

Deteksi Cepat Viabilitas Benih Padi Menggunakan Gelombang Near Infrared dan Model Jaringan Saraf Tiruan

Jonni Firdaus¹, Rokhani Hasbullah², Usman Ahmad², dan M. Rahmad Suhartanto³

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Tengah

Jl. Lasoso, 62, Biromaru, Palu, Sulawesi Tengah

Email: jonni_firdaus@yahoo.com

²Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB

³Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB

Naskah diterima 17 September 2013 dan disetujui diterbitkan 25 Februari 2014

ABSTRACT. Rapid Detection of Rice Seed Viability Using Near Infrared Spectroscopy and Artificial Neural Network.

Viability is an important component of seed quality, which could be determined by germinating the seeds. Currently testing the seed viability of rice takes a long time (5-14 days), so it becomes a limiting factor in the seed production process. An alternative method for rapid seed viability detection is using the Near Infrared (NIR) spectra and using artificial neural network (ANN) as a data processing system. This research was aimed to study the use of NIR spectra and ANN to predict the viability of rice seeds. NIR reflectance (1,000-2,500 nm) of a Ciherang rice seed samples (40 grams), was used as the input data to develop the ANN model. A total of 60 samples were subjected to accelerated aging to obtain various levels of germination. The development of ANN models was done through calibration and validation of NIR spectra to the viability parameters. As ANN input, NIR reflectance of seed sample was given pretreatment data such as normalization, first derivative, second derivative, standard normal variate (SNV) and principal component analysis (PCA). The results showed that longer accelerated aging caused a decrease in seed viability. This was also indicated by the decrease in soluble protein and an increase in free fatty acids. The intensity of the NIR absorbance spectra also showed the same in the absorption region of soluble protein and free fatty acids. The best ANN models to predict the germination was 10PC-5-3 ANN with the SNV NIR reflectance used as the input data. Coefficient correlation of the validation was 0.8947, the value of ratio performance deviation was 2.2359 and the standard error performance was 9.9233%. The use of NIR spectra and ANN was potentially useful to predict the viability of rice seeds more rapidly.

Keywords: Rice, seed, viability, near infrared (NIR), artificial neural network (ANN).

ABSTRAK. Viabilitas merupakan salah satu parameter penting mutu benih yang dapat diduga melalui daya berkecambah. Saat ini pengujian viabilitas benih padi membutuhkan waktu yang lama (5-14 hari) sehingga menjadi faktor penghambat produksi benih. Alternatif metode pengujian cepat viabilitas benih adalah menggunakan gelombang Near Infrared (NIR) dan jaringan saraf tiruan (JST) sebagai sistem pemroses data. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari penggunaan gelombang NIR dan JST dalam menduga viabilitas benih padi. Reflektansi NIR pada panjang gelombang 1.000-2.500 nm dari sampel benih padi varietas Ciherang (40 g) digunakan sebagai data masukan dalam membangun model JST. Sebanyak 60 sampel diberi perlakuan *accelerated aging* untuk memperoleh berbagai tingkat daya berkecambah. Pembangunan model JST dilakukan melalui kalibrasi dan validasi gelombang NIR terhadap parameter viabilitas. Sebagai data masukan JST, reflektansi

NIR benih diberi *pretreatment* data berupa normalisasi, turunan pertama, turunan kedua, *standard normal variate* (snv), dan *principal component analysis* (PCA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama pengusangan menyebabkan penurunan viabilitas benih, yang diindikasikan juga oleh penurunan protein terlarut dan peningkatan asam lemak bebas. Hal ini ditunjukkan juga oleh intensitas spektra absorbansi NIR pada wilayah penyerapan protein terlarut dan asam lemak bebas. Model JST terbaik untuk menduga daya berkecambah adalah JST 10PC-5-3 dengan data input berupa reflektansi NIR yang diberi *pretreatment* snv dengan nilai koefisien korelasi validasi 0,8947, nilai *ratio performance deviation* 2,2359 dan *standard error performance* sebesar 9,9233%. Penggunaan gelombang NIR dan JST berpotensi digunakan untuk menduga viabilitas benih padi dengan cepat.

Kata kunci: Padi, benih, viabilitas, near infrared (NIR), jaringan saraf tiruan (JST).

Benih bermutu berperan penting dalam peningkatan produksi padi. Salah satu parameter penting dalam menentukan mutu benih adalah kemampuan benih untuk hidup (viabilitas benih). Indikasi viabilitas benih dapat diduga melalui daya berkecambah.

Pengujian viabilitas benih padi membutuhkan waktu yang cukup lama (5-14 hari). Sementara itu, tingginya kebutuhan benih perlu segera dipenuhi agar petani dapat menanam tepat waktu. Jika benih bermutu tidak tersedia pada saat musim tanam, maka petani akan menggunakan benih yang ada yang umumnya memiliki mutu rendah sehingga produksi juga rendah. Oleh karena itu dibutuhkan cara pengujian viabilitas benih yang lebih cepat, antara lain dengan memanfaatkan gelombang Near Infrared (NIR).

Near Infrared merupakan gelombang elektromagnetik dengan kisaran panjang gelombang 780-2.500 nm (Nicolai *et al* 2007). Teknologi NIR sebagai metode yang cepat dan bersifat nondestruktif dalam mendeteksi komponen kimia dan mutu telah banyak digunakan dalam bidang pertanian (Kurz *et al.* 2010, Luo *et al.* 2011, Li *et al.* 2007).

Bahan organik pada umumnya terdiri atas atom C, O, dan H. Transmittan atau reflektan gelombang NIR mencakup banyak informasi mengenai ikatan kovalen pada bahan organik (Everard *et al.* 2012). Pada NIR Spektroskopi, bahan diberi radiasi gelombang NIR dan reflektan atau transmitannya diukur. Ketika radiasi NIR mengenai bahan, karakteristik gelombangnya akan berubah, bergantung proses penghamburan dan penyerapan radiasi oleh bahan. Perubahan tersebut bergantung pada komposisi kimia dan struktur mikro bahan (Nicolai *et al.* 2007). Gelombang NIR mengandung informasi yang berhubungan dengan proporsi relatif dari ikatan C-H, N-H dan O-H dimana ikatan-ikatan tersebut merupakan penyusun utama molekul bahan organik (Cozzolino *et al.* 2004, Xie *et al.* 2009).

Benih berisi cadangan makanan dan senyawa yang berpengaruh terhadap perkecambahan (Copeland and McDonald 1995). Perubahan atau penurunan viabilitas merupakan implikasi dari kemunduran benih. Kemunduran benih adalah mundurnya mutu fisiologi benih yang dapat menimbulkan perubahan menyeluruh di dalam benih, baik fisik dan fisiologis maupun biokimia (Kapoor *et al.* 2011) yang dapat menurunkan vigor, viabilitas, dan daya berkecambah (Kapoor *et al.* 2011, Mohammadi *et al.* 2011).

