

KERANGKA PENGEMBANGAN MODEL SISTEM SENSOR TINGKAT KEMATANGAN BUAH SAWIT PADA PROSES STERILISASI MINYAK SAWIT MENTAH

Lily Amelia

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul, Jakarta
Jln. Arjuna Utara Tol Tomang Kebun Jeruk Jakarta 11510
lily.amelia@esaunggul.ac.id

Abstrak

Kehilangan minyak sawit pada proses sterilisasi buah sawit dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah sawit, lama sterilisasi dan tekanan uap. Pada saat ini penentuan tingkat kematangan buah sawit di pabrik minyak sawit mentah di Indonesia masih dilakukan secara manual melalui pengamatan visual di lapangan. Hal ini berakibat kepada tingginya persentase kehilangan minyak sawit dan kualitas minyak sawit yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun suatu usulan kerangka pengembangan piranti lunak sistem sensor dalam menentukan tingkat kematangan buah sawit. Kerangka pemodelan dimulai dari perekaman gambar citra (*image*) buah sawit yang kemudian akan diekstraksi melalui proses segmentasi dan penyaringan. Uji kimia akan dilakukan untuk mengetahui kadar minyak pada buah sawit. Berdasarkan gambar citra buah sawit dan hasil uji kimia, suatu model pengenalan pola kematangan buah sawit akan dirancang menggunakan metode jaringan syaraf tiruan, dan dari sini akan dikembangkan piranti lunak sistem sensor tingkat kematangan buah sawit. Dari hasil penelitian ini diharapkan akan menghasilkan metode penghitungan tingkat kematangan buah sawit yang lebih akurat jika dibandingkan dengan hanya melalui pengamatan secara visual.

Kata Kunci : Minyak Sawit Mentah, Sterilisasi, Pengenalan Corak

Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak sawit mentah (CPO) terbesar di dunia selain Malaysia. Pada saat ini, Indonesia dan Malaysia menghasilkan 85 % dari total produksi CPO di dunia. Tahun 2008, Indonesia memproduksi lebih kurang 19.330.000 ton minyak sawit, dengan jumlah ekspor 14.470.000 ton (Indonesian Palm Oil Research Institute, 2009). Dengan demikian, minyak sawit mentah adalah salah satu komoditi industri pertanian strategis di Indonesia yang perlu dikembangkan sehingga produksi minyak sawit mentah dapat meningkat secara optimal.

Minyak sawit mentah dan inti sawit dihasilkan setelah melalui proses pada stasiun-stasiun pemrosesan sebagai berikut:

sterilisasi, penebahan, pelumatan, pengempaan, klarifikasi dan pengolahan inti sawit (Naibaho, 1998). Otomatisasi dalam proses pengolahan minyak sawit pada saat ini masih sangat kurang diaplikasikan oleh pabrik-pabrik pengolahan CPO di Indonesia. Pada saat ini sebagian besar pabrik minyak sawit di Indonesia masih menggunakan teknologi semi manual, dimana pengendalian proses pada setiap stasiun pemrosesan masih dilakukan secara manual. Bahkan di negara lain seperti Malaysia, otomatisasi dalam pengolahan CPO juga sangat kurang diberikan fokus perhatian oleh pabrik minyak sawit (Kandiah et al., 1992).

Kehilangan minyak sawit pada proses sterilisasi tandan buah segar (TBS)

dipengaruhi oleh kadar buah sawit mentah, lamanya waktu perebusan dan tekanan uap (Naibaho, 1998). Jika kadar buah sawit mentah tinggi, maka diperlukan sterilisasi yang lebih lama dan tekanan uap yang lebih tinggi. Sebaliknya jika TBS terlalu masak, maka diperlukan waktu sterilisasi yang lebih pendek dan tekanan uap yang lebih rendah untuk mengurangi kehilangan minyak sawit sewaktu proses sterilisasi.

