

PENGOLAHAN CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE SUSAN DETECTION DAN NEUROFUZZY UNTUK IDENTIFIKASI KOMPONEN KUALITAS BERAS

IMAGE SHAPE TEST USING SUSAN METHOD AND TEXTURE TEST USING NEUROFUZZY METHOD FOR RECOGNITION OF RICE QUALITY

Oleh: Ikhlusal Amal, Mathematics, Universitas Negeri Yogyakarta, iyak92@gmail.com

Abstrak

Pengujian kualitas beras melalui pendekatan *recognition* pengolahan citra digital bertujuan untuk menghasilkan model pengujian yang mampu mengenali komponen mutu beras yang meliputi butir patah, butir menir, derajat sosoh, dan butir kuning serta mengetahui tingkat keberhasilannya. Pengujian diawali dengan melakukan *blob detection* pada citra beras berjarak 18 cm dari kamera. Hasil pengambilan citra digunakan sebagai sampel pengujian panjang butir menggunakan metode SUSAN, dan pengujian tekstur butir menggunakan model *neurofuzzy*.

Model pengujian panjang meliputi transformasi *grayscale*, pembatasan *thresholding* sebesar 25 piksel, pendeteksian SUSAN, pengukuran panjang berdasarkan kedudukan antar titik SUSAN, perhitungan rata-rata 20 butir terpanjang, penentuan batas ukuran butir patah, dan menir sebesar 61%, dan 29%. Keberhasilan pengujian panjang butir sebesar 94.22 % dari keseluruhan sampel. Sedangkan model pengujian tekstur butir meliputi ekstraksi citra menggunakan metode GLCM, pembagian data sampel 60% data training dan 40% data testing, pemecahan 15 parameter ke dalam 11 cluster, penentuan sebanyak 5 kelas target *output* (premium baik, premium buruk, medium baik, medium buruk, and ekonomis) pada 11 basis aturan, dan menghasilkan ANFIS dengan 176 jaringan linear, dan 330 jaringan nonlinear. Keberhasilan pengujian dalam mengenali tekstur bukan premium baik menghasilkan nilai *sensitivitas*, spesifisitas, dan akurasi secara berurutan sebesar 51,962 %, 40,151 %, dan 45,345 % pada data *training* serta 48,387 %, 38,376 %, dan 42,640 % pada data *testing*.

Kata kunci: Beras, Citra, SUSAN, Backpropagation, Neurofuzzy

Abstract

In the test of rice quality with recognition of digital image processing method. Model construct to know the testing method and be able to identification of rice head, broken grains, fine-grains, grain-groats, and degrees. Final model also to know the success rate. The firstly by doing blob detection in image rice placed from 18 cm of camera. The results image test will be used as a sampels of grain length test with SUSAN method, and grains texture will be testing with neurofuzzy method.

Image shape test model covered grayscale transformation, 25 pixel thresholding restrictions, SUSAN detection, length measurement based on position between SUSAN points, calculation of 20 longest averages, determination of broken grain size limit, and casting of 61%, and 29%. The success rate of Image shape test is 94.22% of total sample. Grain texture test model covered parameter extraction using GLCM matrix method, data sharing who 60% of training and 40% of testing, Subtractive clustering of 15 parameter into 11 cluster to build 11 based rule get a 5 output variable (premium baik, premium buruk, medium baik, medium buruk, and ekonomis), train ANFIS by 176 linear nodes, and 330 nonlinear nodes. The success rate of the ANFIS model sensitively, spesifisity and accurately detects the non premium baik grain texture is 51,962%, 40,151%, 45,345% of training data and 48,387%, 38,376%, 42,640% of testing data.

Keywords: Rice, Image, SUSAN, Backpropagation, Neurofuzzy

PENDAHULUAN

Pangan adalah salah satu hak azasi manusia dan sebagai komoditi strategis yang dilindungi oleh Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia tahun 1945 (TKPR, 2014:1). Salah satu bahan pangan yang diatur oleh pemerintah adalah beras. Kebijakan beras nasional dimulai pada masa

Repelita I. Kebijakan tersebut mencakup pemenuhan persediaan beras nasional (hutabarat, 1974:43). Spesifikasi standar kualitas didasarkan pada penilaian terhadap kesukaan maupun produk akhir yang diinginkan oleh konsumen. Komponen kualitas beras meliputi butir patah, derajat sosoh, butir menir, beras dan butir kuning (BSN, 1993).

Faktor bentuk, butir beras diuji menggunakan ayakan menir dengan memisahkan butir patah, dan menir dari butir utuh. Butir patah mempunyai ukuran lebih besar dari 25% sampai dengan lebih kecil dari 75% butir utuh. Butir menir mempunyai ukuran lebih kecil dari 25% bagian butir utuh. Faktor tekstur diuji melalui pengamatan langsung menggunakan mata, untuk membedakan butir normal dengan butir yang berwarna kuning atau kuning kecoklatan. Pengujian derajat sosoh dapat ditentukan melalui analisa reaksi kimia dalam menentukan sebaran lapisan katul (aleurone) dan lembaga yang tertinggal (BSN, 2015).

Permukaan beras merupakan salah satu objek yang dapat diidentifikasi melalui pengolahan citra digital. Menurut Munir (2002:2), Suatu citra disimpan dalam bentuk piksel untuk dapat diolah komputer. Piksel merupakan kisi kisi persegi yang berisi fungsi kontinu dari kecerahan & informasi warna citra (Gonzales, 2002:425). Setiap piksel menyimpan 256 tingkat kecerahan dari gelap ke terang (Mcandraw, 2004). Pengolahan piksel mampu mengeksekusi *foreground* melalui operasi *thresholding* dengan bentuk kernel tertentu (Thyssen, 2010). Operasi tersebut dapat menentukan segmentasi wilayah objek *blob detection* (Kirillov, 2006) dan memisahkan citra beras tiap butir.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Adnan, Suhartini, dan Bram Kusbiantoro (2013). memanfaatkan metode *neural network* untuk mengenali tiga parameter *output* berupa varietas beras Basmati, Inpari 1, dan Sintanur. Pengujian yang dilakukan menggunakan tekstur citra untuk mengenali varietas beras. Penelitian tekstur juga dilakukan oleh Agus Supriatna Somantri, Emmy Darmawati, dan I wayan Astika, dalam penelitiannya hanya dapat membedakan kualitas beras berdasarkan derajat sosoh yang digunakan. Metode pembelajaran yang digunakan adalah *backpropagation*, dengan *Learning rate* 0,3 dan *logistic Const* 0,5. Sedangkan penggunaan *SUSAN detection* dilakukan oleh Jie Chen, dkk (2009) yang membandingkan hasil ekstraksi dari *SUSAN* dengan algoritma deteksi tepi *HARIS*.

Berdasarkan masalah tersebut serta hasil yang dicapai pada penelitian terdahulu, pengujian ini dapat dirumuskan permasalahan bagaimana model

pengujian dari pengenalan komponen mutu beras?, serta berapa besar keberhasilan model dalam identifikasi komponen mutu beras?

Batasan Masalah

Cakupan penelitian ini dibatasi antara lain:

1. Teknik pemilahan komponen kualitas mengacu pada teknik pengujian mutu SNI Stadar Nasional Beras giling No : 6128-2015.
2. Pengujian menggunakan beras konsumsi atau beras sosoh sesuai pengertian beras menurut kementan tahun 2005.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam pendeteksian kualitas berdasarkan bentuk dan tekstur beras menggunakan 2 macam pengujian, yakni :

1. Pengujian panjang butir, berdasarkan analisa panjang antar koordinat piksel sudut tepi citra yang terdeteksi oleh *SUSAN Detection*
2. Pengujian tekstur butir, berdasarkan derajat keabuan parameter statistika dalam membentuk Model ANFIS.

Pengamatan menggunakan meja yang diatur untuk dapat ditempatkan Kamera Logitech C525 dan menangkap gambar diatas alas penampang. Integrasi dengan sistem komputasi pengolahan citra digital dilakukan agar data dapat diolah dan dikendalikan secara *real time*.

Standar Kualitas Mutu Beras Giling

Spesifikasi Mutu Beras Giling sesuai standar SNI: 6128-2008 ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mutu Beras Giling, SNI: 6128-2008

Komponen Mutu	Satuan	Mutu	Mutu	Mutu	Mutu	Mutu
		1	2	3	4	5
Derajat Sosoh	%min	100	100	95	95	85
Kadar air	%mak	14	14	14	14	15
Beras kepala	%min	95	89	78	73	60
butir Patah	%mak	5	10	20	25	35
butir menir	%mak	0	1	2	2	5
Butir merah	%mak	0	1	1	3	3
Butir kuning	%mak	0	1	1	3	5
Butir mengapur	%mak	0	1	1	3	5
Benda Asing	%mak	0	0,02	0,02	0,05	0,2
Butir Gabah	btr/100g	0	1	1	2	3

Teknik Sampling

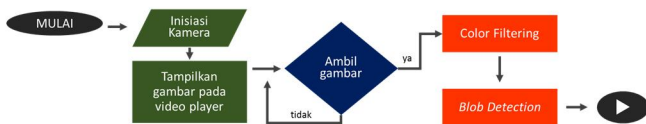
Sampel pengujian menggunakan sebanyak 4 jenis sampel pengujian. Sampel berderajat sosoh

100% menggunakan beras sosoh merah magelang (sampel A) dan beras Inpari atau IR64 (sampel B). Sampel berderajat sosoh 100% digunakan dalam 2 pengujian dengan ketentuan,

- 100 gram beras dipilah antara butir utuh, butir patah, dan butir menir.
- 100 gram beras dipilah antara butir normal dengan butir kuning atau rusak.