Protein merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kemunduran benih. Penurunan kandungan protein terlarut diikuti oleh penurunan daya berkecambah benih padi yang mengalami kemunduran secara buatan (Kapoor *et al.* 2011). Kadar protein membran mitokondria yang tinggi menghasilkan daya berkecambah dan vigor benih kedelai yang tinggi pula (Tatipata 2008). Kandungan protein benih viabel lebih tinggi dari yang tidak viabel yang ditunjukkan oleh panjang gelombang 1.722 dan 2.110 nm (Soltani *et al.* 2003).

Olesen *et al.* (2011) menggunakan NIR dalam menentukan viabilitas benih bayam (*Spinacia oleracea* L.) secara individu yang diberi perlakuan pengusangan dan menerangkan bahwa lemak berperan dalam perkecambahan. *Lipid peroksidasi* menyebabkan kerusakan pada membran sel dan berkontribusi dalam penurunan viabilitas benih. Intensitas gelombang penyerapan lemak pada panjang gelombang 1.350 nm memberikan nilai yang berbeda antara benih yang diusangkan dengan yang tidak diusangkan.

Pada penelitian terdahulu, pendugaan viabilitas bersifat kualitatif yang membedakan antara benih tunggal viabel dengan tidak viabel. Oleh karena itu, penentuan viabilitas dilakukan secara kuantitatif pada sejumlah kelompok benih.

Model Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan salah satu *artificial intelligence*, di mana JST pertama sekali

dilatih kemudian digunakan sebagai fungsi pendekatan. JST adalah gabungan dari elemen pengolahan data/informasi sederhana yang saling berhubungan, yang dikenal sebagai jaringan neuron tiruan. Setiap neuron bertujuan untuk meniru fungsi neuron manusia. Data masukan untuk setiap neuron adalah satu atau lebih bobot variabel, dan output adalah fungsi linear atau non-linear dari bobot input. Neuron belajar dengan menyesuaikan bobot dari variabel input. Kemudian bobot disesuaikan dengan cara meminimalkan error antara output neuron yang diharapkan dengan nilai output yang dihitung (Guine *et al.* 2014).

Penggunaan JST sebagai alat pengolah data spektra NIR telah banyak digunakan dalam bidang pertanian. Shao *et al.* (2007) menduga kandungan gula dan keasaman pada *yogurt* dan diperoleh nilai koefisien determinasi R^2 dan RMSEP sebesar 0,92 dan 0,91 untuk kandungan gula, dan 0,33 dan 0,04 untuk keasaman. Li *et al.* (2007) menentukan varietas *bayberry* cina secara nondestruktif dan dapat menentukan 95% dengan benar. Liu *et al.* (2010) menduga total padatan terlarut buah jeruk dan diperoleh nilai korelasi 0,90-0,91 dan RMSEP 0,68-0,71.

Penggunaan gelombang NIR dan JST sebagai alat pengolah data dalam pendugaan viabilitas benih berdasarkan absorbansi kandungan biokimia dalam benih terhadap gelombang NIR. Benih yang mengalami kemunduran viabilitas mengindikasikan perubahan biokimia benih, dalam hal ini protein dan lemak. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari penggunaan gelombang NIR dan JST dalam mendeteksi viabilitas benih padi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Maret-Agustus 2012 di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Laboratorium Ilmu Teknologi Benih, dan Laboratorium Analisis Tanaman, Institut Pertanian Bogor. Bahan yang digunakan adalah benih padi varietas Ciherang, berasal dari Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, yang dipanen pada Februari 2012. Alat yang digunakan adalah *environmental chamber*, NIR spectroscopy NIRFlex N-500 BUCHI, *petridish* (Ø 9 cm, tinggi 2 cm), komputer, dan germinator tipe IPB 73-2A/B.

Untuk menduga viabilitas benih dari spektra NIR benih, dibangun model matematis jaringan saraf tiruan (JST). Model JST yang digunakan adalah *back propagation* yang terdiri atas tiga lapisan yaitu *input*, *hidden*, dan *output*. Setiap lapisan terdiri atas satu atau lebih node. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi sigmoid pada lapisan *hidden* dan fungsi identitas pada lapisan *output*.

Sampel yang digunakan berjumlah 60 unit dengan bobot masing-masing 40 g. Sebanyak 48 unit diberi perlakuan *accelerated aging* (pengusangan) pada suhu 45°C dan RH >90% dengan perlakuan lama pengusangan 2, 4, 6 dan 8 hari. Perlakuan pengusangan bertujuan untuk memperoleh benih dengan berbagai nilai viabilitas, terdiri atas 12 unit sampel. Sebagai kontrol digunakan 12 unit sampel.

Input jaringan terdiri atas beberapa node berupa komponen utama atas reflektan (R) dan absorban (A = log 1/R) NIR benih padi. Komponen utama diperoleh melalui Principal Component Analysis (PCA). Variasi jumlah node yang digunakan adalah 5, 10, 15 dan 20 komponen utama. Sebelum dilakukan PCA, reflektan dan absorban NIR diberi praperlakuan berupa normalisasi (Norm), standard normal variate (snv), turunan pertama (dg1) dan turunan kedua (dg2) metode *Savitzky-Golay* menggunakan software NIRCal5.2. Pengambilan spektra gelombang NIR benih menggunakan NIRFlex N-500 spectroscopy pada panjang gelombang 1.000-2.500 nm dengan tiga ulangan menggunakan petridish sebagai wadah sampel.

Jumlah node lapisan *hidden* ditentukan berdasarkan variasi lapisan *input* yaitu 5, 10, 15 dan 20 node. Lapisan *output* terdiri atas 1 dan 3 node. Satu node output yaitu kadar air, protein terlarut, asam lemak bebas, daya berkecambah, indeks vigor, dan potensi tumbuh maksimum. Tiga node output yaitu kadar air protein terlarut-asam lemak bebas dan daya berkecambah-indeks vigor-potensi tumbuh maksimum.

Daya berkecambah, indeks vigor, dan potensi tumbuh maksimum dihitung untuk setiap unit sampel menggunakan metode uji kertas digulung dalam plastik sebanyak 50 bulir dengan tiga ulangan. Pengamatan dilakukan pada hari kelima dan ketujuh dan dihitung kecambah normal, abnormal, dan benih mati yang didasarkan pada SNI 01-6233.1. Sebagai data pendukung juga diambil kadar air benih metode oven (SNI 01-6233.1 2003), protein terlarut metode lowry dan asam lemak bebas (SNI 01-3555-1998) untuk setiap unit sampel.

