

KLASIFIKASI FASE PERTUMBUHAN PADI BERDASARKAN CITRA HIPERSPEKTRAL DENGAN MODIFIKASI LOGIKA *FUZZY* (PADDY GROWTH STAGES CLASSIFICATION BASED ON HYPER SPECTRAL IMAGE USING MODIFIED FUZZY LOGIC)

Febri Masplyanti, M. Ivan Fanany, Anlati Murni Arymurthy
Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia
e-mail: pbeemy@gmail.com, ivan@cs.ui.ac.id, aniati@cs.ui.ac.id

ABSTRACT

Remote sensing is a technology that is capable of overcoming the problems of measurement data for fast and accurate information. One of implementation of remote sensing technology in the field of agriculture is in hyperspectral image data retrieval to find out the condition and age of the rice plant. It is necessary for the estimation of rice yield in order to support Government policy in conducting imports rice to meet food needs in Indonesia. To have a good prediction model in estimation of rice yield that has high accuracy must be preceded by the determination of the phase of the rice plant. The selection of the appropriate classifier must also supported the selection of just the right features to get the optimum accuracy. In this study, we conducted a comparison between Fuzzy Logic and Modified Fuzzy Logic to perform the classification on nine rice growth stages based on hyperspectral image. Modified Fuzzy Logic have the same procedure with Fuzzy Logic but with extra crisp rules given in Fuzzy Rules which is expected to increase the accuracy achievement. In this study, Modified Fuzzy Logic proved to be able to improve the accuracy of up to 10% compared to Fuzzy Logic.

Keywords: *Fuzzy Logic, Hyperspectral, Paddy*

ABSTRAK

Penginderaan Jauh merupakan teknologi yang mampu mengatasi permasalahan pengukuran data untuk informasi yang cepat dan akurat. Pengimplementasian teknologi Penginderaan Jauh dalam bidang pertanian salah satunya adalah dalam pengambilan data citra hiperspektral untuk mengetahui kondisi maupun umur tanaman padi. Hal tersebut diperlukan untuk estimasi *rice yield* demi mendukung kebijakan pemerintahan dalam melakukan impor beras untuk memenuhi kebutuhan pangan di Indonesia. Untuk mendapatkan model dalam estimasi *rice yield* yang memiliki akurasi tinggi harus diawali dengan penentuan fase dari tanaman padi. Pemilihan *classifier* yang tepat juga harus didukung pemilihan fitur yang tepat untuk mendapatkan hasil akurasi yang optimal. Dalam penelitian ini, kami melakukan perbandingan antara logika *Fuzzy* dengan Modifikasi Logika *Fuzzy* untuk melakukan klasifikasi sembilan fase pertumbuhan padi berdasarkan citra hiperspektral. Modifikasi Logika *Fuzzy* memiliki cara kerja yang sama dengan Logika *Fuzzy* namun dengan diberi tambahan *crisp rules* pada *Fuzzy Rules* yang diharapkan dapat meningkatkan akurasi yang mampu dicapai. Dalam penelitian ini, Modifikasi Logika *Fuzzy* terbukti mampu meningkatkan akurasi hingga 10% dibandingkan Logika *Fuzzy*.

