

Deteksi Benih Varietas Padi Menggunakan Gelombang *Near Infrared* dan Model Jaringan Saraf Tiruan

Detection of Rice Seed Varieties Using Near Infrared Spectroscopy and Artificial Neural Network

Jonni Firdaus^{1*} dan Usman Ahmad²

¹BPTP Sulawesi Tengah, Badan Litbang Pertanian
Jl. Lasoso, 62, Biromaru, Sigi, Sulawesi Tengah, Indonesia
E-mail: jonni_firdaus@yahoo.com

²Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB

Naskah diterima 17 Maret 2016, direvisi 13 Maret 2017, disetujui diterbitkan 15 Maret 2017

ABSTRACT

Seed is an important input component in rice production. Of the many varieties that had been release, the distinction among varieties is not always clear. Among a large number of varieties error may happen in seed processing, storage and distribution, because of the similarity of their physical shape and size, and the seed appearances are difficult to be distinguished. An alternative to distinguish rice seed varieties is using near infrared (NIR) as sensors and using artificial neural network (ANN) as data processor. This research was aimed to study the accuracy of NIR spectroscopy and ANN for detecting rice seed varieties. NIR reflectances (1000-2500 nm) of seeds of 12 varieties were given pretreatment data such as first derivative, second derivative, normalization and standard normal variates. The pretreatment data were used as input in ANN models. Each variety consisted of 12 samples, each sample was 40 grams. ANN model used backpropagation multilayer perceptron with three layers as input, hidden, and output. Network weights were estimated using gradient descent algorithm. The wave form of NIR spectra was similar among varieties, but had different absorptions in intensities, so they could be used for determining the rice seed varieties. The best model was an ANN with standard normal variate pretreatment as input data. The accuracy of varieties prediction was 100% for training, 99.1% for testing and 98.1% for validation. Results showed that the NIR spectra and ANN model can be used as detection methods in rice varieties.

Keywords: Rice, variety, seed, near infrared, artificial neural network.

ABSTRAK

Benih merupakan salah satu komponen penting dalam peningkatan produksi padi. Saat ini sudah banyak varietas unggul yang telah dihasilkan. Setiap varietas memiliki keunggulan masing-masing, sesuai dengan tujuan perakitannya. Semakin banyak varietas dikhawatirkan terjadi kesalahan dalam identifikasi pada saat prosesing, penyimpanan, dan pendistribusian benih, karena bentuk fisik dan ukurannya hampir sama dan penampakan visual yang sulit dibedakan. Salah satu cara untuk mendeteksi benih varietas padi adalah menggunakan gelombang near infrared (NIR) sebagai sensor

dan jaringan saraf tiruan (JST) sebagai alat pemroses data. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui manfaat gelombang NIR yang dikombinasikan dengan JST untuk mendeteksi benih padi. Reflektan NIR (1000-2500 nm) dengan *pretreatment* berupa turunan pertama dan kedua, normalisasi, dan *standard normal variate* dari 12 varietas padi yang digunakan sebagai data input dalam membangun model JST. Setiap varietas terdiri dari 12 unit sampel dengan bobot setiap sampel 40 g. Model JST yang digunakan adalah *backpropagation multilayer perceptron* dengan tiga lapisan, yaitu *input*, *hidden*, dan *output*. Estimasi bobot jaringan menggunakan algoritma *gradient descent*. Hasil penelitian menunjukkan bentuk gelombang NIR hampir sama antarvarietas namun memiliki intensitas penyerapan yang berbeda, sehingga dapat dijadikan dasar dalam penentuan varietas menggunakan NIR. Model terbaik adalah JST dengan input *pretreatment* data *standard normal variate* dengan akurasi pendugaan varietas 100%, 99,1%, dan 98,1% masing masing untuk data set training, testing, dan validasi. Dengan demikian, gelombang NIR dan JST dapat digunakan sebagai metode pendeteksian varietas padi.

Kata kunci: Padi, varietas, benih, *near infrared*, jaringan saraf tiruan.

PENDAHULUAN

Benih merupakan salah satu komponen penting dalam produksi padi. Saat ini sudah banyak varietas unggul padi yang telah dilepas, baik oleh lembaga penelitian pemerintah, universitas maupun swasta. Setiap varietas memiliki keunggulan masing-masing, sesuai dengan tujuan perakitannya, seperti potensi hasil, ketahanan terhadap hama penyakit atau stress lingkungan serta rasa dan sifat fungsional.

Semakin banyak varietas padi yang dilepas dikhawatirkan akan terjadi kesalahan dalam identifikasi pada saat prosesing, penyimpanan, dan pendistribusian benih, karena bentuk fisik dan ukurannya hampir sama dan memiliki penampakan visual yang sulit dibedakan. Selain pengelolaan benih, identifikasi varietas padi juga

diperlukan pada saat perakitan dan membedakan galur yang dihasilkan dengan varietas yang telah ada. Kemurnian genetik hasil rakitan varietas perlu dijaga untuk mendapatkan hasil maksimal sesuai dengan deskripsi varietas tersebut (Adnan *et al.* 2015).