Pembangunan model JST dilakukan melalui proses kalibrasi menggunakan 2/3 bagian dari total unit sampel (40 sampel = 120 data spektra NIR). Kemudian untuk menguji model dilakukan validasi menggunakan 1/3 sampel (20 sampel = 60 data spektra NIR). Sampel kalibrasi dan validasi merupakan sampel yang berbeda dan meliputi setiap taraf lama pengusangan.

Kombinasi variasi input, hidden, dan output JST menghasilkan 320 skenario. Pada proses kalibrasi, setiap skenario dilatih menggunakan software MATLAB. Proses pelatihan bertujuan untuk meminimumkan total error. Pelatihan akan berhenti bila error pada set validasi tidak

turun lagi sebanyak 5 iterasi. Laju pelatihan yang digunakan adalah 0,01 dan koefisien momentum 0,9.

Pemilihan model JST terbaik dilakukan dengan mengevaluasi nilai *Standard Error of Calibration (SEC)*, *Standard Error of Performance (SEP)*, Koefisien Korelasi (*r*), *Ratio Performance Deviation (RPD)* (Hasbullah *et al.* 2002).

$$SEC = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{Nc} (Y_i - y_i)^2}{(Nc - 1)}}$$

$$SEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{Np} (Y_i - y_i - Bias)^2}{(Np - 1)}}$$

$$Bias = \frac{\sum_{i=1}^{Np} (Y_i - y_i)}{Np}$$

$$RPD = \frac{Stdev\ of\ reference}{SEP}$$

Y_i = nilai duga model data ke- i ,

y_i = nilai pengukuran data ke- i ,

Nc = jumlah data kalibrasi,

Np = jumlah data validasi.

Model yang baik memiliki nilai SEC, SEP, perbedaan SEC dengan SEP yang kecil dan memiliki nilai koefisien korelasi yang tinggi, serta memiliki nilai RPD $\geq 2,5$. Semakin tinggi nilai RPD semakin akurat model yang dibangun (Hasbullah *et al.* 2002).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Gelombang NIR Benih Padi

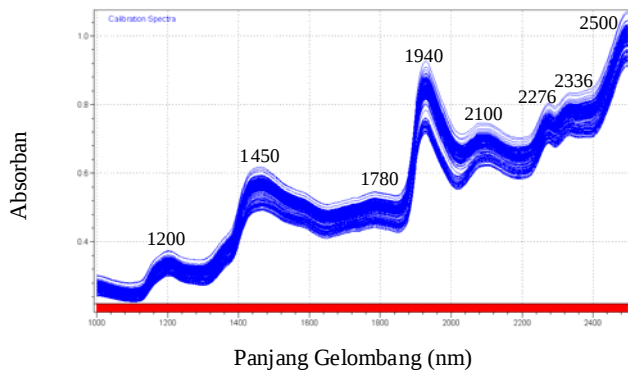
Prinsip pengukuran spektra adalah dengan memancarkan gelombang NIR ke sampel. Sinar tersebut diserap sebagai energi yang memicu terjadinya getaran dan regangan pada kelompok ikatan atom O-H, N-H, dan C-H. Ikatan atom merupakan komponen utama pembentuk kandungan organik. Sebagian energi yang diberikan akan diserap dan sisanya akan dipantulkan. Energi pantulan akan diterima detektor dan disajikan sebagai data spektra reflektan. Sementara untuk memperoleh data absorban, data reflektan ditransformasi dengan log (1/Reflektan) seperti terlihat pada Gambar 1. Semakin tinggi nilai absorban semakin besar energi gelombang yang diserap benih (absorban). Hal ini berarti

konsentrasi bahan organik pada panjang gelombang tersebut juga tinggi.

Gambar 1 memperlihatkan beberapa puncak gelombang pada panjang gelombang tertentu yang merupakan komponen dominan benih padi. Ikatan atom dan struktur bahan organik yang berasosiasi dengan panjang gelombang tersebut dapat dilihat pada Tabel 1, yang menunjukkan bahwa benih padi sebagian besar tersusun oleh karbohidrat (pati dan selulosa) dan air.

Pengaruh Pengusangan terhadap Kadar Air Benih Padi

Benih padi merupakan bahan yang bersifat higroskopis, dimana pada kondisi setimbang kadar air bahan dipengaruhi oleh kelembaban lingkungan. Peningkatan kadar air benih akibat pengusangan dapat dilihat pada Gambar 2a. Kadar air dan lama pengusangan memiliki hubungan yang bersifat eksponensial dan sangat kuat



Gambar 1. Spektra absorban dari 60 sampel benih padi varietas Ciherang.

dengan koefisien korelasi r sebesar 0,9981. Semakin lama benih dipaparkan pada RH tinggi, maka kandungan air benih semakin tinggi hingga mencapai kondisi jenuh.

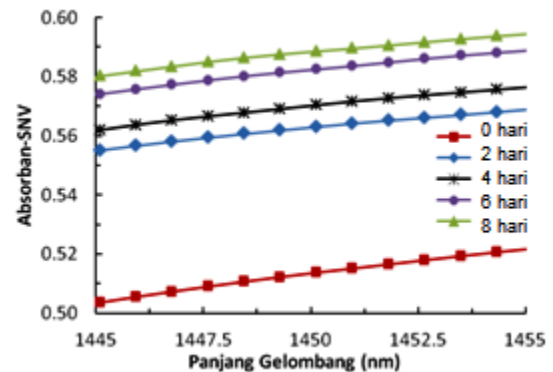
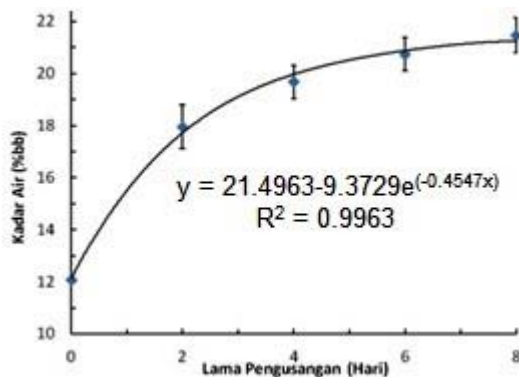
Copeland dan McDonald (1995) menyatakan bahwa kelembaban lingkungan yang tinggi akan meningkatkan kadar air benih. Peningkatan kadar air menyebabkan peningkatan aktivitas biokimia benih, seperti peningkatan aktivitas enzim hidrolitik yang meningkatkan proses respirasi dan peningkatan asam lemak bebas. Sementara itu suhu tinggi menyebabkan proses laju reaksi kimia dalam benih menjadi lebih cepat. Peningkatan kadar air juga menyebabkan peningkatan aktivitas enzim lipoksigenase yang mengoksidasi lemak dan menghasilkan radikal bebas.