Pada saat ini penghitungan terhadap kadar buah sawit mentah yang masuk ke pabrik masih dilakukan berdasarkan pengamatan secara visual, sehingga kehilangan minyak sawit pada proses sterilisasi masih tinggi yaitu lebih dari standar 0.3 %. Dengan demikian, untuk meminimumkan kehilangan minyak sawit pada proses sterilisasi diperlukan suatu sistem sensor otomatis untuk menentukan kadar buah sawit mentah, sehingga tinggi rendahnya tekanan uap dan lama sterilisasi dapat dikendalikan secara optimal.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengidentifikasi karakteristik kadar kematangan buah sawit dan dampaknya terhadap proses sterilisasi minyak sawit mentah.
2. Menyusun kerangka pengembangan sistem sensor tingkat kematangan buah sawit menggunakan model jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*).

Urgensi Penelitian

Sistem pengendalian proses sterilisasi minyak sawit yang terotomatisasi sangat diperlukan untuk meminimasi kehilangan minyak sawit sewaktu pemrosesan di stasiun sterilisasi serta untuk meningkatkan kualitas minyak sawit yang dihasilkan. Namun demikian, pengembangan sistem pengendalian proses pengolahan minyak sawit secara otomatis seperti pada stasiun sterilisasi menemui banyak kendala, yang di-

antaranya adalah: keberagaman dalam kuantitas dan kualitas bahan baku tandan buah segar kelapa sawit, kurang tersedianya sistem sensor yang tepat untuk memperkirakan tingkat kematangan tandan buah segar kelapa sawit, teknologi proses produksi yang belum terotomatisasi di sebagian besar pabrik minyak sawit di Indonesia serta kurangnya tenaga terlatih dalam pengendalian proses secara otomatis (Kandiah, 1992).

Menurut Kandiah et. al. (1992) pengendalian proses sterilisasi secara otomatis pada pengolahan minyak sawit akan memberikan beberapa manfaat, diantaranya ialah untuk:

1. Mengurangi kesalahan dan ketidaktepatan pengendalian secara manual oleh operator yang dapat berakibat kepada proses sterilisasi yang buruk.
2. Mengatasi masalah keberagaman kualitas dari bahan baku tandan buah segar (TBS) kelapa sawit yang masuk ke pabrik pengolahan minyak sawit. Jika terdapat perubahan terhadap kualitas TBS yang masuk, dengan sistem pengendalian proses yang terotomatisasi perubahan akan lebih cepat direspon, sehingga kehilangan minyak sawit dapat diminimumkan.
3. Untuk menjaga kuantitas dan kualitas minyak sawit yang dihasilkan pada tingkat yang diinginkan.

Rancang bangun sistem pengendalian proses sterilisasi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit termasuk juga merekayasa sistem sensor yang tepat. Salah satu sistem sensor yang diperlukan dalam pengendalian proses sterilisasi TBS adalah sistem sensor yang dapat menentukan kadar kematangan TBS yang masuk ke stasiun pengolahan secara akurat. Kadar kematangan TBS ini akan mempengaruhi lamanya sterilisasi dan tekanan uap yang diperlukan. Dengan mengetahui kadar bu-

ah sawit mentah maka pengendalian terhadap lama proses sterilisasi dan tekanan uap pada tingkat yang optimum dapat dilakukan secara optimal untuk meminimumkan kehilangan minyak sawit di stasiun sterilisasi.

Teknik jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*) yaitu salah satu kaedah kepintaran buatan yang dapat diaplikasikan dalam merekayasa sistem sensor otomatis yang dapat memprediksi tingkat kematangan TBS. Teknik jaringan syaraf buatan, dapat memprediksi tingkat kematangan buah sawit berdasarkan pengenalan terhadap corak atau pola (*pattern recognition*) gambar buah sawit. Aplikasi teknik jaringan syaraf buatan dalam menentukan kadar buah mentah kelapa sawit akan mengurangi unsur subjektivitas dan ketidakakuratan pengamatan dibandingkan apabila penentuan kadar buah sawit mentah ini dilakukan hanya dengan pengamatan visual saja.