Menurut Adnan *et al.* (2015), ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam mendeteksi varietas padi, di antaranya metode marka SSR yang membutuhkan preparasi DNA sampel yang rumit dan mahal, sehingga sulit diterapkan dalam pengujian rutin. Metode lainnya adalah uji BUSS (baru, unik, seragam, stabil), identifikasi varietas berdasarkan karakter penciri spesifik yang bersifat kualitatif, sehingga hasil penilaian bersifat subjektif. Identifikasi varietas juga dapat dilakukan berdasarkan morfologi benih secara manual yang membutuhkan banyak waktu dan tidak efisien. Secara kimia, pengidentifikasian varietas juga dapat dilakukan namun relatif mahal dan membutuhkan preparasi sampel dan bahan kimia yang membutuhkan keahlian khusus. Metode yang dinilai akurat adalah metode *chek plot* yaitu dengan melihat penciri tanaman setelah ditanam, namun membutuhkan waktu yang lama.

Adnan *et al.* (2015) melakukan identifikasi varietas padi melalui pengolahan citra digital dengan memanipulasi data RGB (*red, green, blue*) untuk mendapatkan parameter geometri, bentuk, dan tekstur benih. Metode ini cepat dan murah namun tingkat akurasi rendah, di bawah 76%. Oleh karena itu dibutuhkan teknik identifikasi yang cepat, mudah, tanpa membutuhkan preparasi sampel, tanpa menggunakan bahan kimia sehingga bebas limbah, dan yang terpenting adalah memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan dapat dilakukan sebagai uji rutin.

Salah satu cara untuk mendekteksi varietas adalah dengan teknologi gelombang *near infrared* (NIR) dan jaringan saraf tiruan (JST). *NIR Spectroscopy* adalah salah satu metode cepat untuk mendeteksi komponen kimia bahan organik menggunakan gelombang *near infrared*. *Near infrared* merupakan gelombang elektromagnetik dengan kisaran panjang gelombang 780-2500 nm (Nicolai *et al.* 2007).

Setiap benih varietas padi memiliki kandungan kimia yang berbeda seperti karbohidrat, lemak, dan protein (Indrasari *et al.* 2008, Hartati *et al.* 2015, dan Purwani *et al.* 2007). Kandungan kimia benih yang berbeda-beda tersebut memungkinkan untuk diidentifikasi menggunakan gelombang NIR, karena memiliki informasi yang berhubungan dengan proporsi relatif ikatan C-H, N-H, dan O-H sebagai penyusun utama molekul bahan organik (Cozzolino *et al.* 2004). Gelombang NIR yang dipancarkan oleh spektrometer ke bahan organik sebagian akan diserap untuk menggetarkan ikatan-ikatan C-H, N-H, dan O-H dan sebagian lagi akan dipantulkan.

Bagian gelombang yang dipantulkan tersebut akan ditangkap oleh detektor sebagai reflektan.

Teknologi NIR spektroskopi telah banyak diaplikasikan di bidang agroindustri, khususnya untuk memonitor kualitas pangan, penanganan pascapanen, pendeteksian kontaminan pada produk peternakan dan pakan, serta keamanan dan keaslian pangan. Kebanyakan analisis data gelombang NIR ditujukan untuk mengklasifikasi sampel menjadi beberapa kelas yang berbeda berdasarkan respon sampel terhadap gelombang NIR (Suphamitmongkol *et al.* 2013). NIR spektroskopi telah digunakan untuk mengklasifikasi varietas jeruk (Suphamitmongkol *et al.* 2013), anggur (Cao *et al.* 2010), madu cina berdasarkan asalnya (Chen *et al.* 2012), apel (Luo *et al.* 2011), teh (He *et al.* 2007), biodiesel berdasarkan jenis minyak nabati penyusun (Balabin dan Safieva 2011), dan menduga viabilitas benih padi (Firdaus *et al.* 2014)

Sebagai alat pengolah data spektra *near infrared* digunakan jaringan saraf tiruan (JST), yang merupakan gabungan dari jaringan neuron tiruan sebagai elemen pengolah data/informasi sederhana yang saling berhubungan. Jaringan neuron tiruan berfungsi seperti cara kerja jaringan neuron manusia. Data input untuk setiap jaringan adalah satu atau lebih variabel. Outputnya adalah fungsi linier atau nonlinier dari input dan bobotnya. Jaringan menyesuaikan bobot variabel input. Kemudian bobot disesuaikan dengan cara meminimalisasi *error* antara output jaringan yang diharapkan dengan nilai output yang dihitung (Guine *et al.* 2015).