Kata Kunci: *Hiperspektral, Logika Fuzzy, Padi*

1 PENDAHULUAN

Padi merupakan salah satu tanaman agrikultur penting di beberapa negara, dan merupakan makanan pokok bagi masyarakat Indonesia (Nuarsa, 2010). Menurut data Badan Pusat Statistik tahun 2012, pada tahun 2011 Indonesia memiliki jumlah produksi beras sebesar 65.740.946 ton, namun produksi beras tersebut belum mencukupi kebutuhan pangan penduduk Indonesia sehingga impor beras menjadi satu-satunya jalan keluar untuk memenuhi kebutuhan pangan. Dalam penghitungan impor beras masih mengalami kendala akibat kurangnya informasi yang akurat mengenai produktifitas padi di seluruh wilayah Indonesia. Hal ini dikarenakan waktu tanam yang tidak seragam dan metode penghitungan produksi beras yang masih menggunakan metode konvensional (Nuarsa, 2012). Perkiraan hasil panen menggunakan metode konvensional dengan melakukan pengukuran lapangan secara langsung terkadang sangat subjektif, mahal, dan menghabiskan banyak waktu (Reynolds et al., 2000). Untuk memprediksi jumlah hasil panen terlebih dahulu kita harus mengetahui fase tumbuh dari tanaman padi sehingga prediksi hasil panen pada periode tertentu dapat dihitung dengan akurat.

Berkembangnya teknologi Penginderaan Jauh beserta citra hiperspektral dianggap mampu mengatasi masalah penentuan fase pertumbuhan padi. Fase pertumbuhan padi berdasarkan *International Rice Research Institute* (IRRI) dibagi dalam 9 fase. Penentuan sembilan fase dari tanaman padi berdasarkan citra hiperspektral membutuhkan suatu model *classifier* yang tepat (Widjaja, 2012) untuk menghasilkan keakuratan yang tinggi. Telah banyak peneliti yang menggunakan berbagai macam *classifier* untuk menghasilkan model yang mampu memberikan tingkat akurasi yang tinggi dalam estimasi umur padi dan jumlah panen, misalnya Moeljono Widjaja (2012) menggunakan *Fuzzy*. Citra hiperspektral

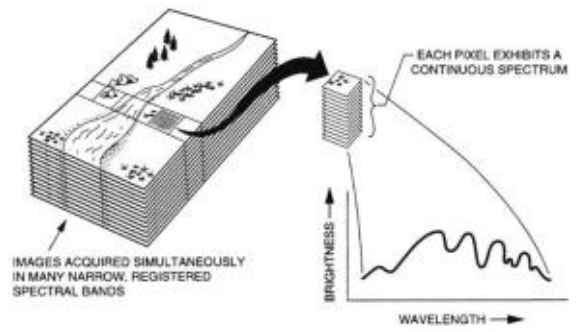
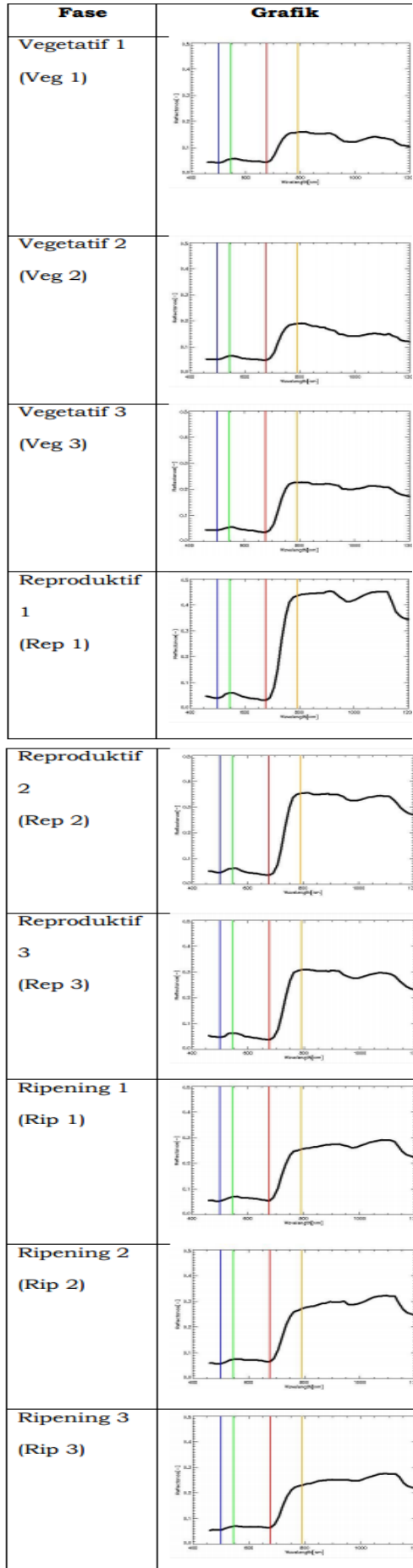
memiliki dimensi (*band*) hingga ratusan buah. Dimensi-dimensi inilah yang merupakan fitur yang akan digunakan dalam klasifikasi. Namun dengan banyaknya fitur yang dimiliki akan menimbulkan *curse of dimentionality* yaitu jumlah fitur yang banyak belum tentu menghasilkan akurasi yang maksimal, mungkin saja dengan menghilangkan fitur-fitur yang tidak terlalu berpengaruh dapat meningkatkan akurasi yang dicapai. Maka dari itu perlu dilakukan seleksi fitur untuk mendapatkan fitur-fitur terbaik. Banyak algoritma seleksi fitur yang dapat digunakan, namun seleksi fitur dalam penelitian ini dilakukan dengan studi literatur.