Sampel C merupakan sampel berderajat sosoh 85%, dan sampel D memiliki derajat sosoh 95%. Sampel C dan D menggunakan masing masing sebanyak 100 gram yang dipilah antara butir normal dengan butir kuning atau rusak.

Validasi data dilakukan dengan bimbingan Ibu Ir. Ekosari Roektingroem, M.P. Pengampu Magister Pertanian. Validasi dilakukan mulai dari tanggal 16 September 2016 – 20 Oktober 2016. Hasil pemisahan ditempatkan dalam plastik bersama bahan silica dan diberi label.



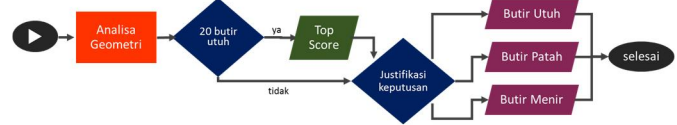
Gambar 1. Alur Teknik Sampling

Berdasarkan alur pada Gambar 1, Sampel butir beras diletakkan diatas kain fanel dengan cara disebar, tidak menumpuk dan tidak berhimpit. Sampel kemudian dilakukan pemindaian dengan terlebih dahulu melakukan inisiasi kamera pada program yang dijalankan. Video player yang berhasil ditampilkan dalam bentuk *realtime*, dilakukan filtrasi warna dalam memisahkan warna *background* terhadap warna butir beras. Citra tiap butir beras dipisahkan dengan menggunakan skema *blob detection*. Hasil citra tiap butir beras digunakan dalam prosedur pengujian.

Prosedur Pengujian panjang butir

Setiap butir beras ditentukan daerah USAN yang merupakan wilayah K-kernel yang memiliki kesamaan kecerahan dengan pusatnya (Smith, 1995). Metode *Smallest Univalued Assimilating Nucleus* (SUSAN) menentukan wilayah USAN yang memiliki sebaran terkecil kesamaan warna dengan titik pusatnya untuk dijadikan sebagai titik sudut dari suatu tepi citra. Jarak antar titik sudut dijadikan sebagai ansumsi panjang tiap butir beras.

Penentuan komponen butir patah, utuh, atau menir berdasarkan rata rata 20 butir terpanjang. Sesuai ansumsi yang digunakan oleh SNI:2008. Alur pengujian sesuai Gambar 2.



Gambar 2. Alur pengujian panjang butir

Akurasi keberhasilan pengujian sesuai dengan rumusan (1) dan (2),

$$\text{Tingkat keakuratan} = \frac{\text{Jumlah data yang benar}}{\text{Jumlah data keseluruhan}} \quad (1)$$

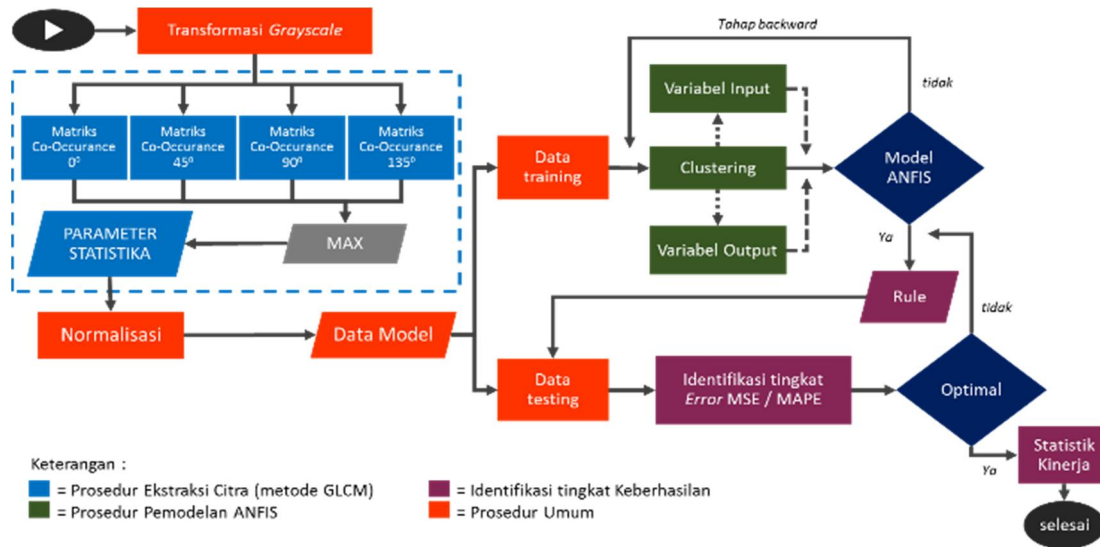
$$\text{Error} = 100\% - \text{tingkat keakuratan} \quad (2)$$

Prosedur Pengujian Tekstur Butir

Pengujian tesktur butir diawali dengan melakukan transformasi warna RGB ke pola grayscale untuk mendapatkan nilai level keabuan pada proses GLCM. Pada proses tersebut, matriks co-occurance 0° , 45° , 90° , 135° dibentuk dari pola rentang keabuan yang dihasilkan. Matriks co-occurance digunakan untuk ekstraksi citra tekstur butir dalam menentukan parameter statitika.

Ekstraksi informasi berupa parameter statistik pada tiap kisi piksel citra dapat digunakan untuk identifikasi tekstur beras. Sampel data kemudian dilakukan normalisasi data dan dibagi menjadi data *training*, dan *testing*. Data *training* merupakan data yang digunakan dalam membangun model pengujian, sedangkan data *testing* digunakan untuk pengujian keberhasilan.

Metode *fuzzy* digunakan pada penelitian karena mampu menangani ketidakjelasan, ketidakpastian dari variabel yang digunakan (Aly, 2005:69-79). Model *neural network* digunakan dalam penelitian, karena dapat digunakan untuk klasifikasi, pendekatan fungsi, optimisasi, dan clustering data (Lin, 1996: 203). Proses ANFIS terlebih dahulu dilakukan pengelompokkan menggunakan *fuzzy c-mean clustering*. Hasil dari pengelompokkan tersebut kemudian dilakukan pembelajaran *neural network* pada sistem inferensi *fuzzy*. Alur pengujian tekstur digambarkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Alur pengujian tekstur butir

Model pembelajaran yang digunakan untuk mengukur keberhasilan terbaik, berdasarkan statistik kinerja yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ukuran Statistik Kinerja penentuan tekstur butir

Test Butir		Diagnosa		Total
Kuning	Sosoh	Present	Absent	
Rusak	100%	T1P	F1P	T1P + F1P
Rusak	95%	T2P	F2P	T2P + F2P
Rusak	90%	T3P	F3P	T3P + F3P
Rusak	80%	T4P	F4P	T4P + F4P
Normal	100%	F1N	T1N	F1N + T1N
Normal	95%	F2N	T2N	F2N + T2N
Normal	90%	F3N	T3N	F3N + T3N
Normal	80%	F4N	T4N	F4N + T4N
Total		T*P + F*N	F*P + T*N	

Hasil pembelajaran dapat memberikan hasil klasifikasi yang tidak tepat. Tingkat ketepatan hasil klasifikasi dihitung berdasarkan statistik kinerja menggunakan *sensitivitas*, *spesifisitas*, dan akurasi.

Sensitivitas merupakan kemampuan tes untuk mengidentifikasi hasil data sasaran yang tepat dapat diterima (Wong & Lim, 2011: 316). Rumusan (3) sensitivitas (Sharma & Mukharje, 2014: 22),

$$Sensitivitas = TP / (TP + FN) \times 100\% \quad (3)$$

Spesifisitas adalah kemampuan tes untuk mengidentifikasi hasil data sasaran yang tepat tidak dapat diterima (Wong & Lim, 2011: 316). Rumusan (4) spesifisitas (Sharma & Mukharje, 2014: 22)

$$Spesifitas = TN / (TN + FP) \times 100\% \quad (4)$$

Akurasi adalah kemampuan tes dalam melakukan klasifikasi secara tepat terhadap

keseluruhan data hasil identifikasi. Rumus (5) akurasi (Sharma & Mukharje, 2014: 22).

$$Akurasi = \frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FP + FN)} \cdot 100\% \quad (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel beras sebanyak 1 buah sampel kode beras A, 7 buah sampel kode beras B, 1 buah sampel kode beras C, dan 1 sampel kode beras D.

Data Pengujian Mutu Beras

Hasil validasi sampel beras skala laboratorium didapatkan hasil mutu beras giling seperti ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Mutu Beras giling

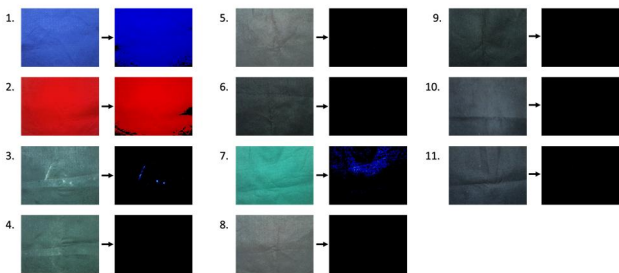
Kode Sampel	Panjang butir (%)			B. Kuning (%)		Derajat Sosoh
	Utuh	Patah	Menir	Normal	Rusak	
A	26	63	10	99	1	100%
B1	74	24	2	99	1	100%
B2	63	36	1	98	2	100%
B3	45	42	13	98	2	100%
B4	49	23	23	97	3	100%
B5	60	38	2	90	10	100%
B6	55	40	5	95	5	100%
B7	82	17	1	100	0	100%
C	-	-	-	-	-	85%
D1	-	-	-	80	20	95%
D2	-	-	-	87	13	95%

Hasil pengujian mutu menunjukkan bahwa terdapat variasi prosentase terhadap pengujian panjang dan tekstur butir beras. Berdasarkan prasyarat pada Tabel 1, spesifikasi mutu beras giling, menunjukkan sampel B7 masuk dalam kategori mutu III, B1 kategori mutu IV, dan B2 kategori mutu V, sedangkan sampel lain tidak

dikategorikan. Besarnya nilai tersebut disebabkan penyimpanan yang terlalu lama tanpa pemberian silica sebagai pengawet, dan penerapan pengujian yang lebih ketat terhadap faktor mutu butir beras. Sampel pengujian menggunakan sampel A sebagai pengecualian, B7, B1, B2, C, D1, dan D2.