Shao *et al.* (2007) telah melakukan pengukuran kandungan gula dan keasaman pada *yogurt* menggunakan VIS/NIR. Liu *et al.* (2010) melakukan pengukuran total padatan yang terlarut dalam buah jeruk menggunakan NIR dan membandingkan model pendugaan antara PLS dan *principal component analysis-backpropagation neural network*. Li *et al.* (2007) telah menentukan varietas *bayberry* cina menggunakan visible/NIR dan *principal component analysis-artificial neural network* dengan model JST (arsitektur 20-24-1) dengan tingkat akurasi 95%.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peluang pemanfaatan gelombang NIR sebagai sensor dan JST sebagai pengolah data guna mendeteksi benih varietas padi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan November 2012-Januari 2013 di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bahan yang digunakan adalah benih 12 varietas padi yaitu

Membramo, Ciherang, Ciliwung, Inpari 1, Sintanur, Limboto, Batutege, Inpago 6, Wairarem, Sei Lalan, Batang Hari, Inpara 1 yang diperoleh dari Kebun Percobaan Muara, Bogor, Jawa Barat. Benih dipanen pada tahun 2010 dan disimpan pada ruangan ber-AC dalam kantung plastik selama 24 bulan. Alat yang digunakan adalah NIR spektrometer merek Buchi (Jerman) tipe NIRFlex N-500, petridish (diameter 9 cm, tinggi 2 cm), dan komputer.

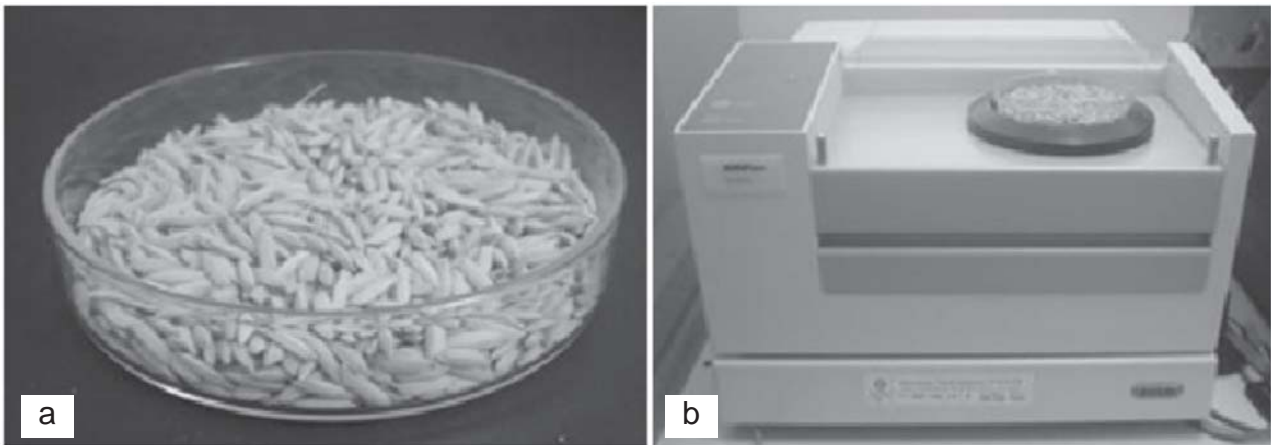
Pengambilan Data Reflektan Gelombang NIR

Jumlah sampel untuk masing-masing varietas adalah 12 unit dengan bobot 40 g per unit. Sampel benih padi dimasukkan ke dalam *petridish* yang diletakkan pada NIR spektrometer (Gambar 1) untuk diambil data reflektannya pada panjang gelombang 1.000-2.500 nm dengan interval 1 nm, sehingga diperoleh 1.501 titik data. Pengambilan data reflektan menggunakan software

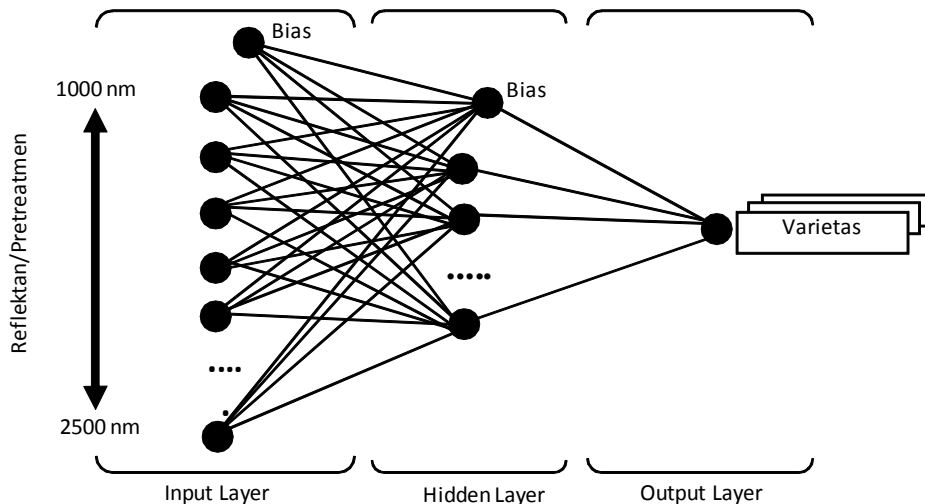
NIRware operator sebanyak tiga kali untuk setiap unit sampel, sehingga diperoleh 432 data reflektan. Data reflektan disimpan di komputer untuk selanjutnya ditransformasi (*pretreatment data*), kemudian diolah menggunakan JST.