2 TINJAUAN TEORITIS

Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) merupakan pengamatan suatu obyek menggunakan sebuah alat dari jarak jauh (Campbell, 2011). Penginderaan jauh merupakan suatu metode pengamatan yang dilakukan tanpa menyentuh obyeknya secara langsung. Penginderaan jauh adalah pengkajian atas informasi mengenai daratan dan permukaan air bumi dengan menggunakan citra yang diperoleh dari sudut pandang atas (*overhead perspective*), menggunakan radiasi elektromagnetik dalam satu beberapa bagian dari spektrum elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi (Campbell, 2011). Teknologi ini mampu menghasilkan informasi mengenai fase tumbuh tanaman padi berdasarkan reflektansi (pantulan) gelombang elektromagnetik yang dihasilkan. Reflektansi yang dihasilkan divisualisasikan dalam bentuk grafik seperti pada Tabel 2-1.

Grafik Tabel 2-1 dapat dilihat menggunakan salah satu *tool* milik ENVI yaitu untuk menampilkan *Z Profile* dari gambar peta yang bertipe *file band sequential* (.bsq). Tipe citra bsq merupakan citra yang terdiri dari ratusan layer yang bertumpuk seperti Gambar 2-1.

Tabel 2-1: GRAFIK 9 FASE PERTUMBUHAN PADI

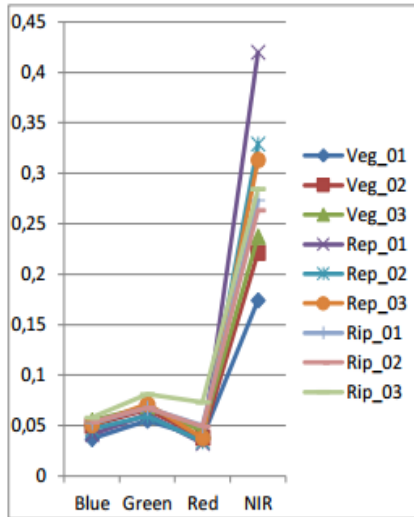


Gambar 2-1: Citra Hiperspektral (Campbell, 2011)

Citra hiperspektral adalah citra yang memiliki informasi dari beragam spektrum elektromagnetik yang disimpan dalam bentuk tumpukan (*layer*) citra yang masing-masing memiliki rentang spektrum elektromagnetik. Rentang spektrum elektromagnetik tersebut disebut sebagai spektral *band*. Representasi *hyperspectral* data adalah sebagai kubus tiga dimensi, dengan dua dimensi yang dibentuk oleh x dan sumbu y dari tampilan peta atau citra biasa dan ketiga (z) dibentuk oleh akumulasi dari data spektral *band* yang saling bertumpuk satu sama lain (Campbell, 2011).