Kalibrasi Rentang Warna

Rentang filtrasi kain fanel hasil kalibrasi ditunjukkan oleh gambar 4. Kain fanel berwarna biru, coklat, merah, dan hijau tidak dapat digunakan sebagai media pengamatan dikarenakan pengambilan citra mendapatkan titik cahaya yang memiliki warna biru yang lebih tinggi.



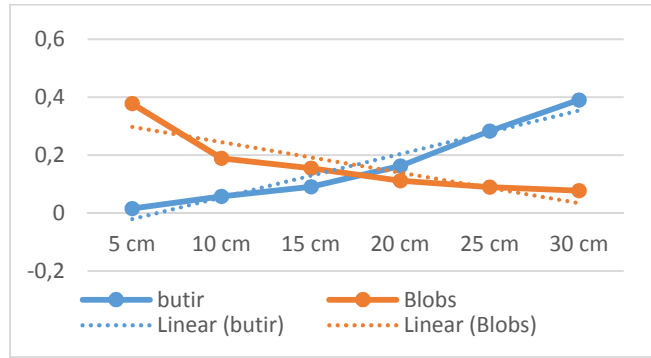
Gambar 4. Hasil Filtrasi dengan Rentang Warna yang Ditentukan

Lebar rentang menggunakan rentang kain fanel hitam dengan filtrasi merah pada rentang 0 sampai 91, warna hijau pada rentang 0 sampai 107, dan warna biru pada rentang 0 sampai 107.

Kalibrasi Jarak Pengamatan

Jarak pengamatan diukur berdasarkan ketinggian kamera terhadap objek. Kalibrasi diperlukan dalam menentukan jarak pengamatan yang dapat mendeteksi data lebih dari 100 butir beras dengan ukuran piksel minimal blob 5 piksel.

Pada jarak pengamatan 15 cm, panjang butir utuh memiliki maksimal panjang citra 32 piksel, lebar 36 piksel, dan luas area sebesar 10,67 x 8 cm. sehingga jumlah butir yang mampu ditempatkan dalam meja pengamatan sebesar 252 butir. Luas citra butir utuh lebih besar dari 96 piksel pada jarak pengamatan dibawah 25 cm. Apabila dalam pengamatan membutuhkan piksel pengamatan butir kuning minimal 3 x 3 piksel atau 9 piksel, maka kalibrasi pengujian ukuran butir utuh menggunakan jarak maksimal pengamatan 20 cm. Berdasarkan kedua ansumsi, kamera mampu menangkap objek terbaik pada rentang jarak pngamatan antara 15 sampai 20 cm sesuai gambar 5.



Gambar 5. Data Jarak Pengamatan

Perpotongan grafik fungsi menunjukkan jarak pengamatan terbaik yang digunakan dalam pengujian. Berdasarkan persamaan (6) fungsi regresi,

$$Y = a + bX \tag{6}$$

didapatkan fungsi regresi pada pola hubungan x dan y sebagai berikut,

1. Fungsi regresi pada pola hubungan x dan y₁

$$a = \frac{(1 * 2275) - (105 * 24,0615)}{6(2275) - (105 * 105)} = \frac{2275 - 2526,46}{13650 - 11025} = \frac{-251,456}{2625} = -0,09579$$

$$b = \frac{6(24,0615) - (105 * 1)}{6(2275) - (105 * 105)} = \frac{144,369 - 105}{13650 - 11025} = \frac{39,369}{2625} = 0,014998$$

maka regresi linear antara x dengan y₁ memenuhi persamaan 7,

$$y_1 = -0,09579 + 0,014998 X \tag{7}$$

2. Fungsi regresi pada pola hubungan x dan y₂

$$a = \frac{(1 * 2275) - (105 * 12,897)}{6(2275) - (105 * 105)} = \frac{2275 - 1354,185}{13650 - 11025} = \frac{920,815}{2625} = 0,350786$$

$$b = \frac{6(12,897) - (105 * 1)}{6(2275) - (105 * 105)} = \frac{77,382 - 105}{13650 - 11025} = \frac{-27,618}{2625} = -0,01052114$$

maka regresi linear antara x dengan y₂ memenuhi persamaan 8,

$$y_2 = 0,350786 - 0,01052114X \tag{8}$$

Perpotongan grafik fungsi merupakan nilai y₁ = y₂, yang menunjukkan jarak pengamatan (X) sebesar 17,49974529 atau sekitar 18 cm. Pada jarak tersebut, 18 cm, maksimal blobs (y₂) yang digunakan sesuai dengan persamaan 9.

$$z = -0,0085836 x + 0,28326$$

$$z = -0,0085836 (18) + 0,28326$$

$$z = -0,1545040 + 0,28326$$

$$z = 0,1287552 \tag{9}$$

Maksimal blobs sebesar $z = 0,1287552$ atau sebesar $0,1287552 * 233 = 29,9999616 = 30$ piksel.

Rancangan Sistem GUI Ekstraksi Sampel

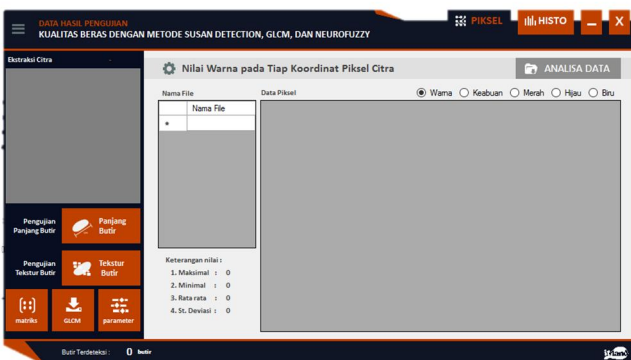
Aplikasi yang digunakan dalam pengujian merupakan pemrograman berbasis objek yang dibentuk menggunakan Microsoft Visual Studio serta library aforge dan accord. Sedangkan tampilan GUI dari aplikasi Matlab merupakan program “anfis editor” yang telah tersedia di matlab versi R2015b.

Tampilan menu utama sebagai deteksi video dapat dipergunakan sebagai dalam pengambilan data *blob detection* seperti pada Gambar 6.



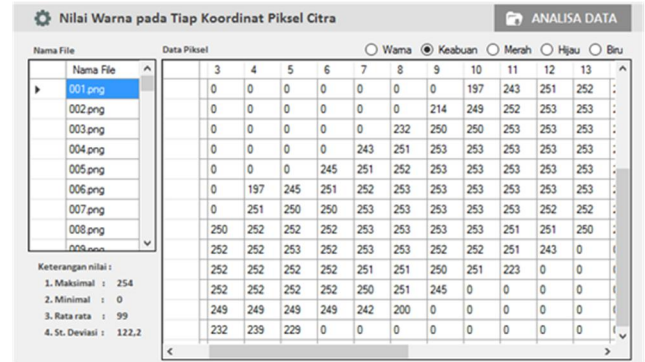
Gambar 6. GUI Form Deteksi Video

Citra *blob detetction* yang dihasilkan dalam pengambilan gambar, disimpan dalam *local disc* untuk mempermudah akses bagi algoritma perhitungan. Analisa data ditampilkan dalam tabel numerik seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



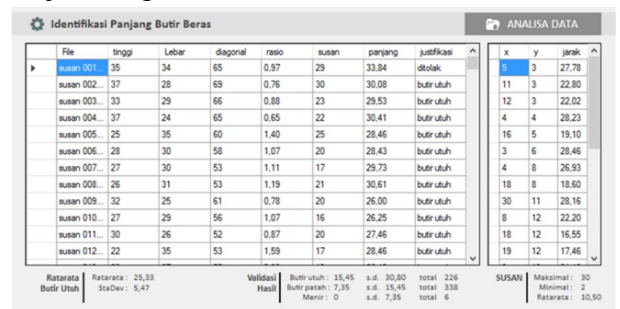
Gambar 7. GUI Form Tabel Pengujian

Form tabel melekatkan *user control* sebagai tampilan utama penyajian data tabel. *user control* piksel citra ditunjukkan seperti pada Gambar 8.



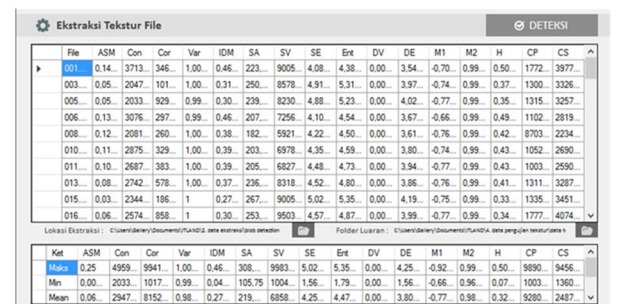
Gambar 8. GUI piksel citra

User control identifikasi panjang butir beras ditunjukkan pada Gambar 9.