Model JST untuk Pendugaan Varietas

Pendugaan varietas menggunakan model matematis berupa jaringan saraf tiruan (JST). Reflektan gelombang NIR benih padi digunakan sebagai data input pada jaringan saraf tiruan. Model JST dilatih untuk mengenali varietas padi berdasarkan data input gelombang NIR. Model JST yang dibangun adalah *Backpropogation Multilayer Perceptron* (MLP) dengan tiga lapis (*layer*) yaitu *input*, *hidden* dan *output* (Gambar 2). Fungsi aktivasi yang digunakan adalah *hyperbolic tangent* untuk *hidden layer* dan *softmax* untuk *output layer*.



Gambar 1. Penempatan sampel benih pada *petridish* (a); penempatan *petridish* pada NIRFlex N-500 spektrometer saat pengambilan gelombang NIR (b).



Gambar 2. Model jaringan saraf tiruan yang dibangun.

Input layer berjumlah 1.501 *node* (titik), berupa spektra reflektan (R) atau reflektan yang telah diberi *pretreatment* data. *Pretreatment* data bertujuan untuk meminimalisasi bias dalam pengambilan data spektra. Pada penelitian ini dibangun lima model JST dengan *pretreatment* data sebagai perlakuan data *input layer* yaitu:

1. Model 1: spektra reflektan tanpa *pretreatment* data (R),
2. Model 2: turunan pertama *savitzky-golay* dari spektra reflektan (Rd1),
3. Model 3: turunan kedua *savitzky-golay* dari spektra reflektan (Rd2),
4. Model 4: normalisasi dari spektra reflektan (Rnorm),
5. Model 5: standard normal variate dari spektra reflektan (Rsnv).

Pretreatment data dilakukan menggunakan *software* NIRcal5.2. Jumlah *node* pada *hidden layer* dioptimasi oleh sistem dengan meminimumkan *error*. Sementara itu *Output layer* terdiri dari 1 *node* yaitu berupa varietas.

Proses Kalibrasi/Pembelajaran Model JST

Model JST dibangun melalui proses kalibrasi (proses pembelajaran) menggunakan 324 data spektra NIR. Kalibrasi dilakukan melalui dua proses, yaitu proses training dan proses testing. Proses training dilakukan untuk melatih JST sehingga diperoleh bobot jaringan, sedangkan proses testing untuk mengontrol error selama proses training untuk menghindari overtraining.

Kemudian, untuk menguji model JST yang telah dibangun, dilakukan validasi menggunakan 108 data

Tabel 1. Distribusi data reflektan NIR padi pada proses kalibrasi dan validasi untuk setiap varietas.

Varietas	Proses kalibrasi		Proses validasi	Jumlah
	Training	Testing		
Membramo	18 data	9 data	9 data	36 data
Ciherang	18 data	9 data	9 data	36 data
Ciliwung	18 data	9 data	9 data	36 data
Inpari 1	18 data	9 data	9 data	36 data
Sintanur	18 data	9 data	9 data	36 data
Limboto	18 data	9 data	9 data	36 data
Batutege	18 data	9 data	9 data	36 data
Inpago 6	18 data	9 data	9 data	36 data
Wai Rarem	18 data	9 data	9 data	36 data
Sei Lalan,	18 data	9 data	9 data	36 data
Batanghari	18 data	9 data	9 data	36 data
Inpara 1	18 data	9 data	9 data	36 data
Total sampel	216 data	108 data	108 data	432 data

spektra. Proses validasi bertujuan untuk menilai model jaringan saraf tiruan yang telah terbentuk.

Proses training, testing, dan validasi menggunakan data yang berbeda dan meliputi setiap varietas. Distribusi penggunaan data reflektan NIR padi yang digunakan pada proses kalibrasi dan validasi pada setiap varietas dapat dilihat pada Tabel 1.

Proses pembangunan model JST menggunakan *software* SPSS secara iteratif sehingga diperoleh bobot jaringan. Untuk mengestimasi bobot jaringan digunakan algoritma *gradient descent* dengan *intial learning rate* 0,4, *learning rate* terkecil 0,001, *epoch* penurunan *learning rate* 10, momentum 0,9. Pelatihan berhenti apabila tidak terjadi penurunan error dalam satu *epoch/ierasi*, perubahan *error training* lebih kecil dari 0.0001 dan *ratio* perubahan *error training* lebih kecil dari 0,001.

