

KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN DAN KEMASAKAN BUAH DURIAN DENGAN MODEL NEURAL NETWORK

(Classification for Maturity and Ripeness of Durian Fruit Using Neural Network)

Amin Rejo¹⁾, Hadi K. Purwadaria²⁾, I Wayan Budiastira²⁾, Suroso²⁾, Slamet Susanto³⁾, Yul Y Nazaruddin⁴⁾

ABSTRACT

This study was aimed to develop the model to predict the maturity and ripeness of durian based on its physical and chemical characteristics using neural network. The physico-chemical and acoustic characteristics measurement was fed into the model as the inputs, which provided the levels of maturity and ripeness as the output of the model.

The results suggested that the physico-chemical properties and the acoustic characteristic decreased with the increase of both maturity and ripeness level of durian. The total solid soluble, the water content and the total sugar increased according to the fruits maturity. The total acids increased in the beginning of durian maturing proces and then decreased when the maturity and ripeness level reached the mature-over ripened stage. Data training were done by model of neural network: model 4 output, with various node in the hidden layer 4, 6, 8 and 10 nodes. The results recommended that the best model to be applied was model 4 output with 4 nodes in the hidden layer and iteration 1000 and 5000 with the model accuracy 87.5% - 100%.

Keywords: neural network, durian, maturity and ripeness

PENDAHULUAN

Durian merupakan tanaman khas tropika basah yang telah dikenal luas oleh masyarakat. Walaupun Indonesia menjadi salah satu produsen durian, namun belum banyak memperoleh keuntungan dari potensi tersebut dibandingkan Thailand yang telah mengeksport tidak kurang dari 11.000 ton tiap tahun. Volume ekspor tersebut jauh lebih besar dari Indonesia rata-rata pada tahun 1990 sebesar 53.767 ton dengan nilai US\$ 28.982 bahkan tahun 1998 menurun menjadi 13.794 ton dengan nilai US \$ 5.470 (BPS, 2000). Hal tersebut terjadi dikarenakan sortasi yang belum baik.

Masalah yang dihadapi dalam memilih durian adalah bagaimana mengetahui tingkat kemasakan dan kematangan bagian dalam durian secara tepat, akurat dan tanpa merusak buah durian. Dengan demikian konsumen akan mendapatkan jaminan bahwa durian yang dibeli adalah masak, matang dan tidak rusak. Selama ini untuk mengetahui tingkat kemasakan dan kematangan dalam buah durian harus dilakukan dengan cara merusak buah durian. Proses ini diperlukan data yang banyak untuk didapatkan informasi. Maka untuk melihat hubungan tersebut dibuatlah suatu model matematika yang bersifat linier. Proses ini sangat kompleks dengan strukturnya yang multi-input multi-output (MIMO) menjadikan hubungan tersebut sangat sulit untuk dimodelkan secara matematis.

Sejalan dengan permasalahan maka pengembangan model neural network diharapkan mampu untuk mengatasi permasalahan diatas.

Aplikasi model Neural network di bidang non pertanian sudah dimulai tahun 1957, namun penerapan dibidang pertanian baru dimulai sekitar tahun 1989 seperti bidang manajemen irigasi dan drainase, kadar air tanah, kualitas makanan kecil, konsentrasi pestisida dalam tanah, perpindahan panas, dan pakan ternak (Suroso et al., 1999). Penelitian lainnya dilakukan oleh Susanto et al., (2000) yang menerapkan neural network untuk sortasi mangga gedong berdasarkan konsentrasi sukrosa dan asam malat buah yang diukur dengan NIR. Purnomo (2000) melakukan penelitian tentang identifikasi terhadap respon kumulatif buah selama penyimpanan dengan metode neural network. Namun sampai saat ini belum dilakukan penelitian untuk klasifikasi buah durian berdasarkan tingkat kemasakan dan kematangan. Penelitian ini mencoba untuk mengembangkan model neural network untuk mengklasifikasikan buah durian berdasarkan tingkat kemasakan dan kematangan.

Kemasakan dan Kematangan Buah Durian

Di dalam buah dikenal istilah 'masak' (mature) dan 'matang' (ripe). Masak adalah sebagai pertumbuhan yang secara alami telah sempurna perkembangannya, sehingga pada fase ini segera akan memasuki fase pematangan. Informasi ini penting bagi produsen, pedagang maupun yang bergerak di bidang kontrol mutu (quality control). Pada proses pemasakan buah terjadi perubahan struktural dengan kisaran yang luas seperti perubahan dalam tebal dinding sel, permeabilitas plasma dan banyaknya ruang antar sel ikut menyebabkan menjadi lunaknya jaringan yang dianggap sebagai petunjuk utama terjadi pemasakan. (Pantastico. 1996).