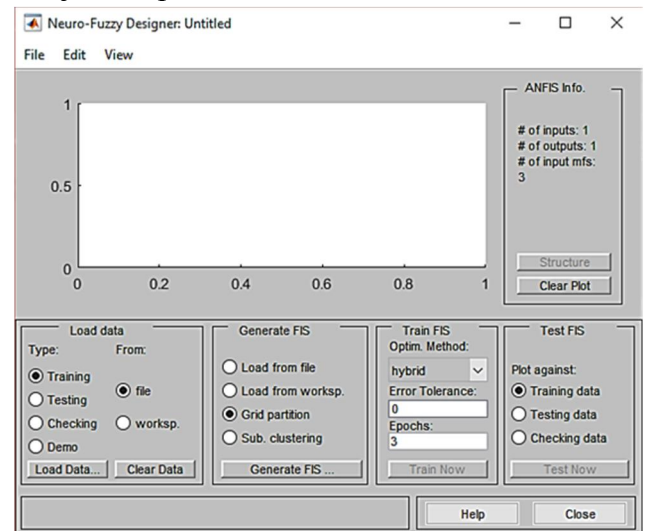
Gambar 9. GUI Identifikasi Panjang Butir Beras

User control ekstraksi parameter tekstur butir beras ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. GUI Ekstraksi Parameter Tekstur

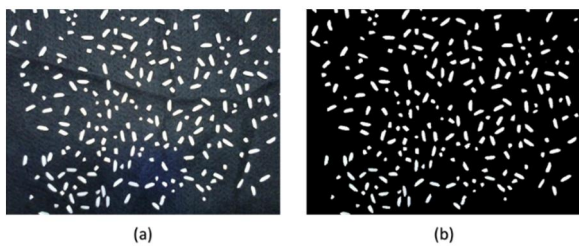
GUI ANFIS pada aplikasi Matlab ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. GUI ANFIS Matlab

Sampel Citra Blob Detection

Pengambilan citra sampel menggunakan sebanyak 10 - 30 gram butir beras atau sekitar 100 sampai 300 butir beras. Gambar 12 menunjukkan capture video yang dilakukan pada sampel B2.



Gambar 12. Capture video sampel beras B2
(a) Citra Asli (b) Thresholding

Data Sampel *Blob Detection* menunjukkan Citra sampel sesuai dengan Tabel 4.

Tabel 4. Data Citra Sampel *Blob Detection*

No	Citra	Validasi	No	Citra	Validasi
1		Utuh	134		Utuh
2		Utuh	135		Patah
3		Utuh	136		Patah
4		Utuh	137		Patah
5		Utuh	138		Patah
6		Utuh	139		Utuh
7		Utuh	140		Utuh
8		Utuh	141		Patah
9		Utuh	142		Patah
10		Utuh	143		Patah
11		Utuh	144		Utuh
12		Utuh	145		Patah
13		Utuh	146		Patah
...
...

Sampel B2 menghasilkan sampel ekstraksi citra sebesar 229 sampel, dengan jumlah butir utuh sebanyak 139 butir, butir patah sebanyak 86 butir, dan minor sebanyak 4 butir.

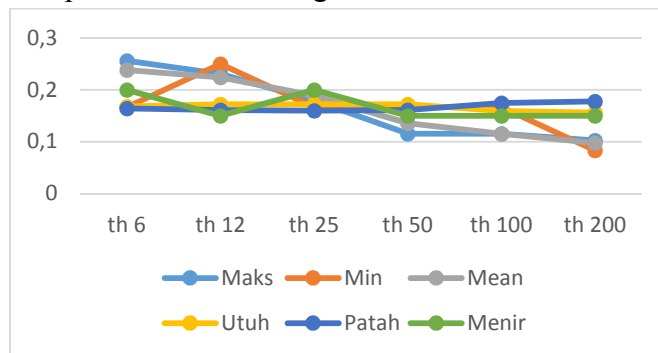
Tabel 5. Citra SUSAN Pada Sampel 073.png

Nilai	6	12	25	50	100	200
Citra						
Validasi	Utuh	Utuh	Utuh	Utuh	Utuh	Patah
Jumlah SUSAN	12	9	10	4	5	2
Koordinat dari titik pusat	(17, 18)	(5, 4)	(16, 20)	(16, 20)	(16, 20)	(10, 3)
Panjang	18,44	18,87	20	20	20	18

Analisa Pengujian Panjang Butir

Pengujian panjang butir dipengaruhi oleh wilayah USAN dengan *circular mask* sebesar 7 x 7 piksel *point*. Tiap citra dilakukan penambahan piksel kosong sebesar 3 piksel di bagian atas, bawah, kiri dan kanan citra persegi. Penambahan tersebut dimaksudkan guna memberikan daya jangkau pada area tepi yang terpotong akibat ekstraksi *blob detection*. Nilai piksel yang ditambahkan adalah 0, sesuai dengan nilai piksel citra hasil *thresholding*.

Analisa *Thresholding* mempengaruhi jumlah titik yang terdeteksi. *geometrical thresholding* tidak dilakukan perubahan nilai atau diatur sebesar default 18 point. Pengubahan nilai *difference thresholding* pada sampel butir B2 didapat hasil sesuai dengan Gambar 13.



Gambar 13 Jumlah SUSAN Terhadap Nilai Thresholding

Nilai *thresholding* sebesar 6 sampai 50 beda kecerahan memiliki dominasi unggul nilai butir utuh, sedangkan pada *thresholding* sebesar 100 dan 200 menghasilkan butir patah lebih besar. Jarak antar SUSAN menjadi lebih kecil, dan rata-rata sampel menjadi lebih besar. Hal tersebut dapat dilihat pada citra 073.png sesuai Tabel 5.

Hasil pengamatan terbaik ditunjukkan pada kisaran 25 – 50 beda kecerahan. Pembentukan

$$0,6 + 0,0135 = 0,61 \quad (11)$$

Data hasil pengujian panjang butir ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Panjang Butir Beras Berdasarkan SUSAN Detection

Citra	Ukuran		Jumlah susan	Ukuran panjang	Justifikasi
	tinggi	lebar			
001.png	26	30	7	27,78	butir utuh
002.png	25	30	5	28,84	butir utuh
003.png	31	24	8	26,83	butir utuh
004.png	25	29	9	26,08	butir utuh
005.png	30	24	8	26,83	butir utuh
006.png	23	31	7	27,20	butir utuh
007.png	33	21	10	29,53	butir utuh
008.png	22	31	10	26,00	butir utuh
009.png	25	27	7	25,46	butir utuh
010.png	28	24	8	26,91	butir utuh
011.png	23	29	9	26,08	butir utuh
012.png	29	23	14	27,20	butir utuh
013.png	30	22	9	26,08	butir utuh
014.png	25	26	7	22,80	butir utuh
015.png	25	26	12	25,61	butir utuh
016.png	20	33	9	28,64	butir utuh
017.png	23	28	8	24,08	butir utuh
018.png	32	20	8	27,20	butir utuh
019.png	32	20	8	27,20	butir utuh
020.png	26	24	5	25,61	butir utuh
021.png	30	21	13	25,06	butir utuh
022.png	21	30	7	24,17	butir utuh
023.png	21	30	7	26,00	butir utuh
024.png	23	27	8	24,08	butir utuh
...
215.png	15	14	5	10,00	butir patah
216.png	15	14	5	8,49	butir patah
217.png	16	13	5	10,00	butir patah
218.png	13	16	4	10,77	butir patah
219.png	14	14	7	8,49	butir patah
220.png	15	13	7	8,25	butir patah
221.png	15	13	4	8,25	butir patah
222.png	15	13	5	10,00	butir patah
223.png	16	12	5	10,00	butir patah
224.png	13	14	4	7,21	menir
225.png	15	12	6	8,94	butir patah
226.png	13	13	5	7,21	menir
227.png	13	13	4	8,49	butir patah
228.png	12	13	5	7,21	menir
229.png	12	9	2	6,32	menir

Rata-rata panjang butir terdeteksi sebesar 25,32 piksel, dan standar deviasi sebesar 6,59 piksel. Rentang pada butir utuh yang dihasilkan yakni sebesar [15.44, 31.91] untuk butir utuh, [7.34, 15.44] untuk butir patah, dan [0, 7,34] untuk menir. Pada total 299 butir menghasilkan butir utuh sebanyak 137 butir, butir patah sebanyak 88 butir dan butir menir sebanyak 4 butir.

algoritma menggunakan nilai 25 beda kecerahan, hal tersebut dikarenakan kecermatan jumlah butir terdeteksi “menir” serta jumlah titik yang terdeteksi pada beda kecerahan 25 lebih besar dari beda kecerahan 50. Jumlah titik yang banyak diharapkan meningkatkan akurasi pendeteksian pada tepi.

Akurasi hasil dari pengamatan data sementara menunjukkan akurasi sebesar 88,93% atau error sebesar 11,07%. Algoritma masih dapat diperbaiki. Perbaikan yang dimaksud dengan memanipulasi standar SNI terhadap panjang baku yang ditetapkan sebagai butir utuh, butir patah, dan menir. Prasyarat perhitungan rata-rata dari 20 butir utuh tetap dijadikan sebagai patokan dasar dalam penentuan panjang butir.

Sebanyak 229 sampel B2 memiliki rata-rata panjang butir sebesar 25,32 dengan standar deviasi sebesar 6,59. Manipulasi pada sampel B2 menunjukkan tingkat butir utuh pada setiap penurunan batas butir patah, dan tingkat penurunan butir menir pada setiap penurunan batas penerimaan butir menir sesuai dengan Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Manipulasi Sampel B2 Batas Penentuan Panjang Butir

Uji	Batas dari butir utuh		Jumlah Butir		
	Patah	Menir	Utuh	Patah	Menir
kontrol	-	-	139	86	4
1	0,7	0,3	120	105	4
2	0,65	0,3	126	99	4
3	0,6	0,3	144	81	4
4	0,7	0,25	144	84	1
5	0,65	0,25	126	102	1
6	0,6	0,25	120	108	1

Pada uji ke 3 dan ke 4, jumlah butir patah mendekati jumlah butir kontrol yang dicapai. Pada uji ke 3, butir menir sesuai dengan jumlah butir kontrol, sedangkan butir patah berselisih 5 point. Sedangkan pada uji ke 4, butir menir berselisih 3 point, tetapi berselisih 2 point dari butir kontrol. Sehingga dapat diambil batas butir menir pada rentang nilai 0,28 - 0,3 dan patah rentang 0,65 – 0,6.