Teknik jaringan syaraf tiruan telah banyak diaplikasikan dalam pengklasifikasian produk hasil pertanian berdasarkan pola gambar dan hasilnya sangat akurat (Deck et al., 1995; Timmermans et al., 1996), efisien dan relatif cepat (Yang et al., 1997). Sebagai contoh, tingkat akurasi pengklasifikasian tanaman pot dengan teknik jaringan syaraf tiruan adalah lebih dari 99 % (Timmermans et al., 1996) dan tingkat akurasi pengklasifikasian buah apel berdasarkan warna buah adalah 95 % (Nakano, 1997).

Penelitian terhadap rekayasa sistem sensor tingkat kematangan buah sawit pada proses sterilisasi minyak sawit mentah ini sangat diperlukan mengingat sangat sedikit kajian sistem pengendalian otomatis yang dikembangkan dalam industri pengolahan minyak sawit mentah. Kajian ini akan berdampak kepada pengurangan kehilangan minyak sawit pada proses sterilisasi TBS. Hasil penelitian ini juga akan menjadi satu sub sistem dari rancang bangun sistem pe-

ngendalian otomatis pada proses sterilisasi minyak sawit secara keseluruhan. Dengan demikian, urgensi atau keutamaan dari penelitian ini adalah:

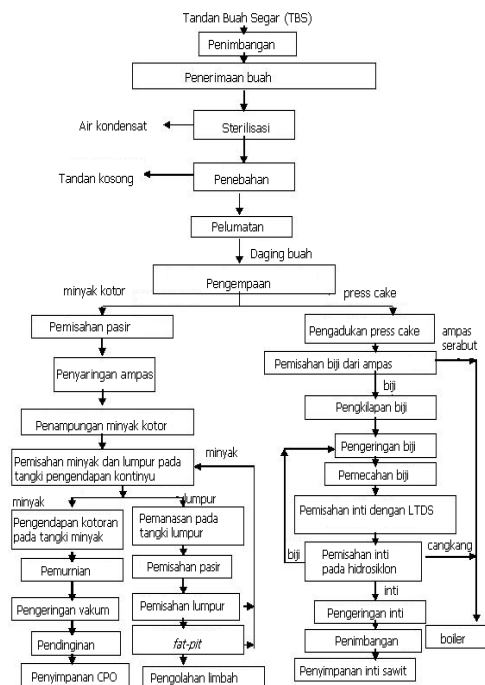
1. Terciptanya suatu model pengenalan pola kadar kematangan buah sawit menggunakan metode jaringan syaraf tiruan
2. Terciptanya instrumen piranti lunak sistem sensor otomatis untuk memprediksi tingkat kematangan tandan buah segar kelapa sawit pada proses sterilisasi TBS dengan kaedah jaringan syaraf tiruan.

Proses pengolahan minyak sawit mentah dan inti sawit

Minyak sawit mentah (CPO) dan inti sawit dihasilkan dari proses pengolahan tandan buah segar kelapa sawit. Menurut Naibaho (1998) secara garis besar proses produksi minyak sawit adalah melalui enam stasiun pemrosesan, yaitu: penerimaan buah, stasiun sterilisasi, stasiun penebahan, stasiun pelumatan dan pengempaan, stasiun klarifikasi dan stasiun inti sawit. Tandan buah segar (TBS) yang masuk ke pabrik mula-mula ditampung di stasiun penerimaan buah sebelum direbus dalam alat sterilisasi. Selanjutnya TBS rebus kemudian dibawa ke mesin penebah (*thresher*) untuk melepaskan buah sawit dari tandannya. Buah yang terlepas daripada tandan selanjutnya dibawa ke mesin pelumat (*digester*) untuk diaduk sehingga daging buah dapat dipisahkan dari biji sawit. Buah-buah yang telah diaduk dimasukkan ke dalam konveyor skru yang mendorongnya masuk ke dalam mesin pengempaan (*screw press*). Minyak kasar (*crude oil*) yang dihasilkan dari proses pengempaan kemudian dimurnikan secara bertahap di stasiun klarifikasi. Di stasiun ini, minyak dipisahkan dari lumpur, air dan kotoran lainnya melalui proses pengendapan dan sentrifugasi dengan meng-

gunakan tangki pengendapan kontinu (*continuous settling tank*), *decanter* dan alat pemurnian minyak (*purifier*). Hasilnya adalah berupa minyak sawit mentah (CPO).