Selama pematangan, buah mengalami beberapa perubahan nyata terhadap warna, tekstur, bau dan rasa yang menunjukkan bahwa terjadi perubahan-perubahan dalam susunannya. Untuk mencapai konsumsi maksimal bagi buah diperlukan terjadinya perubahan kimia. Hal ini dapat terjadi bila buah dipungut pada tingkat kematangan yang tepat. Bila pemetikan tidak tepat waktunya buah akan menghasilkan mutu yang kurang baik. Pada proses pemasakan buah terjadi perubahan kandungan kimia dan aktifitas enzimatik pada buah tersebut. Disamping terjadi perubahan warna dan tekstur buah selama pematangan

¹⁾ Staf Pengajar pada Program Studi Keteknikan Pertanian FAPERTA UNSRI Palembang

²⁾ Staf Pengajar pada Jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian IPB.

³⁾ Staf Pengajar jurusan Budidaya Pertanian IPB.

⁴⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknik Industri ITB, Bandung.

juga timbul dalam bentuk ester, alkohol dan asam lemak rantai pendek. Dengan meningkatnya pemasakan, kandungan gula total naik secara cepat. Peningkatan kadar gula secara mendadak ini dapat digunakan sebagai petunjuk secara kimia telah terjadinya kemasakan buah. Berdasarkan hasil penelitian Budiastira (1998) berat jenis buah durian jenis lokal yang belum matang, belum matang rusak, matang rusak, dan matang utuh dengan nilai masing-masing 0.93 g/cm³, 0.90 g/cm³, 0.85 g/cm³ dan 0.82 g/cm³. Sifat kimia akan dipengaruhi oleh matangnya buah durian yaitu buah matang mempunyai nilai kekerasan, total padatan terlarut, kadar air, total gula dan total asam masing-masing 2.48 N, 1759 ° brix, 62.77 %, 18.17 %, dan 0.069 %. Sedangkan buah yang belum matang masing-masing bernilai 3.05 N, 16.52 ° brix, 65.89 %, 14.17 % dan 0.069 %.

Neural Network

Neural network adalah merupakan jaringan yang dibuat manusia dengan diilhami oleh struktur dan cara kerja otak dan sel syaraf manusia. Berdasarkan pengetahuan tentang jaringan syaraf manusia, dibuatlah suatu model yang analog dengan jaringan tersebut, dengan tujuan membuat suatu sistem yang dapat belajar. Dengan pengetahuan tentang anatomi dari neuron itulah manusia berusaha untuk membuat model menyerupai otak manusia, sehingga lahirlah neural network. Neural network dapat digunakan bermacam-macam persoalan seperti klasifikasi, pengenalan perkataan, pengolahan image, prediksi time series, modeling dan kontrol, robotik, sistem pakar, finansial dan lain-lain. Dalam perkembangannya, model ini dimodifikasi terus menerus seperti Gambar 1 guna menghasilkan fungsi yang diinginkan secara optimum.

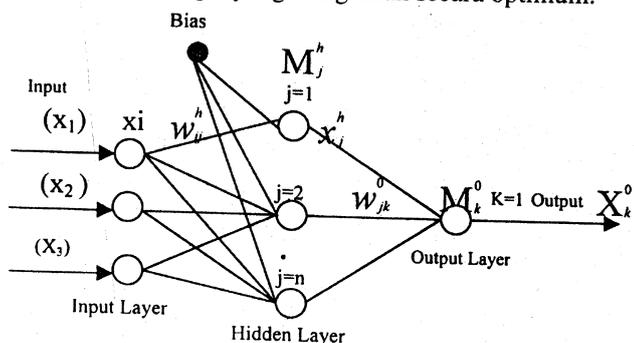


Fig 1. Neural network multi layer

Pada Gambar 1, lingkaran mewakili sebuah simpul dan setiap simpul melakukan perhitungan kecuali simpul-simpul yang ada pada lapisan masukan. Neural network pada Gambar 1 mempunyai 3 lapisan yaitu satu lapisan masukan, lapisan tersembunyi dan lapisan luaran. Ada tiga perhitungan penting yang harus dilakukan dalam satu langkah pelatihan. Vektor masukan (X) diberikan pada lapisan masukan. Simpul-simpul pada lapisan masukan akan mendistribusikan masukan tersebut ke simpul-simpul pada lapisan tersembunyi. Masukan total dari simpul ke-j pada lapisan tersembunyi adalah:

$$M_j^h = \sum_{i=1}^N W_{ij}^h X_i \quad (1)$$

dimana :