Standar panjang digunakan besaran 0,29 pada butir menir, sedangkan pada butir patah menggunakan nilai tengah dari [81, 99], sesuai dengan persamaan (10) Atau batas yang digunakan sebesar 0,61 sesuai persamaan (11).

$$Rentang = \frac{86-81}{99-81} = \frac{5}{18} = 0,27 \quad (10)$$

$$Batas = 0,6 + (0,65 - 0,6) * 0,27 =$$

Hasil dari pengujian pada sampel B2 setelah dilakukan perbaikan menunjukkan keberhasilan pengujian pada butir utuh sebesar 98,56% atau mengurangi tingkat erorr sebanyak 15,11%, sedangkan butir menir menghasilkan pengujian 100% atau mengurangi tingkat erorr sebanyak 16,67%. Akurasi keseluruhan pengujian dari akurasi pengujian semula sebesar 88,93% meningkat sebanyak 10,59% menjadi sebesar 99,52%.

Analisa Pengujian Tekstur Butir

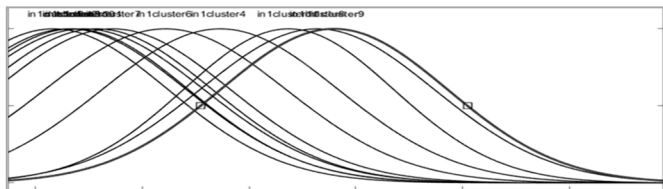
Data sampel yang digunakan dibagi kedalam 5 klasifikasi sebagai target *output* sesuai Tabel 8.

Tabel 8. Pembagian Data

Kelas Pengujian	Sampel	Data Testing	Data Training	Total Sampel
Kelas X1 Premium Baik	A	343	228	571
	B1	290	193	483
	B2	364	243	607
	B7	362	242	604
Kelas X2 Premium Buruk	A	68	45	113
	B1	120	81	201
	B2	63	41	104
Kelas X3 Medium Baik	D1	433	289	722
	D2	360	241	601
Kelas X4 Medium Buruk	D1	151	101	252
	D2	69	46	115
Kelas X5 Ekonomis	C	579	386	965
Jumlah		3202	2136	5338

Model ANFIS data *training* dilakukan pemecahan data sampel (*clustering*) sebagai pembentukan basis aturan antara lain,

a. ASM / Energy

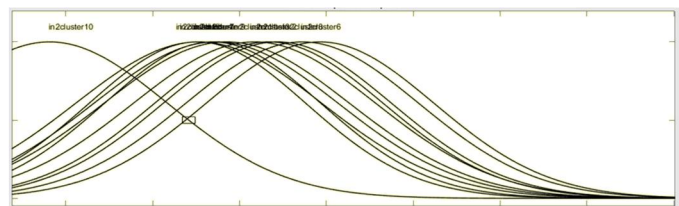


Parameter *ASM* (in1) memiliki rentang data [-1.259 4.881] dengan fungsi keanggotaan pada tiap klasifikasi sebagai berikut,

- Premium Baik, **in1cluster4** center 0.7302, varian sebesar 1.104. **in1cluster5** center -0.8319, varian sebesar 1.073. **in1cluster8** center 1.638, varian sebesar 1.096.

- Premium Buruk, **in1cluster7** center -0.277, varian sebesar 1.102. **in1cluster10** center -0.5469, varian sebesar 1.124.
- Medium Baik, **in1cluster2** center -0.6876, varian sebesar 1.1. **in1cluster9** center 1.796, varian sebesar 1.062.
- Medium Buruk, **in1cluster1** center -0.4297, varian sebesar 1.086. **in1cluster6** center 0.2177, varian sebesar 1.128.
- Ekonomis, **in1cluster3** center -0.646, varian sebesar 1.078. **in1cluster11** center 1.37, varian sebesar 0.9832.

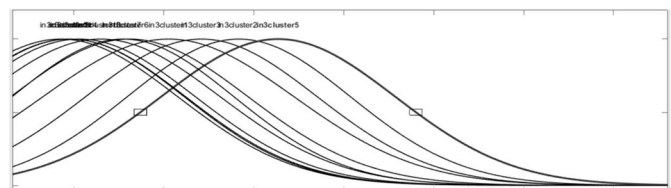
b. Contrast



Parameter *contrast* (in2) memiliki rentang data [-2.622 5.015] dengan fungsi keanggotaan dari tiap cluster sebagai berikut,

- Premium Baik, **in2cluster4** center -0.3098, varian sebesar 1.247. **in2cluster5** center -0.4701, varian sebesar 1.419. **in2cluster8** center 0.7213, varian sebesar 1.343.
- Premium Buruk, **in2cluster7** center -0.2709, varian sebesar 1.409. **in2cluster10** center -2.186, varian sebesar 1.36.
- Medium Baik, **in2cluster2** center 0.4353, varian sebesar 1.317. **in2cluster9** center -0.1485, varian sebesar 1.416.
- Medium Buruk, **in2cluster1** center -0.4848, varian sebesar 1.249. **in2cluster6** center 0.9266, varian sebesar 1.314.
- Ekonomis, **in2cluster3** center 0.3374, varian sebesar 1.318. **in2cluster11** center 0.19, varian sebesar 1.4.

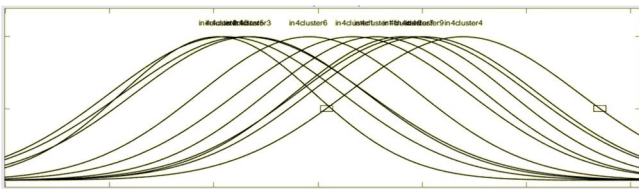
c. Correlation



Parameter *Correlation* (in3) memiliki rentang data [-1.684 5.604] dengan fungsi keanggotaan dari tiap cluster sebagai berikut,

- Premium Baik **in3cluster4** center -0.9404, varian sebesar 1.29. **in3cluster5** center 1.271 varian sebesar 1.301. **in3cluster8** center -1.048 varian sebesar 1.289.
- Premium Buruk, **in3cluster7** center -0.4546, varian sebesar 1.232. **in3cluster10** center -0.7028, varian sebesar 1.328.
- Medium Baik, **in3cluster2** center 0.8336, varian sebesar 1.24. **in3cluster9** center -1.144 varian sebesar 1.298.
- Medium Buruk, **in3cluster1** center 0.05126, varian sebesar 1.395. **in3cluster6** center -0.3832 varian sebesar 1.318.
- Ekonomis, **in3cluster3** center 0.4174, varian sebesar 1.287. **in3cluster11** center -1.046 varian sebesar 1.271.

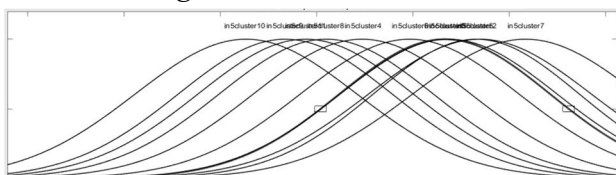
d. IDM



Parameter *IDM* (in4) memiliki rentang data [-3.012 3.101] dengan fungsi keanggotaan dari tiap cluster sebagai berikut,

- Premium Baik, **in4cluster4** center 1.393, varian sebesar 1.114. **in4cluster5** center -0.6988 varian sebesar 1.173. **in4cluster8** center -0.8075 varian sebesar 1.034.
- Premium Buruk, **in4cluster7** center 0.9175, varian sebesar 1.119. **in4cluster10** center -0.8855 varian sebesar 1.113.
- Medium Baik, **in4cluster2** center -0.963, varian sebesar 0.9254. **in4cluster9** center 1.013 varian sebesar 1.098.
- Medium Buruk, **in4cluster1** center 0.3355, varian sebesar 1.11. **in4cluster6** center -0.08719 varian sebesar 1.056.
- Ekonomis, **in4cluster3** center -0.6482, varian sebesar 1.112. **in4cluster11** center 0.5576 varian sebesar 1.047.

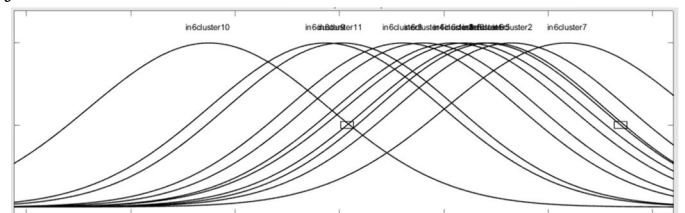
e. Sum Average



Parameter *sum average* (in5) memiliki rentang data [-4.214 2.128]. dengan fungsi keanggotaan dari tiap cluster sebagai berikut,

- Premium Baik, **in5cluster4** center -0.528, varian sebesar 1.129. **in5cluster5** center 0.6591, varian sebesar 1.07. **in5cluster8** center -0.9002, varian sebesar 1.113.
- Premium Buruk, **in5cluster7** center 1.17, varian sebesar 1.173. **in5cluster10** center -1.733, varian sebesar 1.152.
- Medium Baik, **in5cluster2** center 0.6968, varian sebesar 1.157. **in5cluster9** center -1.327, varian sebesar 1.111.
- Medium Buruk, **in5cluster1** center 0.331, varian sebesar 1.095. **in5cluster6** center -0.03354, varian sebesar 1.136.
- Ekonomis, **in5cluster3** center 0.3721, varian sebesar 1.126. **in5cluster11** center -1.114, varian sebesar 1.119.

