Peningkatan ini menghasilkan penurunan RMSE dan target error 0.0001 dapat tercapai pada jumlah unit 20 (tabel 5). Secara perlahan, error berangsur menurun seiring dengan peningkatan jumlah unit tersembunyi pada iterasi 150,000. Nilai error yang diperoleh mengindikasikan bahwa model yang dikembangkan telah mendekati sistem yang sebenarnya. Model yang baik ditunjukkan dengan RMSE mendekati nol [24] dan R^2 mendekati 1 [25].

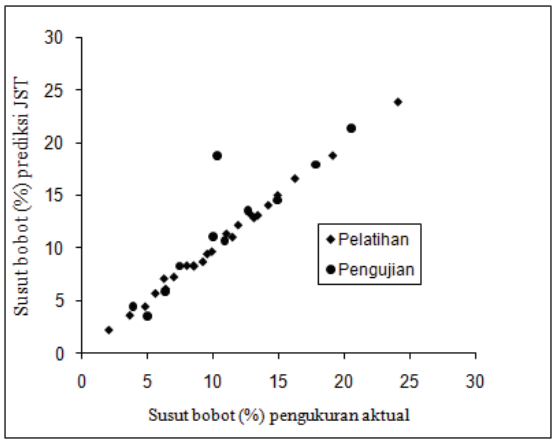
Arsitektur JST terbaik diperoleh pada 20 unit lapisan tersembunyi, konstanta laju pembelajaran 0.7, konstanta momentum 0.7 dan konstanta sigmoid 1 dengan RMSE yang dihasilkan adalah 0.0001. R^2 pelatihan dan R^2 pengujian untuk masing-masing parameter disajikan pada tabel 6 dan gambar 5-6. Dari nilai R^2 pelatihan mendekati 1 dapat diketahui bahwa model memiliki pola pembelajaran yang sangat baik. Namun, R^2 pengujian menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang tidak begitu baik di setiap pendugaan parameter mutunya. Dari hal-hal tersebut dapat disimpulkan bahwa model yang dibangun lebih mampu untuk merepresentasikan pola hubungan non-linear pada kondisi penyimpanan terhadap mutu kekerasan dan susut bobot. Hal ini berarti bahwa suhu simpan, periode simpan dan peram memiliki pengaruh lebih besar terhadap nilai kekerasan dan susut bobot dibandingkan dengan parameter mutu peram lainnya.

Tabel 6. Nilai koefisien determinasi pada arsitektur terpilih

Parameter mutu	TPT	Kekerasan	Susut bobot	Derajat warna		
				L	a	b
R^2 pelatihan	0,9917	0,9958	0,9956	0,9972	0,9951	0,9976
R^2 pengujian	0,3161	0,8724	0,8165	0,3157	0,7909	0,3617



Gambar 5. Koefisien determinasi untuk prediksi mutu kekerasan



Gambar 6. Koefisien determinasi untuk prediksi susut bobot

Ditinjau dari sistem JST, R^2 pengujian kecil terjadi karena *overtraining*. Iterasi yang terlalu besar (*overtraining*) menyebabkan jaringan tidak mampu memahami karakter pola data tetapi jaringan dipaksa untuk menghasilkan bobot-bobot yang mendekati output aktual sehingga tidak terjadi keseimbangan di dalam kemampuan memorisasi dan generalisasi [10]. Model pendugaan TPT dan warna dapat diperbaiki dengan peningkatan data input dan variasi arsitektur jaringan. Dengan semakin banyak data input maka akan

semakin banyak kombinasi pasangan data, sehingga output hasil pendugaan akan semakin mendekati angka pengukuran [26]. Variasi arsitektur jaringan dapat dilakukan dengan perubahan konstanta pembelajaran, konstanta momentum, konstanta sigmoid dan iterasi.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa poin yaitu sebagai berikut:

1. Pengaruh kondisi penyimpanan terhadap mutu peram terletak pada waktu terjadinya puncak klimakterik, kisaran nilai mutu peram dan pengaruh dari masing-masing faktor kondisi simpan.
2. Suhu simpan berpengaruh sangat nyata terhadap kekerasan, sust bobot, warna L dan b*. Lama simpan berpengaruh sangat nyata terhadap TPT, kekerasan, susut bobot, warna a*, b*, warna kulit dan mutu organoleptik keseluruhan. Interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata terhadap kekerasan, warna kulit dan mutu keseluruhan dalam uji organoleptik.
3. Model JST yang dibangun lebih mampu untuk merepresentasikan pola keterkaitan antara kondisi penyimpanan dengan mutu peram pada kekerasan dan susut bobot.
4. Model JST dibentuk pada arsitektur 20 unit lapisan tersembunyi, konstanta laju pembelajaran 0.7, konstanta momentum 0.7 dan konstanta sigmoid 1dengan RMSE 0.0001 dan R^2>0.99 untuk pelatihan dan R^2>0.80 untuk pengujian.

APRESIASI

Tim mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi sebagai penyandang dana penelitian Insentif Riset Terapan.