Penyerapan air terhadap gelombang NIR salah satunya terjadi pada kisaran panjang gelombang 1.450 nm oleh atom O-H (Osborne *et. al.* 1993). Gambar 3b menunjukkan semakin lama waktu pengusangan, semakin tinggi intensitas penyerapan gelombang, yang berarti semakin besar kandungan air dalam bahan.

Tabel 1. Ikatan atom dan struktur kimia yang merupakan puncak gelombang pada spektra absorban benih padi.

Panjang gelombang (nm)	Getaran ikatan atom*	Struktur*
1200	C-H str.	Pati, CH ₃
1450	O-H str.	Air, Pati
1780	C-H str.	Selulosa
1940	O-H str. + O-H def.	Air
2100	O-H def. + C-O str.	Pati
2276	O-H str. + C-C str.	Pati
2336	C-H str. + C-H def.	Selulosa
2500	C-H str. + C-C str.	Pati

*Sumber: Osborne *et. al.* (1993) ; str = stretch ; def = deformasi.



Gambar 2. Pengaruh lama pengusangan pada suhu 45°C dan RH >90% terhadap (a) kadar air, (b) spektra absorban-SNV pada 1.450 nm.

Pengaruh Pengusangan terhadap Protein Terlarut

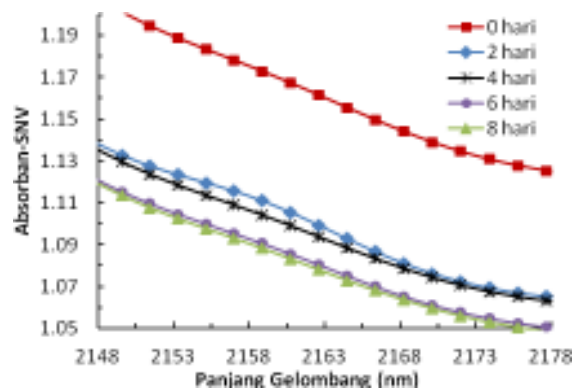
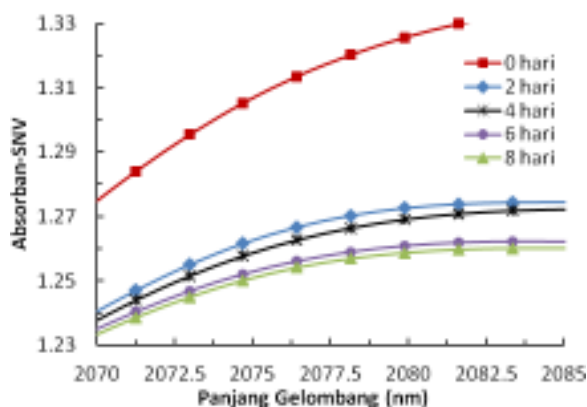
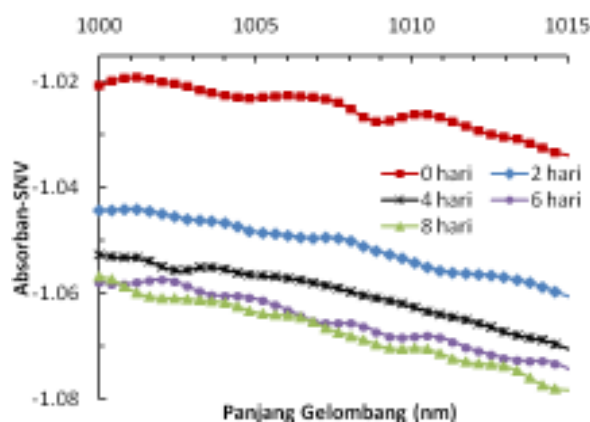
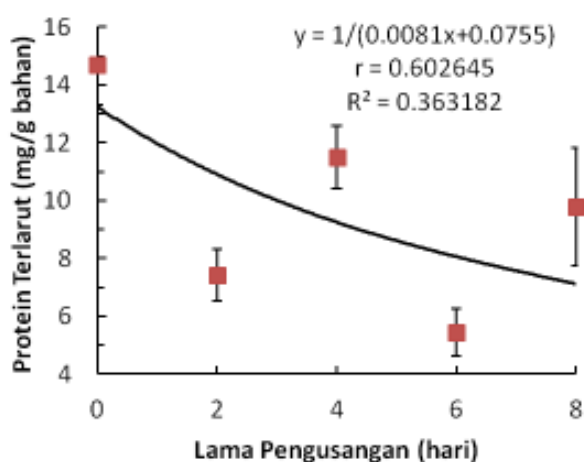
Perubahan protein terlarut akibat pengusangan sangat fluktuatif, namun memiliki kecenderungan bersifat eksponensial menurun (Gambar 3a). Koefisien korelasi r antara protein terlarut dengan lama waktu pengusangan sebesar 0,6026. Hal ini menunjukkan bahwa protein terlarut dengan lama waktu pengusangan memiliki hubungan yang kuat, namun parameter lama pengusangan hanya mampu menduga 36,32% parameter protein terlarut dengan tepat. Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi R^2 0,3632.

Protein sebagai indikasi viabilitas benih pada panjang gelombang 1.722 dan 2.110 nm (Soltani *et al.* 2003). Pada penelitian ini tidak terdapat puncak gelombang pada absorbansi benih padi karena kandungan protein benih padi sangat kecil.