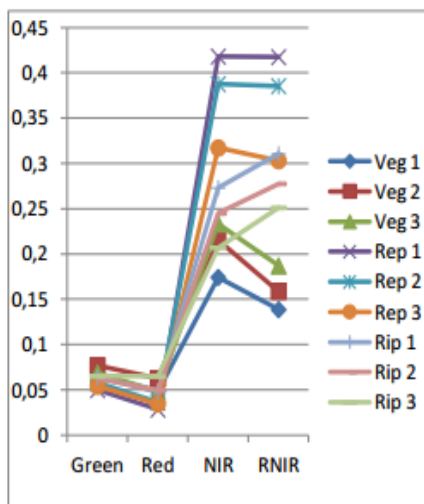
Berdasarkan Gnyp et al. (2012), Aparicio et al. (2002), Babar et al. (2006), Raun et al. (2001), dan BPPT (2012) diketahui bahwa *band-band* yang berpengaruh pada fase-fase pertumbuhan padi antara lain adalah *blue*, *green*, *red*, dan *Near-Infra Red* (NIR). Selain itu, dengan mempelajari grafik-grafik kesembilan fase pertumbuhan padi (Tabel 2-1), maka dapat dilihat bahwa cahaya tampak *blue* (ditandai dengan biru), cahaya tampak *green* (ditandai dengan hijau), *red* (ditandai dengan garis merah), dan NIR (ditandai dengan garis kuning) kurang dapat memperlihatkan perbedaan pada beberapa fase sehingga dapat menimbulkan kesalahan penentuan fase. Terlebih lagi cahaya tampak *blue* benar-benar tidak dapat memberikan perbedaan diantara sembilan fase yang ada. Misalnya pada fase *Veg 3* yang memiliki nilai NIR mirip dengan Rep 3, Rip 1, dan Rip 2, sehingga jika klasifikasi dilakukan hanya menggunakan kombinasi 4 fitur ini, maka akan

terjadi kesalahan prediksi yang sangat besar di keempat fase tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut, kami mengganti fitur *blue* dengan satu fitur yang mampu membedakan fase-fase yang memiliki rentang nilai NIR hampir sama. Fitur yang digunakan adalah fitur f42 (Gambar 2-2).



Gambar 2-2: Grafik 9 fase pertumbuhan padi berdasarkan BPPT

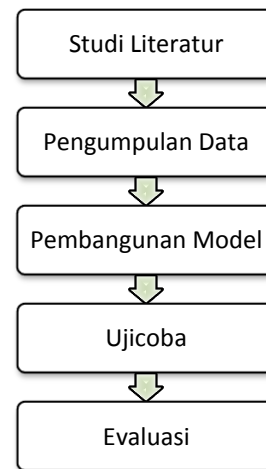
Alasan pemilihan fitur f42 adalah bahwa fitur f42 merupakan titik paling kanan dari rentang NIR (700-1300 nm) yang terekam oleh sensor Hymap (Cocks et al., 1998) yang digunakan pada pengumpulan data yaitu pada panjang gelombang 1049 nm. Fitur f42 dipilih karena setelah mempelajari grafik kesembilan fase, fitur tersebut dianggap mampu memberikan perbedaan dari grafik sembilan fase, lihat Gambar 2-3.



Gambar 2-3: Grafik 9 fase pertumbuhan padi yang diusulkan

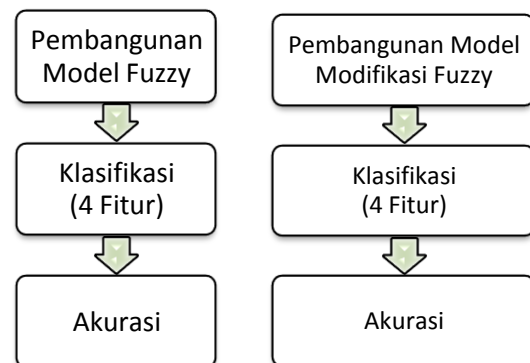
3 METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3-1.