Biji sawit yang masih bercampur dengan ampas serabut yang dihasilkan dari proses pengempaan selanjutnya diproses di stasiun inti sawit. Pada stasiun inti sawit, mula-mula ampas serabut dipisahkan dari biji oleh *deppericarper*, kemudian dilakukan pemecahan biji pada mesin *ripple mill*. Inti sawit yang masih bercampur dengan cangkang dipisahkan dengan hidrosiklon dan kolom pemisah (*separating column*) dan setelah itu inti sawit dikeringkan. Gambaran umum proses pengolahan minyak sawit dan inti sawit ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1

Aliran proses pengolahan minyak sawit mentah dan inti sawit

Proses sterilisasi atau perebusan buah sawit adalah proses perebusan tandan buah segar kelapa sawit menjadi TBS rebus, yang bertujuan untuk menghentikan akti-

tas enzim lipase dan oksidase yang mempengaruhi kualitas minyak sawit yang dihasilkan, memudahkan lepasnya buah dari tandan pada proses penebahan, menurunkan kadar air buah sawit, memecahkan emulsi minyak dan air serta memudahkan proses pelepasan inti sawit dari cangkang (Naibaho, 1998).

Proses sterilisasi dilakukan di dalam alat *sterilizer* yang berbentuk horizontal atau vertikal. TBS dimasukkan ke dalam lori dan lori-lori tersebut dimasukkan ke dalam alat sterilisasi (*sterilizer*). Sistem sterilisasi yang umum digunakan ialah sistem dua atau tiga puncak. Pada perebusan tiga puncak, dua puncak pertama digunakan untuk membebaskan udara di sekeliling tandan dan satu tahap terakhir adalah untuk mengukus tandan. Secara teori waktu perebusan adalah 90 menit. Lamanya waktu perebusan puncak pertama adalah 11 menit, yaitu dengan memasukkan uap hingga mencapai tekanan 1.5 kg/cm^2 dan kemudian tekanan uap diturunkan lagi dengan cepat menjadi 0 kg/cm^2 . Lama perebusan tahap kedua adalah juga 11 menit pada tekanan 2 kg/cm^2 dan setelah itu diturunkan dengan cepat menjadi 0 kg/cm^2 . Lama puncak ketiga adalah 58 menit untuk mencapai tekanan uap $2.5 - 2.8 \text{ kg/cm}^2$ (PTPN III, 1997).

Keberhasilan perebusan buah sangat tergantung kepada prediksi yang tepat terhadap tingkat kematangan buah sawit, lama perebusan dan tekanan uap. Semakin tinggi persentase buah mentah di dalam tandan buah segar, maka semakin lama waktu sterilisasi dan semakin tinggi tekanan uap yang diperlukan. Tingkat kematangan buah sawit dapat dilihat dari penampakan luar buah secara visual (Naibaho, 1998).

Pada pengolahan yang diinginkan adalah buah dengan fraksi 1, 2 dan 3 karena menghasilkan tingkat ekstraksi dan kualitas minyak sawit yang baik. Standar

kematangan buah sawit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1
Standar kematangan buah sawit

Fraksi buah	Derajat kematangan	Jumlah brondolan
00	Sangat mentah	Tidak ada, warna buah hitam
0	Mentah	1 - 12.5 % buah luar membrondol
1	Kurang matang	12.5 - 25 % buah luar membrondol
2	Matang I	25 - 50 % buah luar membrondol
3	Matang II	50 - 75 % buah luar membrondol
4	Lewat matang	75 - 100 % buah luar membrondol
5	Terlalu matang	Buah dalam ikut membrondol

Sumber : Naibaho (1998)

Aplikasi Teknik Jaringan Syaraf Tiruan dalam Pengenalan Pola

Metode jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*) adalah suatu teknik kepintaran buatan yang algoritmanya diinspirasi oleh sistem jaringan syaraf manusia (Negnevitsky, 2002). Simpul-simpul syaraf disebut dengan neuron yang merupakan suatu elemen pemroses dan masing-masing neuron dihubungkan melalui suatu jaringan atau koneksi.