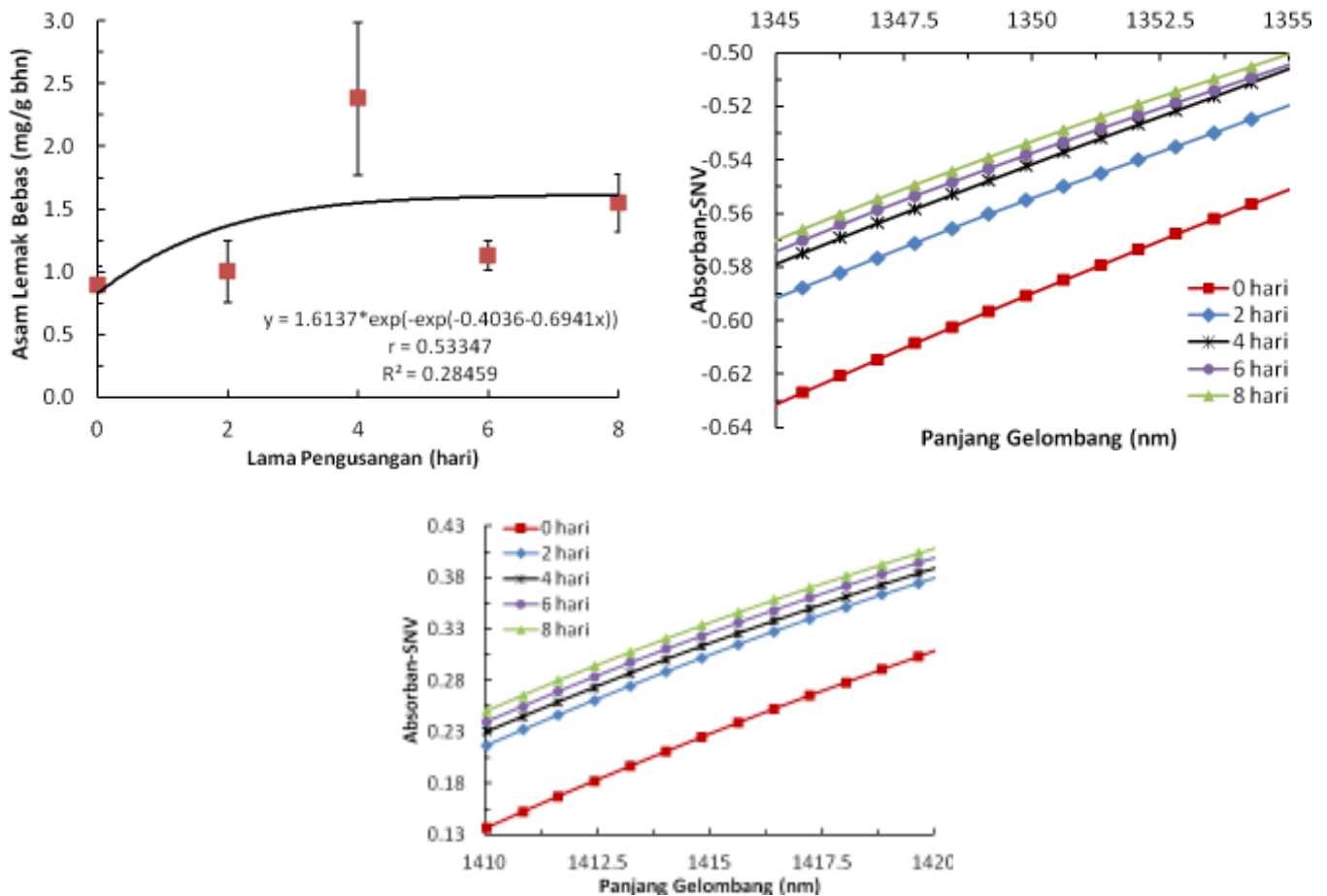
Benih yang mengalami kemunduran buatan, kandungan protein terlarutnya mengalami penurunan.

Hal ini dapat dilihat pada spektra absorbansi benih padi yang diberi perlakuan *standard normal variate* (SNV) pada rentang 1.000-1.015, 2.070-2.085, 2.148-2.178 nm (Workman 2001). Bentuk gelombangnya sama namun intensitas penyerapannya menurun seiring dengan lama pengusangan (Gambar 3b-d). Penurunan intensitas penyerapan gelombang menunjukkan adanya penurunan kandungan protein terlarut. Hal yang sama juga disampaikan oleh Kapoor *et al.* (2011).

Lama pengusangan menyebabkan perubahan kandungan air benih. Benih dengan kadar air tinggi dapat mengalami peroksidasi lemak akibat aktivitas enzim lipoksigenase dan menghasilkan radikal bebas. Radikal bebas tersebut dapat menyebabkan denaturasi protein (Copeland and McDonald 1995), sehingga menurunkan kandungan protein terlarut yang dapat digunakan benih saat berkecambah (Kapoor *et al.* 2011).



Gambar 3. Pengaruh lama pengusangan pada suhu 45°C dan RH >90% terhadap (a) protein terlarut, (b) Spektra Absorbansi-SNV pada 1.000-1.015 nm, (c) Spektra Absorbansi-SNV pada 2.070-2.085 nm, (d) Spektra Absorbansi-SNV pada 2.148-2.178 nm.



Gambar 4. Pengaruh lama pengusangan pada suhu 45°C dan RH >90% terhadap (a) asam lemak bebas, (b) spektra absorban-SNV pada 1.350 nm, (c) spektra absorban-SNV pada 1.415 nm.

Pengaruh Pengusangan terhadap Asam Lemak Bebas

Perubahan asam lemak bebas akibat pengusangan sangat fluktuatif, namun memiliki kecenderungan eksponensial menaik (Gambar 4a). Hubungan antara asam lemak bebas dengan lama waktu pengusangan sangat lemah, yang diindikasikan oleh kecilnya nilai koefisien korelasi r yaitu 0,5335. Lemahnya hubungan tersebut diduga karena terlalu kecilnya kandungan lemak di dalam benih padi, hanya 2,39-3,01% (Prasantha *et al.* 2014) sehingga data yang diperoleh sangat fluktuatif.

Lemak berpotensi untuk menduga viabilitas benih bayam pada panjang gelombang 1.350 nm (Olesen *et al.* 2011), namun pada penelitian ini tidak menunjukkan puncak gelombang pada spektra absorban benih padi. Hal ini terjadi karena kandungan lemak benih padi sangat kecil, berkisar 2,39-3,01% (Prasantha *et al.* 2014).

Benih yang mengalami kemunduran buatan, kandungan asam lemak bebasnya cenderung meningkat, hal ini dilihat pada gelombang 1.350 nm (Gambar 4b) dan 1.415 nm (Workman 2001) pada Gambar 4c. Pada kedua panjang gelombang tersebut, walaupun bentuk gelombangnya sama namun intensitas penyerapannya semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu pengusangan. Peningkatan intensitas penyerapan gelombang menunjukkan adanya peningkatan kandungan asam lemak bebas. Peningkatan asam lemak bebas pada benih yang diusangkan juga dilaporkan oleh Gholami dan Golpayegani (2011).

Lama pengusangan menyebabkan perubahan kandungan air benih. Kadar air benih yang tinggi menyebabkan peningkatan aktivitas biokimia benih seperti peningkatan aktivitas enzim hidrolitik yang meningkatkan proses respirasi dan peningkatan asam lemak bebas (Copeland and McDonald 1995).

Pengaruh Pengusangan terhadap Viabilitas Benih

Pengusangan pada penelitian ini bertujuan untuk memperoleh berbagai tingkat nilai viabilitas. Semakin beragam dan lebar rentang nilai viabilitas sampel benih diharapkan pendugaan nilai viabilitas menggunakan NIR dan JST menjadi lebih akurat.

Pengaruh pengusangan benih padi pada suhu 45°C dan RH > 90% terhadap viabilitas benih dapat dilihat pada Gambar 5. Perlakuan pengusangan menyebabkan beberapa tingkat viabilitas. Secara umum, semakin lama waktu pengusangan menyebabkan penurunan viabilitas, baik daya berkecambah, indeks vigor maupun potensi tumbuh maksimum. Penurunan viabilitas (daya berkecambah) pada benih padi karena perlakuan pengusangan, juga dilaporkan oleh Kapoor *et al.* (2011), Gholami dan Golpayegani (2011).