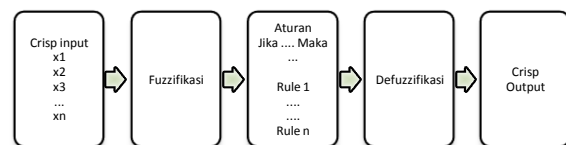
Gambar 3-1: Metodologi

Alur dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3-2.



Gambar 3-2: Alur Eksperimen

Sedangkan model dari Logika *Fuzzy* yang kami bangun memiliki alur yang dapat dilihat pada Gambar 3-3.



Gambar 3-3: Alur model Logika *Fuzzy*

- *Input*, data set yang digunakan berupa kumpulan data yang terdiri dari 2223 data dengan sebaran data sebanyak 247 data dari tiap fase pertumbuhan padi (247 * 9 = 2223). Data berupa teks file (.txt) yang terdiri dari 5 kolom (4 fitur + 1 label/ fase) dan

2223 baris (2223 data) yang memiliki rentang nilai antara 0 hingga 0,5.

- Fuzzifikasi, yaitu merubah nilai *input* kedalam derajat keanggotaan dengan menggunakan fungsi keanggotaan yang tertera pada Tabel 3-1.

Rumus yang digunakan dalam proses fuzzifikasi adalah sebagai berikut:
Fungsi Keanggotaan Segitiga

- Jika $x \leq a$ atau $x \geq c$, maka: $\mu(x) = 0$
- Jika $a < x \leq b$, maka: $\mu(x) = \frac{(x-a)}{(b-a)}$
- Jika $b < x < c$, maka: $\mu(x) = \frac{(c-x)}{(c-b)}$

Fungsi keanggotaan trapesium adalah sebagai berikut:

- Jika $x \leq a$ atau $x \geq d$, maka: $\mu(x) = 0$.
 - Jika $a < x < b$, maka: $\mu(x) = \frac{(x-a)}{(b-a)}$
 - Jika $c < x < d$, maka: $\mu(x) = \frac{(d-x)}{(d-c)}$
 - Jika $b \leq x \leq c$, maka: $\mu(x) = 1$.
- *Fuzzy Rules*, yaitu merupakan tahap mengimplementasikan keluaran dari proses fuzzifikasi kedalam aturan jika-maka. Aturan yang dipakai pada penelitian ini adalah Interseksi yaitu penggunaan operator AND yaitu keadaan dimana kondisi yang dipakai adalah gabungan dari beberapa kondisi, maka: $\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$.

Rules yang digunakan adalah sebanyak 9 buah yaitu sebagai berikut:

- Jika (NIR adalah X-Low) maka (Fase adalah Veg 1).
- Jika (NIR adalah Low) dan (RNIR adalah Low) maka (Fase adalah Veg 2).
- Jika (NIR adalah Medium) dan (RNIR adalah Low) dan (Penuaan adalah No) maka (Fase adalah Veg 3).
- Jika (NIR adalah X-High) maka (Fase adalah Rep 1).
- Jika (NIR adalah High) dan (Penuaan adalah No) maka (Fase adalah Rep 2).
- Jika (NIR adalah Medium) dan (RNIR adalah High) dan (Penuaan adalah No) maka (Fase adalah Rep 3).
- Jika (NIR adalah Medium) dan (Penuaan adalah Yes) maka (Fase adalah Rip 1).
- Jika (NIR adalah Medium) dan (Penuaan adalah Yes) dan (RNIR adalah High) maka (Fase adalah Rip 2).
- Jika (Penuaan adalah Yes) dan (Rasio adalah Low) maka (Fase adalah Rip 3).