X_i : masukan ke-i

M_j^h : masukan simpul ke-j, lapisan tersembunyi (h)

W_{ij}^h : bobot antara simpul ke-i dengan simpul ke-j, pada lapis tersembunyi

Keluaran dari simpul adalah:

$$X_j^h = \sigma_j^h(M_j^h) \quad (2)$$

dimana:

X_j^h : keluaran dari simpul ke-j, lapisan tersembunyi.

Pada lapis keluaran;

$$M_k^0 = \sum_{j=1}^{N1} W_{jk}^0 X_j^h \quad (3)$$

dimana:

M_k^0 : masukan simpul ke-k, lapisan luaran (o)

X_k^0 : keluaran dari simpul ke-k, lapisan luaran

W_{jk}^0 : bobot antara simpul ke-j dengan simpul ke-k, pada lapis luaran

Fungsi harga yang digunakan adalah jumlah kuadrat galat, seperti persamaan (4)

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{N2} (\delta_k^0) \quad (4)$$

Turunan fungsi keluaran (6):

$$W_{jk}^0(t + Ts) = W_{jk}^0(t) + \eta \cdot \delta_k^0 \cdot X_j^h \quad (5)$$

Selanjutnya perubahan harga bobot untuk lapisan tersembunyi diperoleh:

$$W_{ij}^h(t + Ts) = W_{ij}^h(t) + \eta \cdot \delta_j^h \cdot X_i \quad (6)$$

dimana: η = konstanta laju belajar

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Bahan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), Laboratorium Pengawasan Mutu Fakultas Teknologi Pertanian IPB, dan Laboratorium Akustik Jurusan Teknik Fisika ITB. Bahan yang digunakan adalah buah durian jenis *Aseupan* dari perkebunan di Rancamaya, kecamatan Ciawi Bogor berbagai tingkat kemasakan dan kematangan dengan klasifikasi belum masak penuh (umur, 117 hari setelah bunga mekar), masak penuh (umur, 120 hari

setelah bunga mekar), matang (umur, 2 hari setelah jatuh), dan lewat matang (umur, 4 hari setelah jatuh).

Prosedur Penelitian

Penelitian meliputi beberapa tahapan yaitu: 1) melakukan pengukuran sifat fisiko kimia dan akustik, 2) penyusunan model neural network dengan aturan belajar penjalaraan balik (back propagation), 3) membuat program, dan 4) simulasi model.

a. Pengukuran sifat akustik

Peralatan yang digunakan untuk mengukur sifat akustik buah durian adalah peralatan yang telah dirancang oleh Budiastira et al., (1999) seperti pada Gambar 2. Pulsa dari ultrasonik tester T_{out} diumpangkan ke transduser pemancar T yang akan merambatkan gelombang ultrasonik kedalam buah durian. Setelah merambat gelombang ultrasonik diterima oleh transduser penerima R yang kemudian diteruskan ke ultrasonik tester R_{in} . Sinyal yang keluar dari ultrasonik tester R_{out} diamati oleh oskiloskop digital dan disimpan. Rangkaian antar mula PC Lab card akan mengantar sinyal yang tersimpan di dalam oskiloskop digital ke komputer untuk diproses lebih lanjut. Menggunakan perangkat lunak MATLAB sinyal akibat interaksi antara gelombang ultrasonik dan buah dapat ditampilkan berdasarkan power spectral density dan frekuensi di layar.