Korelasi antara lama pengusangan dengan masing-masing parameter viabilitas sangat tinggi, yang ditunjukkan oleh besarnya nilai koefisien korelasi r yaitu 0,9950 untuk daya berkecambah, 0,9473 untuk indeks vigor, dan 0,9747 untuk potensi tumbuh maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan pengusangan pada suhu 45°C dan RH > 90% telah mampu menurunkan tingkat viabilitas benih. Setelah pengusangan selama 8 hari terjadi penurunan rata-rata daya berkecambah benih dari 90,22% menjadi 40,17%.

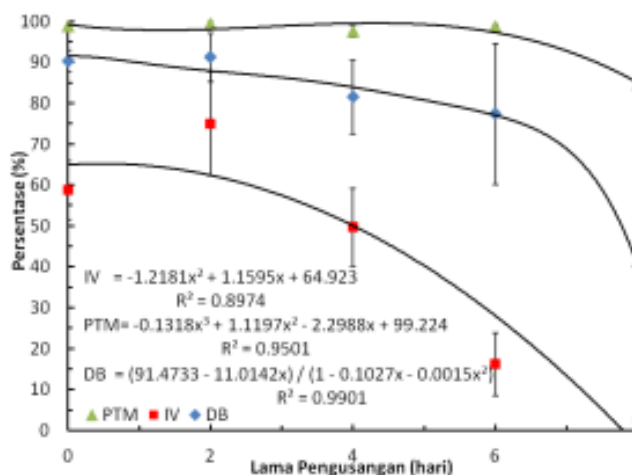
Benih padi yang diusangkan pada suhu 45°C dan RH > 90% selama 8 hari akan mengalami peningkatan kandungan kadar air (Gambar 2a). Peningkatan kadar air tersebut menyebabkan peningkatan asam lemak bebas dari 0,859 mg/g menjadi 1,548 mg/g (Gambar 4a). Copeland dan McDonald (1995) menyebutkan terjadi peningkatan aktivitas enzim hidrolitik pada benih dengan kadar air tinggi. Pospolipid yang merupakan struktur membran sel akan terhidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak bebas. Peningkatan asam lemak bebas menyebabkan peningkatan keasaman sel sehingga tidak sesuai bagi sel untuk melakukan metabolisme secara normal. Lebih lanjut akan menyebabkan kerusakan protein enzim dan menurunkan/menghilangkan aktivitasnya.

Selain itu, benih yang memiliki kadar air tinggi mengalami peningkatan enzim lipoksigenase yang dapat menimbulkan radikal bebas. Radikal bebas akan merusak pospolipid dari membran sel. Kerusakan pospolipid dapat menyebabkan hilangnya integritas membran sehingga terjadi kebocoran cairan sel. Kebocoran membran dapat menyebabkan kemunduran benih dan menurunkan vigor benih (Copeland and McDonald 1995).

Radikal bebas juga dapat merusak komponen selain lemak, yaitu protein benih berupa protein enzim, protein cytotkrome, protein kromosom (Copeland and McDonald 1995). Kerusakan protein ditandai oleh penurunan kandungan protein terlarut dalam benih (Kapoor *et al.* 2011). Pada penelitian ini terjadi penurunan kandungan protein terlarut dari 14,709 mg/g bahan menjadi 9,788 mg/g bahan (Gambar 3a).

Kerusakan membran sel dan kerusakan protein dapat menyebabkan kemunduran benih. Tatipata *et al.* (2004) menyebutkan bahwa penurunan membran sel yang terdiri atas fosfolipid dan penurunan protein membran dapat mengindikasikan kemunduran benih. Kemunduran benih ditandai penurunan mutu fisiologi benih yang dapat menimbulkan perubahan menyeluruh di dalam benih, baik fisik, dan fisiologis maupun biokimia (Kapoor *et al.* 2011) yang dapat menurunkan vigor, viabilitas, dan daya berkecambah (Kapoor *et al.* 2011, Mohammadi *et al.* 2011). Gambar 5 memperlihatkan benih yang tidak diusangkan memiliki vigor dan viabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan benih yang telah diusangkan selama 8 hari.

Dampak dari benih yang mendapat cekaman pengusangan pertama sekali akan terlihat pada vigornya. Gambar 5 juga memperlihatkan penurunan kurva indeks vigor lebih curam dibandingkan dengan daya berkecambah dan potensi tumbuh maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa vigor lebih cepat terkena dampak cekaman pengusangan dibandingkan dengan viabilitasnya. Benih yang memiliki vigor tinggi sudah pasti memiliki nilai viabilitas yang tinggi, namun benih yang memiliki viabilitas yang tinggi belum tentu memiliki vigor



Gambar 5. Pengaruh lama pengusangan pada suhu 45°C dan RH >90% dengan daya berkecambah (DB), indeks vigor (IV) dan potensi tumbuh maksimum (PTM).

yang tinggi. Oleh karena itu, benih yang terkena cekaman bisa jadi memiliki viabilitas yang masih tinggi namun sudah tidak vigor lagi.