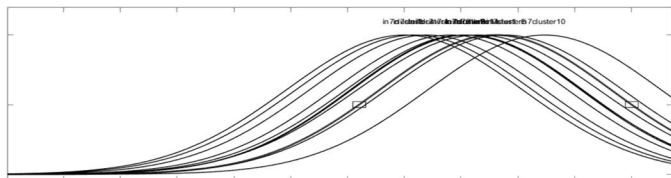
f. Sum Variance



Parameter *sum variance* (in6) memiliki rentang data [-4.12 2.201] dengan fungsi keanggotaan dari tiap cluster sebagai berikut,

- Premium Baik, **in6cluster4** center -0.1999, varian sebesar 1.112. **in6cluster5** center 0.4464, varian sebesar 1.087. **in6cluster8** center -0.3904, varian sebesar 1.11.
- Premium Buruk, **in6cluster7** center 1.18, varian sebesar 1.16. **in6cluster10** center -2.252, varian sebesar 1.146.
- Medium Baik, **in6cluster2** center 0.6488, varian sebesar 1.11. **in6cluster9** center -1.133, varian sebesar 1.119.
- Medium Buruk, **in6cluster1** center 0.3824, varian sebesar 1.112. **in6cluster6** center 0.2027, varian sebesar 1.145.
- Ekonomis, **in6cluster3** center 0.08639, varian sebesar 1.123. **in6cluster11** center -0.9783, varian sebesar 1.102.

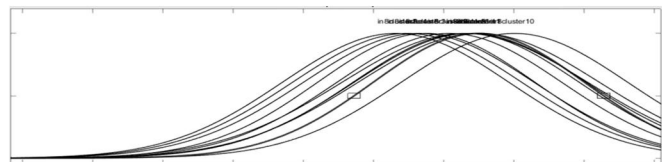
g. Sum Entropy



Parameter *sum entropy* (in7) memiliki rentang data [-7.992 3.724] dengan fungsi keanggotaan dari tiap cluster sebagai berikut,

- Premium Baik, ***in7cluster4*** center -0.6003, varian sebesar 2.07. ***in7cluster5*** center 0.7661, varian sebesar 2.08. ***in7cluster8*** center -0.9983, varian sebesar 2.079.
- Premium Buruk, ***in7cluster7*** center -0.8277, varian sebesar 2.082. ***in7cluster10*** center 1.468, varian sebesar 2.056.
- Medium Baik, ***in7cluster2*** center -0.1888, varian sebesar 2.064. ***in7cluster9*** center 0.07649, varian sebesar 2.029.
- Medium Buruk, ***in7cluster1*** center 0.6036, varian sebesar 2.038. ***in7cluster6*** center 0.04703, varian sebesar 2.077.
- Ekonomis, ***in7cluster3*** center 0.1084, varian sebesar 2.034. ***in7cluster11*** center 0.299, varian sebesar 2.127.

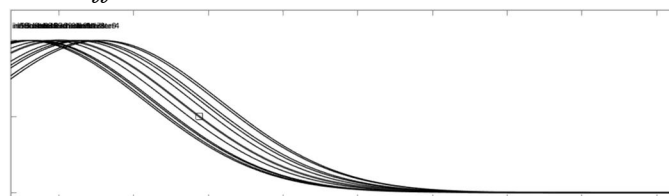
h. Entropy



Parameter *entropy* (in8) memiliki rentang data [-6.178 3.101] dengan fungsi keanggotaan dari tiap cluster sebagai berikut,

- Premium Baik, ***in8cluster4*** center -0.522, varian sebesar 1.638. ***in8cluster5*** center 0.3185, varian sebesar 1.617. ***in8cluster8*** center -0.3564, varian sebesar 1.647.
- Premium Buruk, ***in8cluster7*** center -0.6852, varian sebesar 1.619. ***in8cluster10*** center 1.008, varian sebesar 1.618.
- Medium Baik, ***in8cluster2*** center 0.3015, varian sebesar 1.755. ***in8cluster9*** center 0.08013, varian sebesar 1.606.
- Medium Buruk, ***in8cluster1*** center 0.5007, varian sebesar 1.51. ***in8cluster6*** center 0.376, varian sebesar 1.657.
- Ekonomis, ***in8cluster3*** center -0.2478, varian sebesar 1.553. ***in8cluster11*** center 0.4996 dan varian sebesar 1.724.

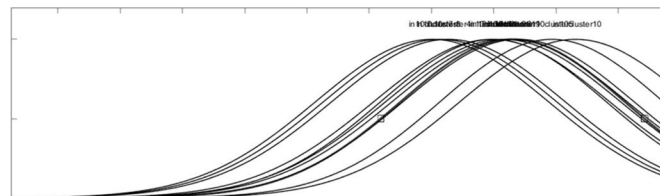
i. Difference Variance



Parameter *difference variance* (in9) memiliki rentang data [-1.293 16.63] dengan fungsi keanggotaan dari tiap cluster sebagai berikut,

- Premium Baik, ***in9cluster4*** center 1.137, varian sebesar 3.173. ***in9cluster5*** center -0.8958, varian sebesar 3.169. ***in9cluster8*** center -0.7176, varian sebesar 3.173.
- Premium Buruk, ***in9cluster7*** center 0.5995, varian sebesar 3.17. ***in9cluster10*** center -0.6223, varian sebesar 3.164.
- Medium Baik, ***in9cluster2*** center -0.855, varian sebesar 3.17. ***in9cluster9*** center 1.026, varian sebesar 3.187.
- Medium Buruk, ***in9cluster1*** center 0.02315, varian sebesar 3.17. ***in9cluster6*** center -0.2528, varian sebesar 3.167.
- Ekonomis, ***in9cluster3*** center -0.6948, varian sebesar 3.169. ***in9cluster11*** center 0.4197, varian sebesar 3.144.

j. Difference Entropy

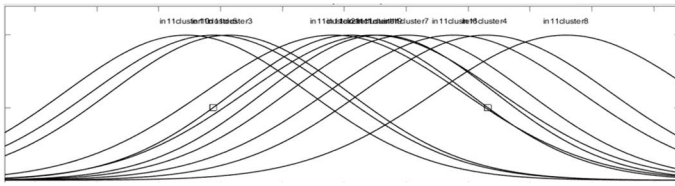


Parameter *difference entropy* (in10) memiliki rentang data [-7.753 2.809] dengan fungsi keanggotaan dari tiap cluster sebagai berikut,

- Premium Baik, ***in10cluster4*** center -0.7272, varian sebesar 1.875. ***in10cluster5*** center 0.9315, varian sebesar 1.79. ***in10cluster8*** center -0.8621, varian sebesar 1.872.
- Premium Buruk, ***in10cluster7*** center -0.991, varian sebesar 1.871. ***in10cluster10*** center 1.315, varian sebesar 1.858.
- Medium Baik, ***in10cluster2*** center 0.1507, varian sebesar 1.886. ***in10cluster9*** center 0.3988, varian sebesar 1.855.
- Medium Buruk, ***in10cluster1*** center 0.3043, varian sebesar 1.8. ***in10cluster6*** center 0.2557, varian sebesar 1.889.

- Ekonomis, ***in10cluster3*** center -0.004602, varian sebesar 1.81. ***in10cluster11*** center -0.033, varian sebesar 1.895.

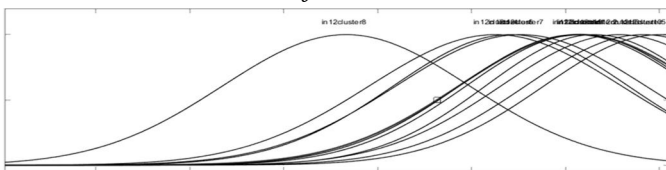
k. *First Measure Information*



Parameter *first measure information* (in11) memiliki rentang data [-2.745 2.715] dengan fungsi keanggotaan dari tiap *cluster* sebagai berikut,

- Premium Baik, ***in11cluster4*** center 1.145, varian sebesar 1.003. ***in11cluster5*** center -1.052, varian sebesar 0.9931. ***in11cluster8*** center 1.791, varian sebesar 1.052.
- Premium Buruk, ***in11cluster7*** center 0.51, varian sebesar 0.9652. ***in11cluster10*** center -1.276, varian sebesar 0.9834.
- Medium Baik, ***in11cluster2*** center -0.08847, varian sebesar 1.041. ***in11cluster9*** center 0.2829, varian sebesar 0.9296.
- Medium Buruk, ***in11cluster1*** center 0.04919, varian sebesar 0.9426. ***in11cluster6*** center 0.8844, varian sebesar 1.021.
- Ekonomis, ***in11cluster3*** center -0.9297, varian sebesar 0.9613. ***in11cluster11*** center 0.2285, varian sebesar 1.002.

l. *Second Measure Information*

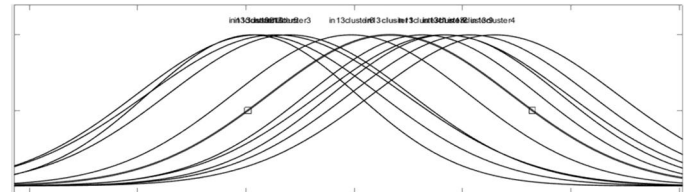


Parameter *second measure information* (in12) memiliki rentang data [-5.97 1.108] dengan fungsi keanggotaan dari tiap *cluster* sebagai berikut,

- Premium Baik, ***in12cluster4*** center -0.7458, varian sebesar 1.345. ***in12cluster5*** center 0.8293, varian sebesar 1.254. ***in12cluster8*** center -2.335, varian sebesar 1.317.
- Premium Buruk, ***in12cluster7*** center -0.4739, varian sebesar 1.331. ***in12cluster10*** center 1.005, varian sebesar 1.234.
- Medium Baik, ***in12cluster2*** center 0.308, varian sebesar 1.159. ***in12cluster9*** center 0.1611, varian sebesar 1.219.