Tabel 3-1: FUNGSI KEANGGOTAAN

Input	Fuzzy Set	Fungsi Keanggotaan	Parameter
Red	Low	Segitiga	(0;0,15;0,3)
	Medium	Segitiga	(0,025;0,042;0,06)
	High	Segitiga	(0,08;0,07;0,085)
Rasio (<i>green-red</i>)	Low	Trapesium	(0;0;0,006;0,01)
	High	Trapesium	(0,009;0,02;0,03;0,03)
NIR	X- Low	Trapesium	(0;0;0,15;0,2)
	Low	Segitiga	(0,185;0,2;0,22)
	Medium	Segitiga	(0,205;0,275;0,34)
	High	Segitiga	(0,33;0,36;0,425)
	X- High	Trapesium	(0,41;0,43;0,52;0,52)
RNIR	Low	Segitiga	(0;0;12;0,25)
	High	Segitiga	(0,2;0,35;0,55)
Penuaan (NIR-RNIR)	Yes	Trapesium	(0;0;0;0)
	No	Trapesium	(0,01;0,02;0,05;0,05)

Sedangkan pada Modifikasi Logika Fuzzy menggunakan *fuzzy rules* sebagai berikut:

- Jika (NIR adalah X-Low) maka (Fase adalah Veg 1).
- Jika (NIR adalah Low) dan (RNIR adalah Low) maka (Fase adalah Veg 2).
- Jika (NIR adalah Medium) dan (RNIR adalah Low) dan (Penuaan adalah No) maka (Fase adalah Veg 3).
- Jika (NIR adalah X-High) maka (Fase adalah Rep 1).
- Jika (NIR adalah High) dan (Penuaan adalah No) maka (Fase adalah Rep 2).
- Jika (NIR adalah Medium) dan (RNIR adalah High) dan (Penuaan adalah No) dan (NIR $\geq 0,25$) dan (NIR $< 0,35$) maka (Fase adalah Rep 3).
- Jika (NIR adalah Medium) dan (Penuaan adalah Yes) dan (NIR $\geq 0,26$) maka (Fase adalah Rip 1).
- Jika (NIR adalah Medium) dan (Penuaan adalah Yes) dan (RNIR adalah High) dan (NIR $< 0,26$) dan (NIR $> 0,225$) maka (Fase adalah Rip 2).
- Jika (Penuaan adalah Yes) dan (Rasio adalah Low) dan (Red $> 0,06$) maka (Fase adalah Rip 3).

Rules tambahan pada modifikasi Logika Fuzzy ini didapatkan penulis selama proses pembelajaran data kesembilan grafik fase pertumbuhan padi dibawah bimbingan Bapak Sidik Mulyono dari BPPT.

- Defuzzifikasi, yaitu mengubah keluaran dari implementasi *fuzzy rules* kedalam satu nilai keluaran yang merupakan hasil klasifikasi dari model yang dibangun. Rumus yang dipakai adalah sebagai berikut:

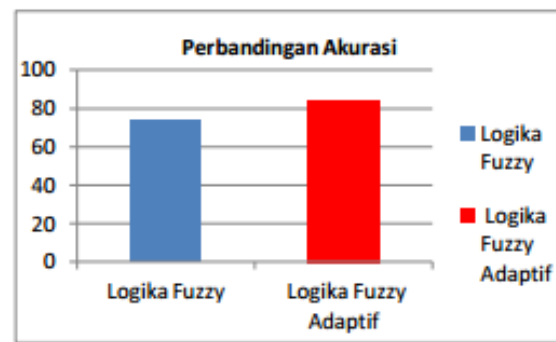
$$Z^* = \frac{\sum \mu c(z) * z}{\sum \mu c(z)}$$

Yaitu dimana Z^* merupakan hasil pengklasifikasian dari rule yang ada, μc

adalah keluaran dari masing-masing kesembilan rule yang digunakan, lalu dikalikan dengan nilai yang memiliki derajat keanggotaan = 1 dari setiap *fuzzy set*. Dari kesembilan nilai tersebut kemudian dijumlahkan ($\sum \mu c * z$), yang nantinya akan dibagi dengan jumlah keluaran dari masing-masing kesembilan rule ($\sum \mu c$).