Evaluasi JST

Pemilihan JST terbaik ditentukan berdasarkan nilai pendugaan varietas yang benar (akurasi).

$$\text{Akurasi pendugaan (\%)} = \frac{\text{Jumlah pendugaan benar}}{\text{Total jumlah pendugaan}} \times 100$$

Semakin tinggi nilai akurasi semakin akurat model yang dibangun dalam menduga varietas padi.

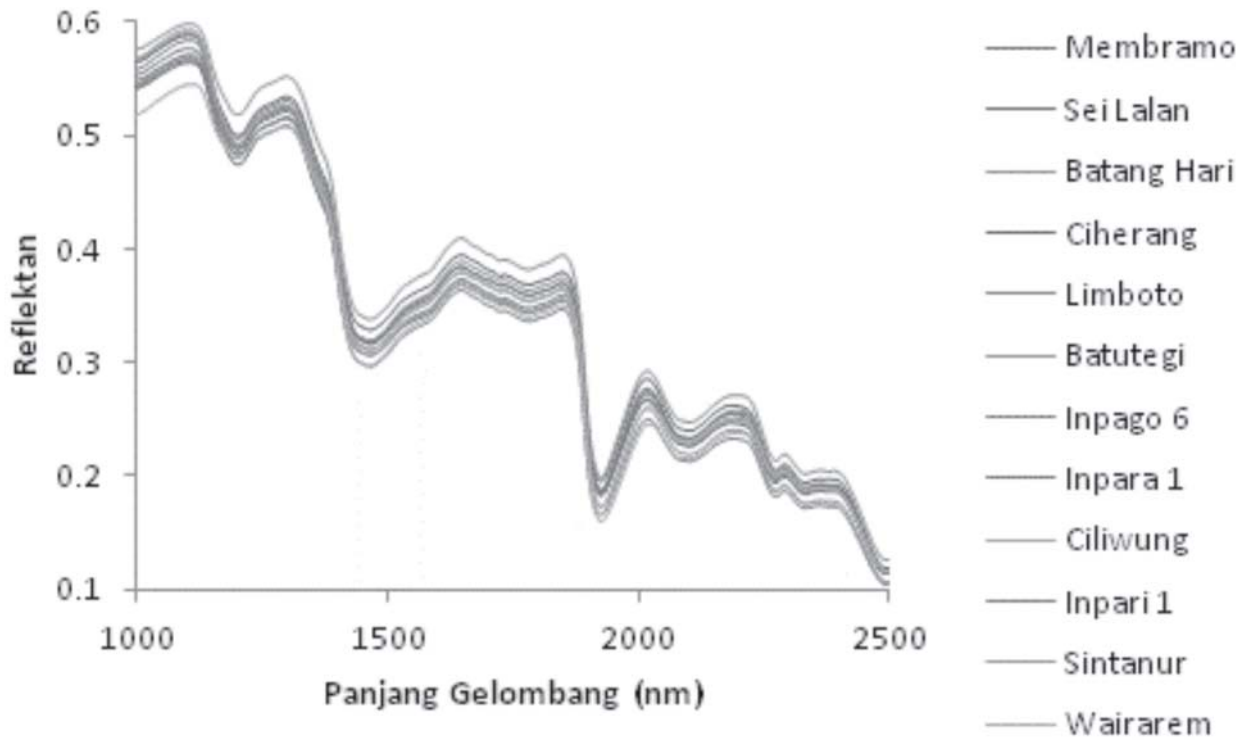
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Spektra Benih Padi