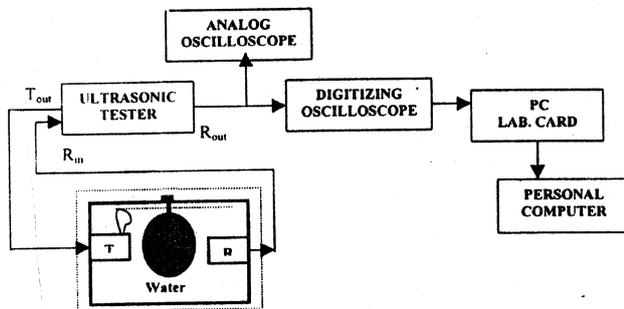


Fig 2. Block diagram of the ultrasonic apparatus (Budiastira, et al., 1999)

b. Pengukuran sifat fisiko-kimia

Pengukuran sifat fisiko-kimia meliputi: 1) masa jenis yang dilakukan dengan perbandingan antara berat dengan volume buah, 2) total padatan terlarut diukur dengan refraktometer digital Atago PR-201, 3) kekerasan daging durian di ukur dengan alat rheometer type CR-300, 4) kadar air diukur dengan metode oven, 5) total asam diukur dengan metode titrasi dan 6) total gula diukur dengan metode fenol yang menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 490 μm .

c. Simulasi Model

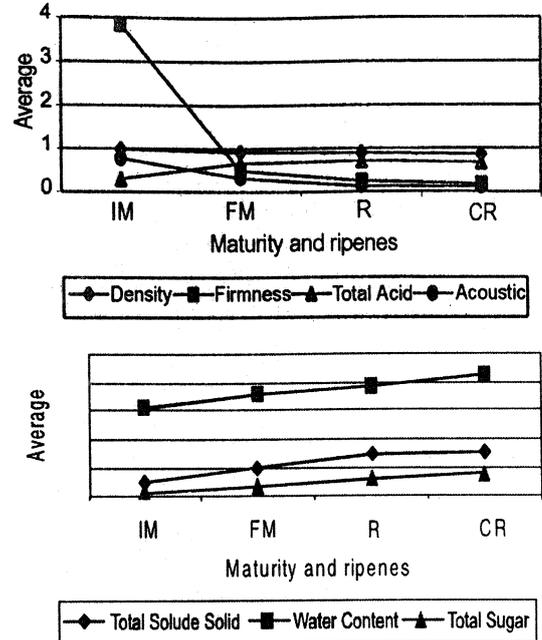
Simulasi model dengan struktur pemodelan menggunakan *Multi Layer Perceptron* yang terdiri dari 7 vektor masukan yaitu: masa jenis, kekerasan, total padatan terlarut, kadar air, total gula, total asam dan sifat akustik dengan 4 keluaran yang diklasifikasikan berdasarkan tingkat kemasakan dan kematangan yaitu belum masak

penuh (IM), masak penuh (FM), matang (R) dan lewat matang (OR). Tahap simulasi meliputi pelatihan model dan validasi model. Data yang diambil untuk pelatihan model sebanyak 66 data, sedangkan validasi model sebanyak 34 data. Simulasi dilakukan dengan berbagai simpul yaitu 4, 6, 8, dan 10 didalam lapisan tersembunyi dengan iterasi 1000 dan 5000.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisiko-kimia dan Akustik

Dari hasil penelitian sifat fisiko-kimia dan akustik rata-rata seperti pada Gambar 3.



dimana: IM = immature FM = full-mature R = ripe OR = over-ripe

Fig 3. The average physico-chemical and acoustic properties of durian fruit related to its maturity and ripeness

Padatan terlarut ($^{\circ}$ brix), kadar air (%) dan total gula (%) meningkat sejalan dengan meningkatnya kemasakan dan kematangan seperti pada buah durian belum masak (IM) sampai lewat matang (OR) masing-masing menghasilkan nilai 9.65 $^{\circ}$ brix, 62.52 %, 3.13 % meningkat menjadi 31.29 $^{\circ}$ brix, 84.68 % dan 16.00 %. Masa jenis (g/cm^3), kekerasan daging durian (N) dan sifat akustik (Mo) menurun sejalan dengan meningkatnya kemasakan dan kematangan buah durian seperti pada durian belum masak (IM) sampai lewat matang (OR) masing-masing menghasilkan 0.97 (g/cm^3), 3.18 N dan 0.77 dan pada durian lewat matang (OR) menghasilkan 0.85 (g/cm^3), 0.17 N dan 0.10. Sedangkan total asam terjadi peningkatan mulai dari belum masak (IM) sampai matang (R) dan menurun sampai lewat matang (OR) dengan nilai 0.20 % sampai 0.70 % dan menurun menjadi 0.67 %. Hubungan korelasi antara sifat fisiko-kimia dan akustik dengan tingkat kemasakan dan kematangan buah durian dikatakan erat dengan nilai koefisien korelasi (r) masing-masing -0.93, 0.90, -0.87, 0.97, 0.94, 0.62, dan -0.82. Sedangkan hubungan antara sifat fisiko-kimia dan akustik seperti pada Tabel 1.