- Medium Buruk, ***in12cluster1*** center 0.1544, varian sebesar 1.291. ***in12cluster6*** center -0.582, varian sebesar 1.251.
- Ekonomis, ***in12cluster3*** center 0.5732, varian sebesar 1.26. ***in12cluster11*** center 0.1089, varian sebesar 1.237.

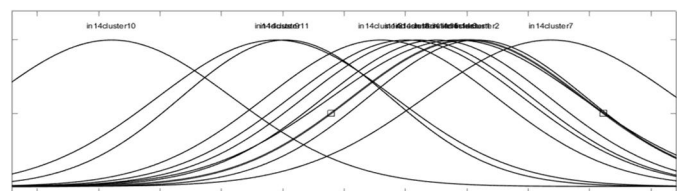
m. *Homogeneity*



Parameter *homogeneity* (in13) memiliki rentang data [-3.143 3.035] dengan fungsi keanggotaan dari tiap *cluster* sebagai berikut,

- Premium Baik, ***in13cluster4*** center 1.299, varian sebesar 1.132. ***in13cluster5*** center -0.7243, varian sebesar 1.191. ***in13cluster8*** center 0.8477, varian sebesar 1.057.
- Premium Buruk, ***in13cluster7*** center 0.8258, varian sebesar 1.14. ***in13cluster10*** center -0.889, varian sebesar 1.121.
- Medium Baik, ***in13cluster2*** center -0.9424, varian sebesar 0.9659. ***in13cluster9*** center 1.065, varian sebesar 1.111.
- Medium Buruk, ***in13cluster1*** center 0.3307, varian sebesar 1.116. ***in13cluster6*** center -0.030, varian sebesar 1.09.
- Ekonomis, ***in13cluster3*** center -0.6014, varian sebesar 1.121. ***in13cluster11*** center 0.6306, varian sebesar 1.068.

n. *Cluster Prominence*

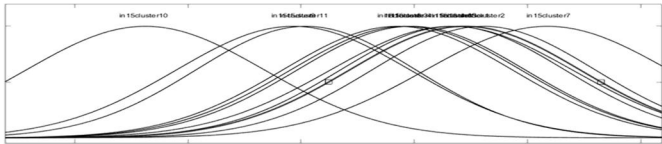


Parameter *cluster prominence* (in14) memiliki rentang data [-3.209 2.208] dengan fungsi keanggotaan dari tiap *cluster* sebagai berikut,

- Premium Baik, ***in14cluster4*** center 0.1012, varian sebesar 0.9291. ***in14cluster5*** center 0.2533, varian sebesar 0.9211. ***in14cluster8*** center 0.00829, varian sebesar 0.9492.
- Premium Buruk, ***in14cluster7*** center 1.184, varian sebesar 1.026. ***in14cluster10*** center -2.40, varian sebesar 0.987.

- Medium Baik, **in14cluster2** center 0.5829, varian sebesar 0.8919. **in14cluster9** center -1.06, varian sebesar 0.9687.
- Medium Buruk, **in14cluster1** center 0.5023, varian sebesar 0.9425. **in14cluster6** center 0.4123, varian sebesar 1.022.
- Ekonomis, **in14cluster3** center -0.1999, varian sebesar 0.9426. **in14cluster11** center -0.9778, varian sebesar 0.8558.

o. Cluster Shade



Parameter *cluster shade* (in14) memiliki rentang data [-3.615 2.189] dengan fungsi keanggotaan dari tiap *cluster* sebagai berikut,

- Premium Baik, **in15cluster4** center -0.02658, varian sebesar 1.01. **in15cluster5** center 0.3386, varian sebesar 0.995. **in15cluster8** center -0.148, varian sebesar 1.018.
- Premium Buruk, **in15cluster7** center 1.175, varian sebesar 1.078. **in15cluster10** center -2.38, varian sebesar 1.056.
- Medium Baik, **in15cluster2** center 0.6125, varian sebesar 0.99. **in15cluster9** center -1.069, varian sebesar 1.036.
- Medium Buruk, **in15cluster1** center 0.4461, varian sebesar 1.022. **in15cluster6** center 0.328, varian sebesar 1.072.
- Ekonomis, **in15cluster3** center -0.07552, varian sebesar 1.02. **in15cluster11** center -0.9578, varian sebesar 0.9756.

Pembentukan Model ANFIS

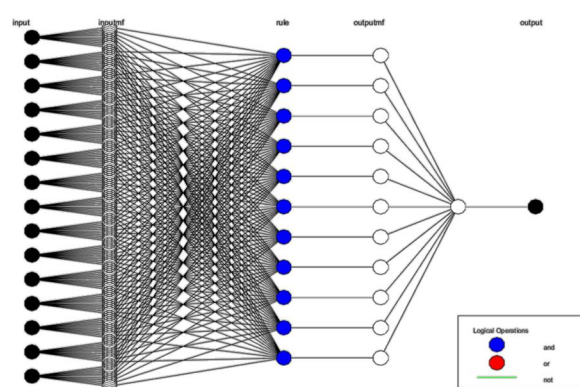
Setiap *cluster* data membentuk basis aturan pada sistem inferensi fuzzy sebagai berikut :

Rule 1 : IF input1 is in1cluster1 AND input2 is in2cluster1 AND input3 is in3cluster1 AND input4 is in4cluster1 AND input5 is in5cluster1 AND input6 is in6cluster1 AND input7 is in7cluster1 AND input8 is in8cluster1 AND input9 is in9cluster1 AND input10 is in10cluster1 AND input11 is in11cluster1 AND input12 is in12cluster1 AND input13 is in13cluster1 AND input14 is in14cluster1 AND input15 is in15cluster1 THEN output1 is out1cluster1.

Rule 2 : IF input1 is in1cluster2 AND input2 is in2cluster2 AND input3 is in3cluster2 AND input4 is in4cluster2 AND input5 is in5cluster2 AND input6 is in6cluster2 AND input7 is in7cluster2 AND input8 is in8cluster2 AND input9 is in9cluster2 AND input10 is in10cluster2 AND input11 is in11cluster2 AND input12 is in12cluster2 AND input13 is in13cluster2 AND input14 is in14cluster2 AND input15 is in15cluster2 THEN output1 is out1cluster2.

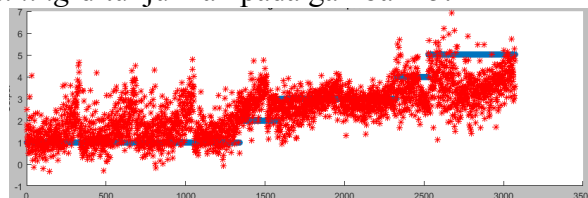
Rule 11 : IF input1 is in1cluster11 AND input2 is in2cluster11 AND input3 is in3cluster11 AND input4 is in4cluster11 AND input5 is in5cluster11 AND input6 is in6cluster11 AND input7 is in7cluster11 AND input8 is in8cluster11 AND input9 is in9cluster11 AND input10 is in10cluster11 AND input11 is in11cluster11 AND input12 is in12cluster11 AND input13 is in13cluster11 AND input14 is in14cluster11 AND input15 is in15cluster11 THEN output1 is out1cluster11.

Arsitektur jaringan ANFIS menggunakan 15 input parameter statistik, 176 jaringan linear, dan 330 jaringan nonlinear. Pada arsitektur ini terdapat 11 basis aturan dan 11 *output* fungsi keanggotaan, dan satu luaran. Aristektur ANFIS ditunjukkan pada Gambar 14.



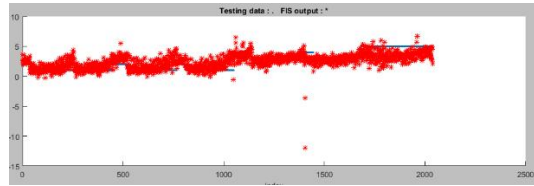
Gambar 14. Arsitektur Jaringan ANFIS

Pengujian model ANFIS terhadap data training dengan iterasi sebesar 100 dan pola pembelajaran *backpropagation* menghasilkan nilai *error* RMSE sebesar 1,063. Sebaran plot data *training* ditunjukkan pada gambar 15.



Gambar 15. Plot data *training* Model ANFIS

Pengujian model ANFIS pada data *testing* menghasilkan nilai *error* RMSE sebesar 1.1584 yang ditunjukkan sesuai plot data pada Gambar 16.



Gambar 16. Plot data *testing* Model ANFIS

Prosentase keberhasilan pengujian data sampel ditunjukkan pada tabel 9.

Tabel 9. Tabel hasil Pengujian Tekstur Butir

	Klasifikasi	Prosentase Keberhasilan	
		Data Training	Data Testing
1	Premium Baik	51,567164 %	50,055741 %
2	Premium Buruk	28,691983 %	24,836601 %
3	Medium Baik	67,112300 %	61,800000 %
4	Medium Buruk	28,217822 %	27,131783 %
5	Ekonomis	13,761468 %	10,584959 %
Keseluruhan		45,345052 %	42,639843 %

Keberhasilan model ANFIS dalam mengenali tekstur butir tertinggi dicapai Medium Baik dengan prosentase sebesar 67,112 % pada data *training*, dan 61,8 % pada data *testing*, sedangkan prosentase keberhasilan terburuk dicapai oleh klasifikasi ekonomis dengan prosentase sebesar 13,762 % pada data *training*, dan 10,585 % pada data *testing*. Keberhasilan pengujian pada seluruh data sampel sebesar 45,345 % pada data *training*, dan 42,640 % pada data *testing*.