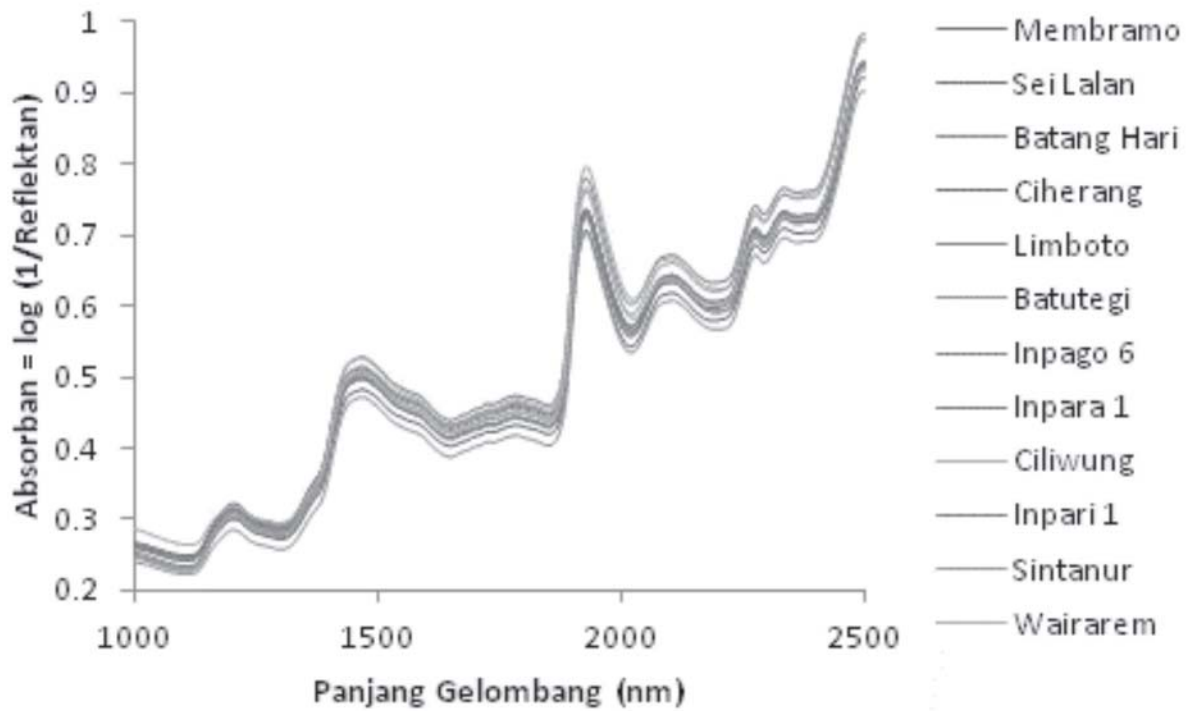
Gelombang NIR yang dipancarkan spektrometer sebagian akan diserap bahan untuk menggetarkan ikatan C-H, N-H, dan O-H dan sebagian lagi dipantulkan. Bagian yang dipantulkan akan ditangkap oleh detektor sebagai reflektan (Gambar 3). Untuk melihat tingkat penyerapan bahan terhadap gelombang NIR (absorban), dilakukan transformasi terhadap reflektan berupa log(1/reflektan) dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada Gambar 3 dan 4 terlihat bentuk (pattern) gelombang yang sama antarvarietas. Hal ini menunjukkan karakteristik gelombang NIR padi. Bentuk gelombang tersebut merupakan ciri yang khas (*finger print*) dari spektra NIR benih padi. Namun setiap varietas memiliki intensitas reflektan dan absorban yang berbeda.

Pada gelombang absorban (Gambar 4) terdapat beberapa puncak gelombang yang menunjukkan komponen kimia yang dominan. Semakin tinggi intensitas penyerapan gelombang semakin tinggi pula kandungan kimia yang berasosiasi dengan panjang gelombang. Menurut Osborne *et al.* (1993), panjang



Gambar 3. Spektra reflektan benih padi menurut varietas.



Gambar 4. Spektra absorban benih padi menurut varietas.

gelombang yang berada pada puncak gelombang menunjukkan kandungan kimia dominan, dimana pada benih padi adalah karbohidrat, yang terdiri dari pati (1.200 nm, 1.450 nm, 2.100 nm, 2.276 nm, dan 2.500 nm) dan selulosa (1.780 nm dan 2.336 nm). Selain itu, air juga merupakan kandungan dominan benih padi yang ditunjukkan pada panjang gelombang 1.450 nm dan 1.940 nm.

Perbedaan intensitas gelombang NIR antarvarietas menunjukkan perbedaan proporsi kandungan kimia dari setiap varietas yang menjadi penciri masing-masing varietas. Setiap varietas memiliki kandungan kimia berbeda (Indrasari *et al.* 2008, Hartati *et al.* 2015, dan Purwani *et al.* 2007). Diduga perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan genetik antarvarietas. Dengan adanya perbedaan intensitas penyerapan tersebut maka gelombang NIR dapat dijadikan sebagai dasar dalam penentuan varietas menggunakan NIR.

Evaluasi Model Jaringan Saraf Tiruan

Proses kalibrasi JST dilakukan dengan *trial and error* melalui proses pengulangan terhadap input jaringan. Input jaringan yang digunakan ada lima jenis, yaitu reflektan (R), reflektan yang diberi *pretreatment* turunan pertama (Rd1), turunan kedua (Rd2), normalisasi (Rnorm), dan standard normal variate (Rsnv). Cocchi *et al.* (2005) dan He *et al.* (2007) menyebutkan bahwa transformasi (*pretreatment*)

data gelombang NIR merupakan cara yang efektif untuk mengekstrak informasi yang berguna dari data spektra. Transformasi tersebut untuk memperkecil ukuran data dan mereduksi *noise*.