Table 1. The relationship of physico-chemical and acoustic properties of durian fruit

physico	chemical	r, n=100	physico/chemical properties	acoustic	r,n=100
Density	Water content	-0.989	A. Physico properties		
Density	Total Sugar	-0.961	Density	Mo	0.930
Density	Total Acid	-0.776	Firmness	Mo	0.943
Density	Total Soluble Solid	-0.968	B. Chemical properties		
Firmness	Water content	-0.644	Total Soluble Solid	Mo	-0.940
Firmness	Total Sugar	-0.993	Water content	Mo	-0.850
Firmness	Total Acid	-0.744	Total Sugar	Mo	-0.833
Firmness	Total Soluble Solid	-0.811	Total Acid	Mo	-0.751

Hubungan korelasi antara sifat fisika-kimia dan akustik dari Tabel 1 menunjukkan bahwa sifat fisik berkorelasi negatif dengan sifat kimia dan berkorelasi positif dengan sifat akustik. Sedangkan hubungan antara sifat kimia dengan sifat akustik berkorelasi negatif.

Simulasi neural network

a. Pelatihan

Pelatihan dilakukan dengan menggunakan set data pelatihan sebanyak 66 data, yang disimulasikan dengan berbagai model seperti model 4 keluaran dan menggunakan bilangan asli dan biner. Simpul yang digunakan 4, 6, 8 dan 10, iterasi 1000 dan 5000.

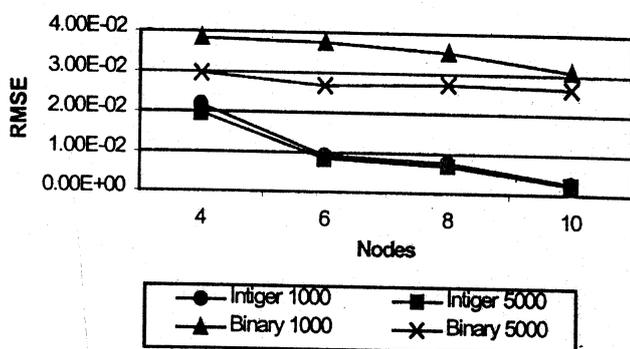


Fig 4. RMSE by various nodes

Hasil pelatihan pada Gambar 4, didapatkan bahwa nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) bilangan asli baik pada berbagai iterasi menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan bilangan biner. Seperti pada model 4 iterasi 1000 dengan bilangan biner menghasilkan RMSE sebesar 0.0293 sedangkan bilangan asli hanya 0.0049. Iterasi 1000 menghasilkan RMSE yang lebih besar dari iterasi 5000 yaitu masing-masing 0.0049 dan 0.0047. Sedangkan RMSE pada berbagai simpul menurun sejalan dengan bertambahnya jumlah simpul seperti pada simpul 4

bilangan asli dengan iterasi 5000 didapatkan nilai RMSE sebesar 0.0383 dan pada simpul 8 menghasilkan RMSE sebesar 0.0308. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pelatihan yang dilakukan pada tingkat iterasi 1000 sampai 5000 dengan jumlah simpul 4 sampai 10 dapat digunakan untuk model.

b. Validasi Model

Validasi model dilakukan, dengan memasukkan data Weights yang didapatkan dari hasil pelatihan dengan memilih sub-menu Open Weights pada menu File dan menguji set data validasi yang telah disiapkan (34 set data validasi) dengan memilih sub-menu Open Test data pada menu File. File Weights berisi data nilai dari parameter-parameter yang dibutuhkan untuk proses pelatihan berikutnya dan proses validasi pada jaringan untuk menduga nilai parameter-parameter keluaran dari nilai parameter-parameter masukan yang diberikan pada jaringan.