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Akurasi yang mampu dicapai dalam penelitian ini yaitu : Logika Fuzzy sebesar 73,73% sedangkan Modifikasi Logika Fuzzy adalah sebesar 84.42%, lihat Gambar 4-1.



Gambar 4-1: Grafik akurasi

Dari grafik yang dihasilkan dapat dilihat bahwa Modifikasi Logika Fuzzy mampu meningkatkan akurasi hingga 10%. Pada Modifikasi Logika Fuzzy diberi tambahan rule pada *Fuzzy Rules* karena pada fase Rep 3, Rip 1, Rip 2, dan Rip 3 memiliki rentang nilai NIR yang mirip sehingga diperlukan *rule* tambahan untuk membedakan keempat fase tersebut. Nilai-nilai pada *rule* tambahan tersebut didapatkan dengan melakukan *tuning* parameter hingga didapat hasil yang paling maksimal.

5 KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat dilihat bahwa Modifikasi Logika Fuzzy mampu meningkatkan akurasi hingga 10% jika dibandingkan dengan Logika Fuzzy. Hal yang perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya adalah peningkatan akurasi, dan penambahan maupun penggunaan

data lain terutama pada jenis padi yang berbeda-beda karena jenis padi yang berbeda akan memiliki lama waktu tanam-panen yang berbeda pula.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Bapak Sidik Mulyono beserta pihak BPPT yang telah bersedia memberikan data yang digunakan dalam penelitian ini, serta sebagai pembimbing dalam mempelajari grafik-grafik fase pertumbuhan padi, dan mengikutsertakan penulis dalam pengambilan data lapangan di BB Padi Subang.

DAFTAR RUJUKAN

- Aparicio, N., et al., 2002. *Relationship between Growth Traits and Spectral Vegetation Indices in Durum Wheat*, Crop Science, America, 2002.
- Babar, M. A., et al., 2006. *Spectral Reflectance to Estimate Genetic Variation for In Season Chlorophyll, and Canopy Temperature in Wheat*, Crop Science, America.
- Cocks, T., et. al., 1998. *The Hymap Airborne Hyperspectral Sensor: the System, Calibration and Performance*, 1st EARSEL Workshop on Imaging Spectroscopy, Zurich.
- Gnyp. M. L., et al., 2012. *Hyperspectral Analysis of Rice Phenological Stages in Northeast China*, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume I-7 XXII Congress, Australia.
- International Rice Research Institute (IRRI). Diakses pada Juni 2012. <http://www.knowledgebank.irri.org/extension/growthstages-0-9.html>.
- Nuarsa, I.W., F. Nishio A, and C. Hongo A., 2010. *Development of the Empirical Model for Rice Field Distribution Mapping Using Multi-Temporal Landsat ETM+ Data: Case Study in Bali Indonesia*, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 8, Japan.
- Nuarsa, I. W., Fumihiko Nishio, Chiharu Hongo, 2012. *Rice Yield Estimation Using Landsat ETM+ Data and Field Observation*, Journal of Agricultural Science Vol. 4, No. 3, Canadian Center of Science and Education, Canada.
- Raun, W.R., et al., 2001. *In-season Prediction of Potential Grain Yield in Winter Wheat Using Canopy Reflectance*, Agron. J. 93:131–138.
- Reynolds, C.A., et. al., 2000. *Estimating Crop Yields and Production by Integrating the FAO Crop Specific Water Balance Model with Real-time Satellite Data and Ground Based Ancilliary Data*. International Journal of Remote Sensing.
- Widjaja, Moeljono, Arief Darmawany and Sidik Mulyono, 2012. *Fuzzy Classifier of Paddy Growth Stages Based on Synthetic MODIS Data*, ICAC SIS.
- Workshop Membangun Library Citra Hiperspektral Padi, 2012. BPPT, Jakarta.