Setiap neuron memiliki sebuah fungsi transfer yang menghubungkan nilai keluaran dengan nilai masukannya. Neuron-neuron terdapat tiga atau lebih lapisan, yaitu: satu lapisan input, satu atau lebih lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan satu

lapisan output. Kemampuan teknik jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi nilai-nilai output bergantung kepada kemampuannya untuk belajar (*learning process*) dan memahami suatu masalah. Proses pembelajaran dalam teknik jaringan syaraf tiruan dapat diartikan sebagai proses penyesuaian terhadap parameter-parameter yang dimiliki yaitu bobot-bobot interkoneksi.

Struktur jaringan syaraf tiruan yang umum digunakan adalah jaringan syaraf tiruan *back propagation* yang dapat dilihat pada Gambar 2. Teknik jaringan syaraf tiruan *back propagation* ini memiliki struktur yang sederhana dengan waktu komputasi yang cepat. Dalam jaringan syaraf tiruan *back propagation*, neuron-neuron mengirimkan sinyal ke depan (*forward*) dan nilai error diumpungkan ke belakang untuk melakukan penyesuaian terhadap bobot-bobot. Nilai output dari lapisan tersembunyi dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$Y_j(p) = f \left[\sum_{i=1}^n x_i(p) x w_{ij}(p) - \theta_j \right] \dots (1)$$

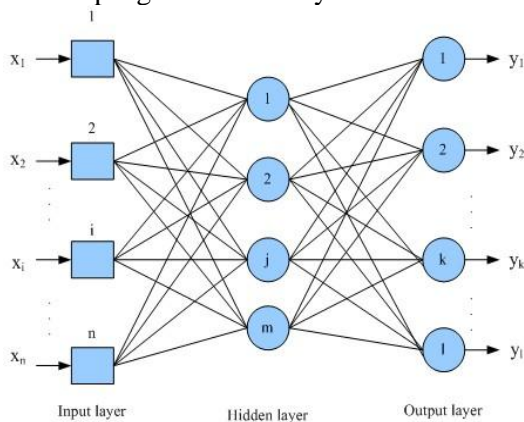
dimana f adalah fungsi transfer, n adalah jumlah neuron input i yang masuk ke lapisan tersembunyi j , $x_i(p)$ adalah nilai neuron input pada iterasi ke- p dan $w_{ij}(p)$ adalah bobot neuron input i dan θ_j adalah nilai bias (threshold) dari neuron j pada lapisan tersembunyi. Sedangkan, nilai output aktual dari neuron-neuron di lapisan output adalah:

$$Y_k(p) = f \left[\sum_{j=1}^m x_{jk}(p) x w_{jk}(p) - \theta_k \right] \dots (2)$$

dimana m adalah jumlah input neuron dari lapisan tersembunyi j ke neuron lapisan output k . Fungsi transfer tansig dan purelin biasanya digunakan dalam model jaringan syaraf tiruan *back propagation*. Algoritma pembelajaran dalam jaringan syaraf tiruan

back propagation antara lain adalah algoritma Levenberg-Marquardt, Resilient Back-propagation, Scaled Conju-gate Gradient, dan lain-lain.

Pengenalan pola adalah kemampuan manusia untuk melihat keteraturan dalam suatu obyek yang diamati. Pengenalan pola adalah suatu kajian bagaimana suatu sistem dapat mengobservasi lingkungan, belajar untuk membedakan pola-pola dan membuat keputusan pengkategorian atau pengklasifikasiannya.



Gambar 2
Jaringan Syaraf Tiruan Back Propagation

Terdapat empat pendekatan pengenalan pola, yaitu berdasarkan template, statistik, pengenalan structural dan teknik jaringan syaraf tiruan, Teknik jaringan syaraf tiruan menggunakan prinsip-prinsip pembelajaran, generalisasi dan penyesuaian dalam pengenalan pola. Diantara metoda-metoda tersebut, metoda jaringan syaraf tiruan adalah yang paling cepat dan yang paling akurat dalam pengenalan pola (Du et al., 2005).