Klasifikasi belum masak penuh (IM) baik menggunakan bilangan asli maupun biner pada berbagai iterasi dan simpul menghasilkan tingkat validasi yang tinggi dengan nilai rata-rata 100%. Klasifikasi belum masak penuh (FM) dengan bilangan asli pada iterasi 1000 berbagai simpul menghasilkan tingkat validasi 90 sampai 100%. Sedangkan untuk iterasi 5000 dengan berbagai simpul menghasilkan nilai rata-rata 100%. Bilangan biner dengan iterasi 1000 pada berbagai simpul menghasilkan nilai validasi 90 sampai 100% dan pada iterasi 5000 menghasilkan nilai rata-rata 100%. Klasifikasi matang (R) pada bilangan asli dengan berbagai iterasi dan simpul menghasilkan tingkat validasi rata-rata 100%. Bilangan biner pada iterasi 1000 dengan berbagai simpul adalah 55.6 sampai 94.4 % dan iterasi 5000 didapatkan nilai 88.9 sampai 100%. Klasifikasi lewat matang (OR) untuk bilangan asli dengan berbagai iterasi dan simpul dihasilkan tingkat validasi dengan nilai rata-rata 87.5%, sedangkan untuk bilangan biner iterasi 1000 menghasilkan nilai 81.5 sampai 93.76% dan iterasi 5000 menghasilkan nilai rata-rata 87.5%.

Table 2. Value validation for maturity and ripeness of intiger and binary

Classifi cation	Intiger								Binary							
	1000		1000		5000		5000		1000		1000		5000		5000	
	10	8	1000	1000	5000	5000	5000	5000	1000	1000	1000	1000	5000	5000	5000	5000
IM	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
FM	100	90.0	90.0	90.0	100	100	100	100	100	93.7	90.0	93.7	100	100	100	100
R	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94.4	66.7	66.7	55.6	100	88.9	100
OR	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	81.5	87.5	93.7	87.5	87.5	87.5	87.5

KESIMPULAN

Masa jenis, kekerasan, akustik berkorelasi negatif dan total padatan terlarut, kadar air, total gula berkorelasi positif terhadap tingkat kemasakan dan kematangan buah. Sifat fisik berkorelasi negatif dengan sifat kimia dan berkorelasi positif dengan sifat akustik. Sedangkan sifat kimia berkorelasi negatif dengan sifat akustik. Model neural network dengan menggunakan bilangan asli lebih akurat dibandingkan dengan bilangan biner. Model yang disarankan adalah model 4 luaran yang menggunakan 4 buah simpul dalam lapisan tersembunyi dengan akurasi mencapai 96.87%. Validasi model tersebut telah dilakukan dengan tingkat ketelitian untuk kebenaran pendugaan mencapai 87.5 – 100.0 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Biro Pusat Statistik. 2000. Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia. BPS. Jakarta.
- Budiastra, I.W., A. Trisnobudi., dan L. Pujantoro. 1998. Pengembangan Teknologi Gelombang Ultrasonik untuk Penenmasakan Kematangan dan Kerusakan Buah-buahan Tropika Secara Non destruktif. Laporan Kemajuan Riset Unggulan Terpadu V Fateta. Bogor.
- Budiastra, I W., A. Trisnobudi, and H.K. Purwadaria. 1999. Ultrasonic System for automation of internal quality evaluation of durian. *Proceedings of the 14 th World Congress IFAC, International Federation of Automatic Control*, Beijing, P.R. China, 5-9 July 1999. Volume K.
- Mizrach A., U. Flitsmon, dan Y. Fuchs. 1997. An Ultrasonic non Destructive Method for Measuring Maturity of Mango Fruit. *Transaction of The ASAE* 40(4): 1107-1111
- Ikeda. Y., I W Budiastra and T. Nishizu. 1992. On predicting concentration of individual sugar and malic acid of time fruits by near-infrared reflectance spectrofotometry. *Proceeding Advances on Agricultural Engineering and Technology Vol. 2. Bogor, Indonesia* 12-15 October 1992.
- Pantastico, E.B. 1996. Fisiologi Pasca Panen. Terjemahan. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Purwanto, W. 2000. Identification od Cumulative Fruit Responses During Storage Using Neural Networks. *Agritech Majalah Ilmu dan Teknologi Pertanian*, Vol. 20(4): 173-178.
- Suroso, R. Tsenkova, and H. Murase. 1999. Optimization of Cow Feeding Management by a Neural Network Based on Near Infrared Spectroscopy of Milk. *14th Triennial World Congress*, Beijing, P.R. China.
- Susanto, Suroso, I W Budiastra, and H.K.Purwadaria. 2000. Classification of mango by artificial neural network based on near infrared difuse reflectance. *Proceedings 2 nd IFAC/CIGR International worksop on Bio-Robotics, Information Technology and Intellegent Control for Bioproduction Systems*. Sakai, Osaka, Japan, 25-26 November 2000.
- Winarno, F.G. 1995. Strategi Pengembangan Produksi Buah-buahan untuk Pasar Domestik. *Majalah Pangan*. Vol. VII, Jakarta.