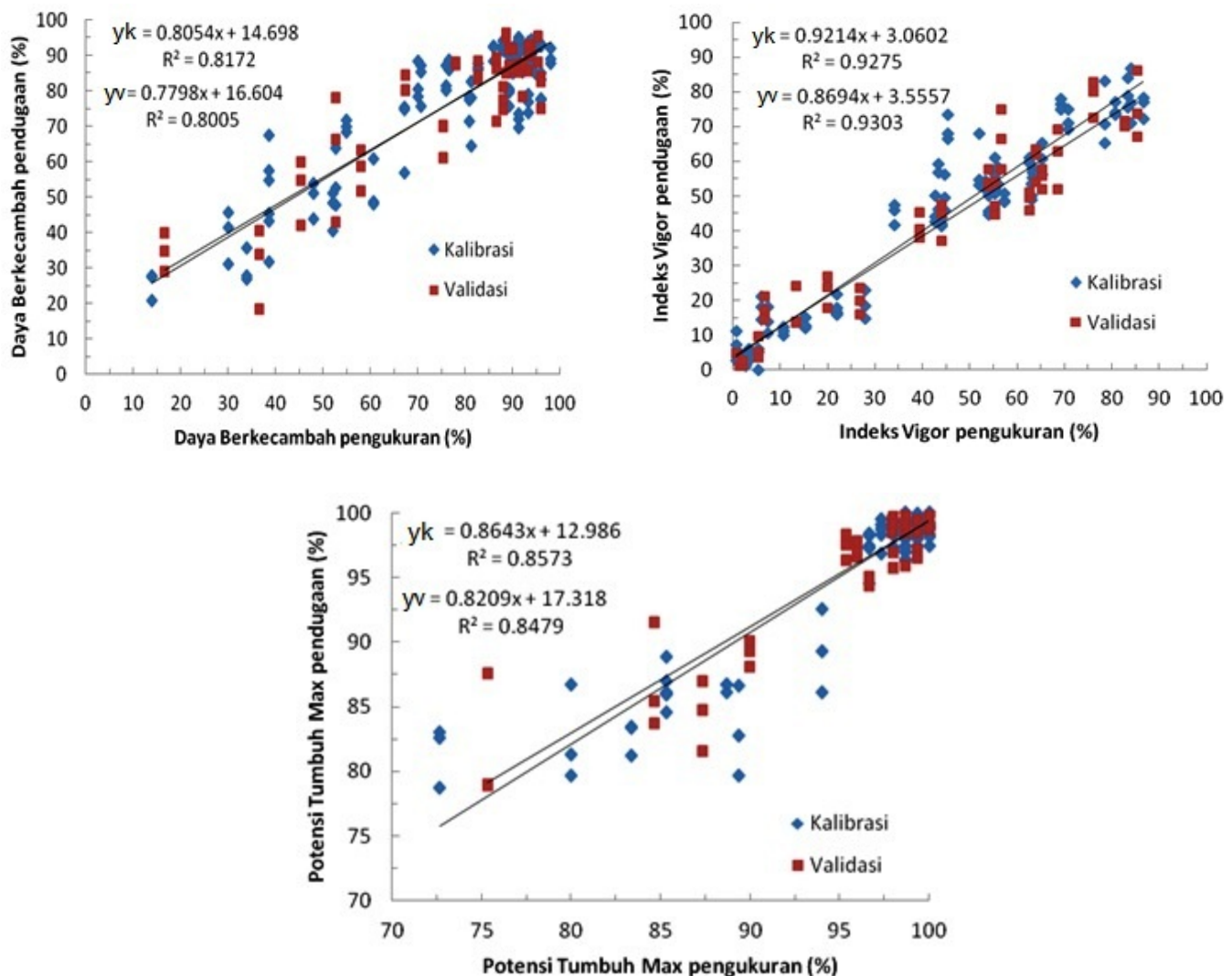
Kalibrasi dan Validasi Model Jaringan Saraf Tiruan

Model JST terbaik adalah model yang memiliki nilai RPD, nilai korelasi (r) validasi yang tinggi, dan nilai SEC, SEP serta selisih nilai SEC dan SEP yang rendah. Evaluasi model JST terbaik dilihat pada Tabel 2. Semakin besar nilai RPD menunjukkan model yang dibangun semakin akurat, semakin besar nilai r menunjukkan hubungan antara nilai duga dan nilai sebenarnya semakin kuat. Semakin kecil nilai SEC dan SEP menunjukkan penyimpangan nilai duga dari nilai sebenarnya semakin kecil, yang berarti nilai duga semakin akurat. Semakin

kecil nilai selisih antara SEC dan SEP menunjukkan model yang dibangun semakin stabil.

Hubungan antara nilai duga daya berkecambah, indeks vigor, dan potensi tumbuh maksimum menggunakan NIR dengan nilai pengukuran sebenarnya menggunakan model JST terpilih (Gambar 6) menunjukkan bahwa garis regresi antara data kalibrasi dan validasi memperlihatkan kemiringan yang hampir sama dan hampir berhimpit. Hal ini menunjukkan bahwa pola data antara kalibrasi dan validasi hampir sama dan model yang dibangun mendekati stabil.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa hanya ada satu parameter yang memiliki nilai RPD lebih kecil dari 2,5 yaitu daya berkecambah. Menurut Hasbullah *et al.* (2002), model yang akurat memiliki nilai RPD $>2,5$. Walaupun daya berkecambah memiliki nilai RPD di



Gambar 6. Hasil kalibrasi dan validasi model JST terpilih untuk daya berkecambah indeks vigor dan potensi tumbuh maksimum.

Tabel 2. Model JST terbaik untuk pendugaan setiap parameter pengamatan.

Parameter	Spektra	Lapisan JST			Kalibrasi		Validasi		SEC-SEP	RPD
		input	hidden	output	r	SEC	r	SEP		
Kadar air	Rsnv	5	10	1	0,9858	0,5787	0,9888	0,5162	0,0625	6,6808
Asam lemak bebas	Adg2	5	20	1	0,9797	1,3077	0,9688	1,6232	0,3155	4,0290
Protein terlarut	Rdg2	5	5	1	0,9296	1,3290	0,9686	0,8879	0,4411	3,9615
Indeks vigor	Rdg2	10	5	1	0,9631	7,5694	0,9645	7,8583	0,2889	3,6842
Potensi tumbuh maks.	Rdg2	10	5	1	0,9259	2,3617	0,9208	2,4634	0,1017	2,5572
Daya berkecambah	Rsnv	10	5	3*	0,9040	9,3496	0,8947	9,9233	0,5737	2,2359

*)Output : Daya berkecambah-Indeks vigor-Potensi tumbuh maksimum.

bawah 2,5 namun nilai koefisien korelasi r validasi masih cukup tinggi, yaitu 0,8947 dengan nilai R^2 validasi 0,8005 yang berarti nilai prediksi NIR masih dapat menduga dengan tepat 80,05% nilai daya berkecambah sebenarnya.

Berdasarkan nilai RPD peringkat parameter yang akurat dilakukan pendugaannya dengan NIR berturut-turut adalah kadar air benih, kandungan asam lemak bebas, protein terlarut, indeks vigor, potensi tumbuh maksimum, dan daya berkecambah. Urutan tingkat keakuratan pendugaan parameter (Tabel 2) menggunakan NIR mulai dari kadar air hingga daya berkecambah diduga berhubungan dengan faktor sebab akibat terjadinya kemunduran benih. Semakin jauh parameter dari penyebab awal kemunduran benih, maka keakuratan pendugaan juga semakin rendah karena semakin banyak faktor-faktor yang terlibat dan mempengaruhi parameter tersebut.

Kadar air memiliki RPD yang paling tinggi (6,6808) sementara daya berkecambah paling rendah (2,2359). Pada penelitian ini, kadar air hanya dipengaruhi oleh satu faktor yaitu kelembaban lingkungan, sementara itu daya berkecambah dipengaruhi oleh banyak faktor, selain yang telah disebutkan di atas juga dipengaruhi oleh faktor lain, baik yang berhubungan dengan internal benih itu sendiri maupun faktor lingkungan pada saat pengecambahan benih.