Ciri utama jaringan syaraf tiruan adalah kemampuannya untuk mempelajari sistem yang kompleks dan non linier, menggunakan prosedur pembelajaran tertentu dan melakukan penyesuaian berdasarkan data-data yang ada (Fausett, 1994). Proses pembelajaran ini membolehkan jaringan syaraf tiruan untuk memperbaharui struktur

jaringan, memodifikasi nilai-nilai bobot sehingga jaringan dapat membentuk suatu pengklasifikasian atau membentuk pengklasteran tertentu secara efisien

Aplikasi teknik jaringan syaraf buatan dalam menginterpretasikan gambar dalam industri hasil pertanian telah banyak dilakukan. Sebagai contoh adalah dalam pengkategorian mutu buah apel berdasarkan warna (Nakano, 1997), pengkasifikasian inti gandum berdasarkan warna (Wang et al., 1999) dan pengklasifikasian tanaman pot (Timmermans et al., 1996).

Kerangka Pengembangan Model

Penelitian ini melalui tahapan sebagai berikut: identifikasi masalah, pengumpulan data, pemrosesan atau ekstraksi data gambar buah sawit, rancang bangun model jaringan syaraf buatan *backpropagation*, validasi model dan rancang bangun instrumen sistem sensor otomatis tingkat kematangan buah sawit. Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

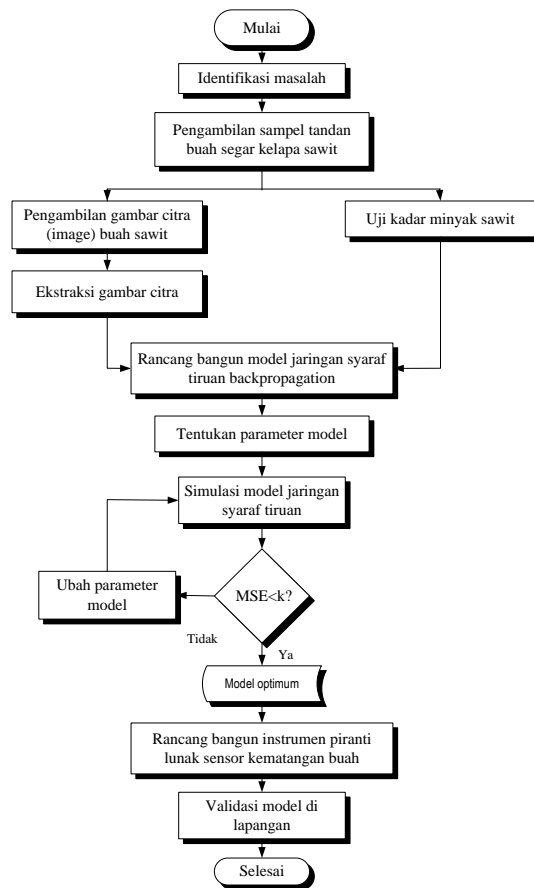
Identifikasi masalah

Identifikasi masalah dengan melalui wawancara dengan pengambil keputusan (manajer dan supervisor) di bagian produksi pabrik minyak sawit meliputi karakteristik kematangan buah sawit, metoda penentuan tingkat kematangan buah sawit yang digunakan pada saat ini di pabrik, keakuratan penilaian, dampak metoda yang dilakukan terhadap kualitas minyak sawit yang dihasilkan, variable yang mempengaruhi proses sterilisasi buah sawit dan kebutuhan teknologi untuk meningkatkan kualitas produksi minyak sawit terutama pada proses sterilisasi minyak sawit.

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data direncanakan di pabrik minyak sawit PT. Perkebunan

Nusantara VII (PTPN VII) di wilayah Betung Bentayan, Musi Banyuasin, provinsi Sumatera Selatan.