Hasil kalibrasi JST (Tabel 2) menunjukkan model terbaik adalah dengan input berupa reflektan yang diberi praperlakuan data snv (Rsnv), karena memiliki nilai akurasi tertinggi pada data *training*, *testing* dan validasi. Hal ini terjadi karena snv merupakan salah satu metode untuk mengurangi deviasi yang disebabkan oleh sifat *scattering* (berpencar) bahan (Rinnan *et al.* 2009).

Akurasi terendah diperoleh pada *pretreatment derivative* (turunan). *Preatreatment derivative* bertujuan untuk *smoothing* (mereduksi) *noise*, sehingga struktur halus pada spektra menjadi hilang. Kehilangan bagian struktur tersebut dapat menghilangkan informasi pada spektra, padahal boleh jadi informasi tersebut adalah bagian penting (Rinnan *et al.* 2009), akibatnya model tidak mampu mengenali dan menduga sampel.

Pada model 5 diperoleh akurasi data *training* sebesar 100%. Hal ini menunjukkan JST dapat mengenali pola gelombang input setiap varietas dengan baik. Sementara itu untuk set data *testing* diperoleh akurasi 99,1%, yang menunjukkan hanya ada 0,9% data yang salah pendugaan. Tabel 3 menunjukkan benih varietas padi yang salah duga adalah Membramo, 11,1% dikenali sebagai varietas Sei Lalan.

Tabel 2. Akurasi pendugaan varietas padi berdasarkan model JST yang dibangun.

Model	Struktur model JST			Akurasi pendugaan varietas (%)		
	Input layer	Jumlah hidden layer	Output layer	Kalibrasi		Validasi
				Training	Testing	
1	Rd1	16	Varietas	11,6	12,0	11,1
2	Rd2	19	Varietas	8,3	12,0	12,0
3	Rnorm	17	Varietas	35,6	37,0	31,5
4	R	18	Varietas	69,4	64,8	71,3
5	Rsnv	15	Varietas	100,0	99,1	98,1

R= reflektan NIR padi; Rd1= turunan pertama dari reflektan NIR padi, Rd2= turunan kedua dari reflektan NIR padi; Rnorm= normalisasi dari reflektan NIR padi; Rsnv=standard normal variate dari reflektan NIR padi.

Tabel 3. Akurasi pendugaan varietas untuk model JST terbaik (Model 5).

Uji	Akurasi pendugaan varietas (%)												
	Batang-hari	Batu-tegi	Ciherang	Ciliwung	Inpago 6	Inpara 1	Inpari 1	Lim-boto	Membramo	Sei Lalan	Sintanur	Wai Rarem	Total
Training	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Testing	100	100	100	100	100	100	100	100	88,9	100	100	100	99,1
Validasi	100	100	100	100	100	100	100	100	88,9	100	88,9	100	98,1

Pada proses validasi diperoleh akurasi 98,1%, berarti dari keseluruhan sampel hanya 1,9% data yang salah duga. Pada set data validasi terdapat dua varietas yang salah duga, yaitu Membramo dan Sintanur, masing-masing 11,1% benih varietas Membramo diduga sebagai varietas Sei Lalan, dan Sintanur diduga sebagai varietas Lalan.

Jaringan saraf tiruan sangat potensial digunakan untuk menduga varietas padi melalui gelombang NIR. Hal ini ditunjukkan oleh tingkat akurasi yang sangat tinggi, yaitu di atas 98% untuk semua set data (Tabel 3). Semakin tinggi tingkat akurasi semakin andal JST digunakan dalam penentuan varietas. Jaringan saraf tiruan merupakan model yang baik digunakan untuk data yang memiliki hubungan yang tidak linear dan sangat cocok untuk kurva kontinu nonlinier (Sun *et al.* 2003, He *et al.* 2007). Ketidaklinearan data gelombang NIR padi dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4, di mana gelombang NIR untuk masing-masing varietas tidak selalu sejajar, kadang saling berhimpit bahkan saling menyilang.

KESIMPULAN

Model JST dengan *input* reflektan gelombang NIR benih padi (1.000-1.500 nm) yang diberi *pretreatment standard normal variate* dan jumlah *hidden layer* sebanyak 15 node, dapat digunakan untuk mendeteksi varietas benih padi dengan akurasi tinggi (98,1%). Masih terdapat salah pendugaan dari total keseluruhan sampel, masing-masing 1,9% pada varietas Membramo dan Sintanur. Model JST dengan input gelombang NIR dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk mendeteksi benih varietas padi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Bapak Sulyaden dan Bapak Simao Belo, MSi atas dukungan yang diberikan dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Adnan, M.L. Widiastuti, dan S. Wahyuni, 2015. Identifikasi varietas padi menggunakan pengolahan citra digital dan analisis diskriminan, *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 34(2):89-96.

Balabin, R.M. and R.Z. Safieva. 2011. Biodiesel classification by base stock type (vegetable oil) using near infrared spectroscopy data. *Analytica Chimica Acta* 689:190-197.