Secara umum gelombang NIR berpotensi untuk menduga viabilitas, dalam hal ini daya berkecambah benih. Model terbaik untuk pendugaan daya berkecambah menggunakan NIR adalah JST 10-5-3 dengan input berupa komponen utama dari spektra reflektan yang diberi praperlakuan SNV dan output terdiri atas tiga unit, yaitu daya berkecambah, indeks vigor, dan potensi tumbuh maksimum. Koefisien korelasi r validasi antara nilai duga NIR dengan pengukuran standard masih cukup tinggi yaitu 0,8947 dengan SEP 9,9233% dan selisih antara SEC-SEP adalah 0,5737%.

KESIMPULAN

1. Karakteristik spektra absorban benih padi menunjukkan beberapa puncak gelombang yang menggambarkan komposisi kimia dominan benih padi, yaitu pati (1.200, 1.450, 2.100, 2.276, 2.500 nm), selulosa (1.780, 2.336 nm), dan air (1.450, 1.940 nm).
2. Spektra pada rentang 1.000-1.015, 2.070-2.085, 2.148-2.178 nm yang merupakan wilayah penyerapan protein dan pada 1.350, 1.415 nm yang merupakan wilayah penyerapan lemak memiliki bentuk gelombang yang sama antarlama waktu pengusangan, namun intensitas penyerapannya berbeda.
3. Semakin lama waktu pengusangan menyebabkan peningkatan kadar air benih, penurunan kandungan protein terlarut, dan peningkatan asam lemak bebas yang juga diindikasikan oleh intensitas spektra absorban-SNV pada wilayah penyerapan masing-masing serta diikuti oleh penurunan viabilitas benih.
4. Model terbaik untuk menduga daya berkecambah adalah JST 10-5-3 dengan input reflektan-snv, indeks vigor adalah JST 10-5-1 dengan input reflektan-dg2, dan untuk potensi tumbuh maksimum adalah JST 10-5-1 dengan input reflektan-dg2.
5. Berdasarkan nilai r , SEC, SEP, dan RPD pada parameter viabilitas (daya berkecambah, indeks vigor, potensi tumbuh maksimum), aplikasi NIR berpotensi digunakan untuk menduga nilai viabilitas benih secara nondestruktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1995. Principles of seed science and technology. 3rd Eds. Chapman & Hall. New York. p409.

- 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. *Analytica Chimica Acta* 513:73-80.
- Everard, CD., K.P. McDonnell and, C.C. Fagan. 2012. Prediction of biomass gross calorific values using visible and near infrared spectroscopy. Elsevier. *Biomass and Bioenergy* 45:203-211.
- Gholami, T.H. and A. Golpayegani. 2011. Effect of seed ageing on physiological and biochemical changes in rice seed (*Oryza sativa* L.). *International Journal of AgriScience* 1(3):138-143.
- Guine, RFP, Maria Joao Barroca, Fernando J. Goncalves, Mariana Alves, Solange Oliveira, dan Mateus Mendes. 2014. Artificial neural network modelling of the antioxidant activity and phenolic compounds of bananas submitted to different drying treatments, Elsevier. *Food Chemistry* 168: 454-459.
- Hasbullah, R., T. Tetsuya, T. Munehiro, and A. Takayoshi. 2002. Non-destructive prediction of internal quality of heat-treated 'Irwin' mango by Near Infrared Spectroscopy. *The Journal of Society of Agricultural Structures* 33(3):12.
- Kapoor, N., A. Arvind, S. Mohd. Asif, K. Hirdesh, and A. Asad. 2011. Physiological and biochemical changes during seed deterioration in aged seed of rice (*Oryza sativa* L.). *American Journal of Plant Physiology* 6(1): 28-35.
- Kurz, C., M. Leitenberger, R. Carle, and A. Schieber. 2010. Evaluation of fruit authenticity and determination of the fruit content of fruit products using FTNIR spectroscopy of cell wall components. Elsevier. *Food Chemistry* 119:806-812.
- Li, X.L., Y. He, and H. Fang. 2007. Non-destructive discrimination of Chinese bayberry varieties using Vis/NIR spectroscopy. Elsevier. *Journal of Food Engineering* 81:357-363.
- Liu, Y., X. Sun, and 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*. Elsevier 43:602-607.
- Luo, W., S. Huan, H. Fu, G. Wen, H. Cheng, J. Zhou, H. Wu, G. Shen, and R.Yu. 2011. Analytical Methods Preliminary study on the application of near infrared spectroscopy and pattern recognition methods to classify different types of apple samples. Elsevier, *Journal of Food Chemistry* 128:555-561.
- Mohammadi, H, A. Soltani, H.R. Sadeghipour, and E. Zeinali. 2011. Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. *International Journal of Plant Production* 5(1): 65-70
- Nicolai, BM, Katrien Beullens, Els Bobelyn, Ann Peirs, Wouter Saeys, Karen I. Theron, and Jeroen Lammertyn. 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. Elsevier: *Postharvest Biology and Technology* 46:99-118
- Olesen. M.H., S. Nisha, G. Rene, and B. Birte. 2011. Classification of viable and non-viable spinach (*Spinacia oleracea* L.) seeds by single seed near infrared spectroscopy and extended canonical variates analysis. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 19(3): 171-180.
- Osborne, B.G., T. Fearn, and P.H. Hindle. 1993. Practical NIR spectroscopy with application in food and baverage analysis. 2nd Ed. Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd. Singapore. p.227.
- Prasanth, BDR., R.F. Hafeel, K.M.S. Wimalasiri, and U.P.D. Pathirana. 2014. End-use quality characteristics of hermetically stored paddy. Elsevier. *Journal of Stored Products Research* 59 : 158-166.
- Shao, Y., Y. He, and S. Feng. 2007. Measurement of yogurt internal quality through using Vis/NIR spectroscopy. *Journal of Food Research International* 40:835-841.
- Soltani, A., T.A. Lestander, M. Tigabu, and P.C. Odena. 2003. Prediction of viability of oriental beechnuts, *fagus orientalis*, using near infrared spectroscopy and partial least squares regression. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 11:357-364.
- Tatipata, A., P. Yudono, A. Purwantoro, dan W. Mangoendidjojo. 2004. Kajian aspek fisiologi dan biokimia deteriorasi benih kedelai dalam penyimpanan. *Ilmu Pertanian* 11(2): 76-87.
- Tatipata, A. 2008. Pengaruh kadar air awal, kemasan dan lama simpan terhadap protein membran dalam mitokondria benih kedelai. *Jurnal Agronomi Indonesia*. *Bul. Agron.* 36(1):8-16 (2008).
- Workman, J. 2001. The handbook of organik compounds NIR, IR, Raman, and UV-VIS spectra featuring polymers and surfactants. Methodes and interpretations. Elsevier Science Inc. p.1493.
- Xie, L.J., X.Q. Ye, D.H. Liu, and Y.B. Ying. 2009. Quantification of glucose, fructose and sucrose in bayberry juice by NIR and PLS. Elsevier. *Food Chemistry* 114:1135-1140.