Gambar 3

Bagan alir sistem sensor tingkat kematangan buah sawit

Data-data yang dikumpulkan adalah merupakan data primer yaitu berupa data-data sampel tandan buah segar (TBS) kelapa sawit dengan berbagai tingkat kematangan dengan jumlah lebih kurang 150 sampel. Jumlah sampel didasari kepada teknik jaringan syaraf tiruan memerlukan jumlah sampel data yang cukup banyak untuk keperluan data training, testing dan validasi.

Dari sampel tersebut dilakukan pengambilan gambar citra (*image*) buah

sawit dengan menggunakan kamera CCD. Setelah itu, dilakukan pengujian kadar minyak sawit secara kimia pada masing-masing sampel untuk menentukan tingkat kematangan buah sawit. Dengan demikian didapatkan data-data berupa gambar atau image dan kadar minyak pada buah sawit.

Ekstraksi Gambar Buah Sawit

Sampel gambar citra (*image*) buah sawit yang diambil akan diproses dengan komputer dan dilakukan segmentasi menjadi ukuran pixel tertentu dan proses penyaringan (*filtering*) melalui pemrograman dengan MATLAB[®] Image Processing tool box. Masing-masing pixel akan diberikan klasifikasi indeks digital tertentu. Hasil dari proses ekstraksi gambar citra yang berupa klasifikasi indeks warna digital digunakan sebagai data masukan bagi model jaringan syaraf tiruan.

Rancang Bangun Model Jaringan Syaraf Tiruan

Sistem sensor otomatis tingkat kematangan buah sawit dibuat berdasarkan model jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Kaedah jaringan syaraf tiruan *backpropagation* digunakan dalam memodelkan hubungan antara indeks digital yang diperoleh dari gambar citra (*image*) buah sawit dengan tingkat kematangan dari buah sawit yang diperoleh dari hasil pengujian kadar minyak sawit secara kimia. Rancang bangun model dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB[®] dengan Neural Network tool box. Dalam rancang bangun model jaringan syaraf tiruan *backpropagation* akan dilakukan simulasi model dengan mengubah parameter-parameter model sehingga diperoleh model terbaik. Algoritma metoda jaringan syaraf tiruan *backpropagation* (Negnevitsky, 2002) adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi : menentukan jumlah neuron, jumlah lapisan tersembunyi, nilai bobot dan bias, fungsi transfer, jenis algoritma pembelajaran dan parameter-parameter pembelajaran.

2. Aktivasi jaringan dengan menghitung nilai output lapisan tersembunyi :

$$Y_j(p) = f \left[\sum_{i=1}^n x_i(p) \times w_{ij}(p) - \theta_j \right]$$

... (3)

dan nilai output pada lapisan output :

$$Y_k(p) = f \left[\sum_{j=1}^m x_{jk}(p) \times w_{jk}(p) - \theta_k \right]$$

... (4)

3. Melakukan penyesuaian (*training*) nilai-nilai bobot dan bias dengan menghitung nilai gradien kesalahan ($\delta_k(p)$) antara output model dengan nilai output sebenarnya, dan menghitung nilai koreksi ($\Delta w_{jk}(p)$) terhadap bobot pada lapisan tersembunyi dan lapisan output :

$$\delta_k(p) = y_k(p) * [1 - y_k(p)] * e_k(p) \quad \dots (5)$$

$$\Delta w_{jk}(p) = \alpha * y_j(p) * \delta_k(p) \quad \dots (6)$$

$$w_{jk}(p+1) = w_{jk}(p) + \Delta w_{jk}(p) \quad \dots (7)$$

dimana $w_{jk}(p+1)$ adalah nilai bobot yang telah disesuaikan, $e_k(p)$ adalah nilai kesalahan antara output model ($y_k(p)$) dan output yang sebenarnya ($\hat{y}_k(p)$), dan α adalah konstanta.