Cao, F., D. Wu, and Y. He, 2010. Soluble solids content and pH prediction and varieties discrimination of grapes based on visible-near infrared spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture* 71S:15-18.

Chen, L., Jiahua Wang, Zhihua Ye, Jing Zhao, Xiaofeng Xue, Yvan Vander Heyden, and Qian Sun, 2012. Analytical Methods: Classification of Chinese honeys according to their floral origin by near infrared spectroscopy. *Food Chemistry* 135:338-342.

Cocchi, M., M. Corbellini, G. Foca, M. Lucisano, M.A. Pagani, and L. Tassi. 2005. Classification of bread wheat flours in different quality categories by a wavelet-based feature selection/classification algorithm on NIR spectra. *Analytica Chimica Acta* 544(1-2):100-107.

Cozzolino, D., M.J. Kwiatkowski, M. Parker, W.U. Cynkar, R.G. Damberg, and M. Gishen. 2004. Prediction of phenolic compounds in red wine fermentations by visible and near infrared spectroscopy. *In: Xie, L, Y. Xingqian, L. Donghong, Y. Yibin.* 2009. Analytical Methods: Quantification of glucose, fructose and sucrose in bayberry juice by NIR and PLS. *Food Chemistry* 114:1135-1140.

Firdaus, J., R. Hasbullah, U. Ahmad, dan M.R. Suhartanto. 2014. Deteksi cepat viabilitas benih padi menggunakan gelombang near infrared dan model jaringan saraf tiruan, *Jurnal Penelitian Tanaman Pangan* 33(2):77-86.

Guine, R.F.P., M.J. Barroca, J. F. Goncalves, M. Alves, S. Oliveira, dan M. Mendes. 2015. Artificial neural network modelling of the antioxidant activity and phenolic compounds of bananas submitted to different drying treatments. *Food Chemistry* 168:454-459.

Hartati, S., Y. Marsono, Suparmo, dan U. Santoso, 2015. Komposisi kimia serta aktivitas antioksidan ekstrak hidrofilik bekatul beberapa varietas padi, *Jurnal Agritech.* 35(1):36-42.

He, Y., L. Xiaoli, and D. Xunfei. 2007. Discrimination of varieties of tea using near infrared spectroscopy by principal component analysis and BP model. *Journal of Food Engineering* 79:1238-1242.

Indrasari, S.D., E.Y. Purwani, P. Wibowo, dan Jumali. 2008. Nilai indeks glikemik beras beberapa varietas padi. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 27(3):127-134

Li, X., Y. He, and H. Fang. 2007. Non-destructive discrimination of Chinese bayberry varieties using Vis/NIR spectroscopy. *J Food Engineering* 81:357-363.

Liu, Y., X. Sun, dan A. Ouyang. 2010. Nondestructive measurement of soluble solid content of navel orange fruit by visible-NIR spectrometric technique with PLSR and PCA-BPNN. *LWT - Food Science and Technology* 43:602-607.

Luo, W., H. Shuangyan, F.Haiyan, W. Guoli, C. Hanwen, Z. Jingliang, W. Hailong, S. Guoli, and Y. Ruqin. 2011. Analytical methods: preliminary study on the application of near infrared spectroscopy and pattern recognition methods to classify different types of apple samples. *Food Chemistry* 128:555-561.

Nicolai, B.M., Katrien Beullens, E. Bobelyn, A. Peirs, W Saeys, K.I. Theron, and J. Lammertyn. 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology dan Technology* 46:99-118.

Osborne, B.G., T. Fearn, and P.H. Hindle. 1993. Practical NIR spectroscopy with application in food and baverage analysis. Ed ke-2. Longman Group UK Limited. p.227.

Purwani, E.Y., S. Yuliani, S.D. Indrasari, S. Nugraha, dan R. Thahir. 2007. Sifat fisiko-kimia beras dan indeks glikemiknya. *Jurnal Teknologi Industri Pangan XVIII(1):59-66.*

Rinnan, A., N. Lars, V.D.B. Frans, T. Jonas, B. Rasmus, and B.E. Soren. 2009. Infrared spectroscopy for food quality analysis and control: Data Pre-processing. Elsevier. p.29-50.

Shao, Y., Y. He, and S. Feng. 2007. Measurement of yogurt internal quality through using Vis/NIR spectroscopy. *J. Food Research International* 40:835-841.

Sun, S.Q., J.M. Tang, and Z.M. Yuan. 2003. Discrimination of trueborn tuber discourse by fingerprint infrared spectra and principle

component analysis. *Spectroscopy and Spectral Analysis* 23(2):25-29.

Suphamitmongkol, W., G. Nie, R. Liu, S. Kasemsumran, and Y. Shi, 2013. An alternative approach for the classification of orange varieties based on near infrared spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture* 91:87-93.