REFERENSI

[1] Ditjen PPHP. (2007). Peluang dan Potensi Pengembangan Ekspor Buah-buahan Indonesia. http://agribisnis.deptan.go.id [25 Juni 2009]

[2] Lertworasirikul. S, Y. Tipsuwan. (2008). *Moisture Content and Water Activity Prediction of Semi-Finished Cassava Cracker from Drying Process with Artificial Neural Network*. Journal of Food Engineering. 84: 65-74. www.sciencedirect.com.[20 Juli 2009]

[3] Siang, J.J. (2007). Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab.. Yogyakarta: Penerbit Andi.

[4] Adrizal, H.K. Purwadaria, Suroso, *et al*. (2007). Pendugaan Kandungan Air, Protein, Lisin Dan Metionin Tepung Ikan Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Berdasarkan Absorbsi Near Infra Red. Jurnal Keteknikan pertanian Vol. 21(4): 399-412.

[5] Suroso, R. Tsenkova dan H. Murase. 1999. *Optimization of Cow Feeding Management by Neural Network Based on Near Infrared Spectroscopy of Milk*. 14th Triennal World Congress, Beijing, P.R. China. http://d.wanfangdata.com.cn/NSTLHY_NSTL_HY1633752.aspx [22 Juni 2009]

[6] Silvia, E. (2007). Disain Jaringan Syaraf Tiruan untuk Prediksi Gula Kristal Putih [Tesis]. Bogor: Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.

[7] Werdiningsih, W. (2008). Kajian Perubahan Mutu Pisang Raja Bulu selama Proses Penyimpanan dan Pemeraman [Tesis]. Bogor: Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.

[8] Rudiyanto dan B.I. Setiawan. (2005). *Estimation of Soil Hydraulic Properties From Particle Size Distribution Using Artificial Neural Network*. Jurnal Keteknikan Pertanian. Vol. 19 (2): 127 - 137.

[9] Palani, S., S.Y. Liong, P. Tkalich. (2008). *An ANN Aplication for Water Quality Forecasting. Marine Pollution Bulletin*. 56: 1586-1597. www.sciencedirect.com [20 Juli 2009]

[10] Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Inteligence* (Teknik dan Aplikasinya). Yogyakarta: Graha Ilmu.

[11] Noble, P.A., E.H. Tribou. (2007). *Neuroet: An Easy To Use Artificial Neural Network for Ecological and Biological Modeling*. Ecological Modelling. 203: 87-98. www.sciencedirect.com [20 Juli 2009]

[12] Rejo, A. (2007). Aplikasi Artificial Neural Network Untuk Menduga Produksi Tebu (*Saccharum officinarum* L.) di PTPN VII PG Cinta Manis. Jurnal Keteknikan pertanian Vol. 21(4): 413-418.

[13] Hermawan, A. (2006). Jaringan Syaraf Tiruan, Teori dan Aplikasi. Yogyakarta: Penerbit Andi.

[14] Indrawanto,C., Eriyatno, A.M Fauzi, *et al*. (2007). Prakiraan Harga Akarwangi: Aplikasi Metode Jaringan Syaraf Tiruan. Jurnal Litri. Vol. 13(1): 14-20.

[15] Salunkhe, D.K., Bolin, H.R. e*t al*. (1991). *Storage, Processing and Nutritional Quality of Fruits and Vegetable*. Florida: CRC Press,Inc.

[17] Simmonds, N.W. (1966). *Bananas*. Ed- ke 2. London: Longman.

[18] Winarno, F.G. (2002). Fisiologi Lepas Panen Produk Hortikultura. Bogor: M-Brio Press.

[19] Maulana, H. (2008). Pendugaan Mutu Pisang Raja Bulu setelah Penyimpanan dan Pemeraman dengan Jaringan Syaraf Tiruan [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

[20] Eskin, N.A.M. (1990). *Biochemistry of Foods*. London: Academic Press.

[21] Siriboon, N., B. Propanon. (2000). *A Study on the Ripening of "Namwa" Banana*. Bangkok: Faculty of Biology, Assumption University.

[22] Ahmad, s., A.K. Thompson, L.A. Haviz, *et al.* (2001). *Effect of Temperature on the Ripening Behaviour and Quality of Banana Fruit*. International Journal of Agriculture. 3 (2): 224-227.

[23] Seymour, G.B., A.K. Thompson, P. John. (1987). *Inhibition of Degreening in the Peel of Bananas Ripened at Tropical Temperature*. Annals of Apllied Biology. 110: 145-151.

[24] Mitra, S.K. (1997). *Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruit*. London: CAB International.

[25] Suhardiyanto, H. *et al.*. (2007). Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan untuk Pendugaan Suhu Udara di dalam Rumah Kaca. Jurnal Keteknikan Pertanian. Vol 21(1): 67-74.

[26] Hasbullah, R. dan H. Suhardiyanto. (2006). Diktat Statistika Berbasis SAS. Teknik Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

[27] Sofi'i, I., I.W., Astika dan Suroso. (2007). Penentuan Jenis Cacat Biji Kopi dengan Pengolahan Citra dan *Artificial Neural Network*. Jurnal Keteknikan Pertanian. Vol.19(2): 99 - 108.