4. Melakukan iterasi sampai memenuhi kriteria kesalahan model yang diinginkan.

Kriteria untuk menentukan model terbaik adalah berdasarkan :

1. Mean Square Error (MSE) :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (y_k - \hat{y}_k)^2 \quad \dots (8)$$

2. Mean Absolut Percentage Error (MAPE) :

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{|y_k - \hat{y}_k|}{y_k} \right) \times 100\%$$

... (9)

Rancang Bangun Instrumen Piranti Lunak Sistem Sensor Otomatis Tingkat Kematangan Buah Sawit

Rancang bangun instrumen piranti lunak sistem sensor otomatis tingkat kematangan buah sawit dibuat berdasarkan model jaringan syaraf tiruan yang dikembangkan di atas. Pemrograman komputer untuk model adalah dengan menggunakan pemrograman MATLAB[®] dengan Image Processing dan Neural Network tool box. Untuk merekam gambar citra buah sawit digunakan kamera CCD. Kamera akan terhubung dengan unit komputer pemroses yang akan mengolah data yang direkam oleh kamera.

Validasi Model

Instrumen piranti lunak sistem sensor yang telah dirancang akan diuji cobakan di pabrik minyak sawit. Kamera akan merekam gambar *image* sampel-sampel buah sawit yang masuk ke pabrik secara acak dan data-data tersebut akan diproses oleh piranti lunak sistem sensor jaringan syaraf tiruan yang dirancang sehingga tingkat kematangan buah sawit dapat diprediksi. Hasil prediksi tingkat kematangan buah sawit dibandingkan dengan hasil pengujian kadar minyak buah sawit dilaboratorium. Tingkat keakuratan model akan diukur berdasarkan kriteria MSE dan MAPE.

Kesimpulan

Pengembangan sistem sensor otomatis tingkat kematangan buah diperlukan untuk meminimasi persentase kehilangan minyak sawit dalam proses sterilisasi minyak sawit dan dalam proses-

proses selanjutnya. Pengembangan sistem sensor ini dapat menggunakan salah satu teknik kecerdasan buatan, yaitu jaringan syaraf tiruan yang telah banyak diaplikasikan dalam pengenalan corak (*pattern recognition*) produk-produk hasil pertanian. Pengembangan sistem sensor ini dapat dilakukan melalui tahap-tahap pemrosesan atau ekstraksi data gambar buah sawit, rancang bangun model jaringan syaraf buatan *backpropagation*, validasi model dan rancang bangun instrumen sistem sensor otomatis tingkat kematangan buah sawit.

Daftar Pustaka

- Deck, S, H, C,T, Morrow, P,H Heinemann dan H,J, Sommer, “*Comparison of a neural network and traditional classifier for machine vision inspection of potatoes*”, *Applied Engineering in Agriculture* 11:319-326, 1995
- Du, J, D, Huang, X,Wang dan X, Gu, “*Shape recognition based on radial basis probabilistic neural network and application to plant species identification*”, *Proceedings of 2005 International Symposium of neural networks*, ser, LNCS 3497, Springer, 2005
- Fausett L, “*Fundamental of Neural Networks*“, Prentice Hall, USA, 1994
- Indonesian Oil Palm Research Institute, “*Statistik industri kelapa sawit*”,www.iopri.org/stat-produksi, diakses tanggal 6 April 2009.
- Kandiah, S, M, Hasan dan M, Yaacob, Overview of automation in a palm oil mill – the sterilisation process, *Computing and Control Engineering Journal* 1 : 45-52, 1992
- Naibaho, P,M, “*Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit*”, Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan, Medan, 1998.
- Nakano, K, “*Application of neural networks to the color grading of apples*”, *Computers and Electronics in Agriculture* 18 : 105–116, 1997
- Negnevitsky, M, “*Artificial Intelligence : A Guide to Intelligent Systems*”, Addison Wesley, London, 2002.
- PT, Perkebunan Nusantara III (PTPN III), “*Proses Pengolahan Kelapa Sawit*”, PT, Perkebunan Nusantara III, Medan,1997.
- Timmermans, A,J,M dan A,A, Hulzebosch, “*Computer vision system for on-line sorting of pot plants using an artificial neural network classifier*”, *Computer and Electronics in Agriculture* 15:41-55, 1996.
- Wang, D, F,L, Dowell dan R,E, Lacey, “*Single wheat kernel color classification using neural networks*”, *Transactions of the ASAE* 42:233-240, 1999.