Pembahasan

Keberhasilan pengujian panjang butir tepat mendeteksi bentuk beras sebesar 94.22 % dari keseluruhan sampel sesuai dengan Tabel 11.

Tabel 10. Hasil Pengujian Citra Bentuk Butir Beras

Sampel	Jumlah Butir Validasi					Keberhasilan		
	tolak	Utuh	Patah	Menir	Total	Salah	Benar	(%)
A normal	17	198	350	6	554	41	513	92,60
B1 normal	1	227	376	3	606	34	572	94,40
B2 normal	6	228	366	4	598	29	569	95,15
B7 normal	5	380	92	6	478	26	452	94,56
D1 normal	51	161	498	12	671	51	620	92,40
D2 normal	16	338	243	3	584	30	554	94,86
C	62	284	547	72	903	40	863	95,57
Jumlah	158	1816	2472	106	4394	251	4143	-
Rata-rata	23	259	353	15	628	36	592	94,22

Keberhasilan pengujian tekstur butir dapat ditunjukkan berdasarkan statistik kinerja data *training* dan data *testing*.

Pada data *training* menggunakan sebanyak 3072 data pengujian, jumlah butir beras yang tepat terdeteksi sebagai bukan kelas Premium Baik sebanyak 702 dari 1732 sampel. Jumlah butir yang tepat dideteksi sebagai Premium Baik sebanyak 691 sampel. Statistik kinerja sebagai berikut,

- $Sensitivitas = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% = \frac{702}{702+649} \times 100\% = 51,962\%$
- $Spesifitas = \frac{TN}{TN+FP} \times 100\% = \frac{691}{691+1030} \times 100\% = 40,151\%$
- $Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% = \frac{1393}{3072} \times 100\% = 45,345\%$

Tingkat sensitivitas sebesar 51,962 % artinya butir beras bukan premium baik memiliki peluang sebesar 0,51962 dinyatakan bukan jenis premium baik. Spesifisitas data sebesar 40,151 %, artinya butir beras premium baik memiliki peluang sebesar 0,40151 dinyatakan jenis premium baik. Akurasi sebesar 45,345 % dalam mendeteksi butir premium baik dan bukan premium baik.

Pada data *testing* menggunakan sebanyak 2038 data, jumlah butir yang tepat dideteksi sebagai bukan kelas Premium Baik sebanyak 420 dari 1141 sampel. Butir beras yang tepat dideteksi sebagai kelas Premium Baik sebanyak 449 sampel. Statistik kinerja sebagai berikut,

- $Sensitivitas = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% = \frac{420}{420+448} \times 100\% = 48,387\%$
- $Spesifitas = \frac{TN}{TN+FP} \times 100\% = \frac{449}{449+721} \times 100\% = 38,376\%$
- $Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% = \frac{420+449}{2038} \times 100\% = 42,640\%$

Tingkat sensitivitas sebesar 48,387 % artinya butir beras bukan premium baik memiliki peluang sebesar 0,48387 dinyatakan bukan jenis premium baik. Spesifisitas data sebesar 38,376 %, artinya butir beras premium baik memiliki peluang sebesar 0,38376 dinyatakan jenis premium baik. Akurasi sebesar 42,640 % dalam mendeteksi butir premium baik dan bukan premium baik.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Model pengujian dalam mengenali komponen mutu beras diawali dengan melakukan teknik sampling berupa pengujian sampel beras, pengambilan citra butir beras, dan pengolahan citra menggunakan metode blob detection. Sampel butir beras yang telah terpisah kemudian dilanjutkan dengan 2 pengujian, antara lain,
 - a. Pengujian panjang butir meliputi transformasi *grayscale*, pembatasan thresholding sebesar 25 piksel, pendeteksian smallest univalue assimilating nucleus, pengukuran panjang berdasarkan kedudukan antar titik SUSAN, perhitungan rata-rata jarak 20 butir terpanjang, penentuan batas ukuran butir patah, dan menir sebesar 61%, dan 29% dari rata-rata 20 butir utuh, dan Pemilahan.
 - b. Pengujian tekstur butir meliputi ekstraksi citra menggunakan metode GLCM, pembagian data sampel sebanyak 60% data training, dan 40% data testing, pemecahan data ekstraksi ke dalam 11 cluster dengan parameter yang digunakan Energy, Contrast, Correlation, IDM, Sum Average, Sum Variance, Sum Entropy, Entropy, Difference Variance, Difference Entropy, First and Second Measure, Homogeneity, Cluster Prominence, dan Cluster Shade, kemudian penentuan sebanyak 5 kelas target output pada 11 basis aturan, sehingga menghasilkan ANFIS dengan jaringan linear sebanyak 176, dan jaringan nonlinear sebanyak 330.
2. Akurasi dari pemodelan citra digital menunjukkan tingkat keberhasilan
 - a. Tingkat keberhasilan pengujian panjang butir tepat mendeteksi bentuk beras sebesar 94,22 % dari keseluruhan sampel, dengan tingkat kesalahan dalam pendeteksian bentuk beras sebesar 5,78%.
 - b. Keberhasilan ANFIS dalam mengidentifikasi testur butir beras menghasilkan nilai sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi secara berurutan sebesar 51,962 %, 40,151 %, dan 45,345 % pada data training serta 48,387 %, 38,376 %, dan 42,640 % pada data testing.

Saran

1. Peningkatan prosentase keberhasilan pengujian tekstur dapat menggunakan eliminasi input, dan atau memperbaiki proses pengambilan citra

seperti menentukan ulang kalibrasi jarak pengamatan dengan hanya membatasi jumlah butir citra sebanyak maksimal 100 butir.

2. Pemenuhan standar pengujian beras SNI untuk jumlah minimal 100 gram beras, dapat dilakukan melalui terintegrasi langsung pada mesin pengujian beras seperti selepan, yang disesuaikan menggunakan kamera beresolusi tinggi.
3. Dapat dikembangkan dalam 1 buah aplikasi dengan terlebih dahulu membuat program anfiseditor pada matlab ke dalam bahasa C#.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, Suhartini, & Kusbiantoro, B. (2013). Identifikasi Varietas Berdasarkan Warna dan Tekstur Permukaan Beras Menggunakan Pengolahan Citra Digital dan Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal penelitian pertanian tanaman pangan badan Litbang pertanian RI Vol 32 No.2*.
- Albregtsen, F. (2008). *Statistical Texture Measures Compiuted from Gray Level Co-ocurance Matrices*. Image Processing Laboratory, Department of Informatics: Universitas Oslo
- Aly, S., & Vrana, I. (2005). Fuzzy Expert Marketting – Mix model. *Journal of Agric Number 51(2)*. Prague, Czech Republic: Czech University of Agriculture
- Anami, B.S., & Burkpalli, V.C. (2009). Texture Based Identification and Classification of Bulk Sugary Food Object. *ICGST-GVIP Journal Vol. 9*.
- Ardisasmita, M.S. (2000). Matematika Morfologi untuk Segmentasi dan Analisis Citra. *Proceedings, Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT2000)*. Universitas Gunadarma
- Badan Pusat Statistik. (2011). *Kajian Konsumsi dan Cadangan Beras Nasional 2011*. Katalog bps: 8299002, ISBN : 978-979-064-353-6. Kerjasama Badan Pusat Statistik dan Badan Ketahanan Pangan
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *Standar Mutu Gabah SNI Standar Nasional Beras giling No: 6128-2008*. Jakarta
- (2015). *Standar Mutu Gabah SNI Standar Nasional Beras giling No: 6128-2015*. Jakarta.
- Belsnio, B. (1992). *The anatomy and physical properties of the rice grain. Towards integrated commodity and pest management in grain storage - section 1*. Philippines: Food and Agriculture Organisation (FAO).
- Bezdek, C James. (1981). *Objective Function Clustering. Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms Journal*. US: Springer
- Busch, C., & Eberle, M. (Agustus 1995). *Morphological Operations for Color-Coded Images. Computer Graphic Forum Volume 14 issue 3*. Page 193 -204. Germany : The Eurographics Association and John Wiley & Sons Ltd
- Chen, J., et al. (December 2009). *The Comparison and Application of Corner Detection Algorithms. Journal Of Multimedia, Vol. 4, No. 6*
- Chiu, L.S. 1994. *Fuzzy Model Identification Based On Cluster Estimated. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems. Vol.2. 267-278*. California : John Wiley Sons.Inc
- Cline H.E., et al. (1990). *Thee-dimensional Segmentation of MR Image of The Head Using Probability and Connectivity. Journal Computer Assist tomography. Vol.14. Hal. 1037-1045*

- Fausset, L. (1994). *Fundamental Of Neural network - Architectures, Algorithms And Applications*. Upper Saddle River: Prentice Hall Inc.
- Frayudha, A.D. (2013). *Penggunaan Metode ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) untuk Program Simulasi Tanaman Kedelai pada Pemberian Variasi Pupuk Urea dan Pupuk Organik Menggunakan GroIMP*. Bahan Penilaian terdaftar HKI No Registrasi: HKI/9/2013. Malang: Uin Maulana Malik Ibrahim Malang
- Gonzales, R.C., & Woods, R.E. (2002). *Digital Image Processing: 2nd Edition*. New Jersey: Prentice Hall
- Haralick, M.R., Shanmugam, K., & Dinstein, I. (1973). Textural features for Image Classification. Reprinted by permission from IEEE Transactions On Systems Man and Cybernetics Vol. SMC-3, No.6, November 1973, pp. 610-621. USA : Institute of Electrical and Electronics Engineerings, Inc
- Hinz, S. (2005). Fast and Subpixel Precise Blob Detection and Attribution. In: *Proceedings ICIP'05*, Genua. pp. 457-460.
- Hota H.S., et al. (2012). Data mining techniques and its ensemble model applied for classification of e-mail data. *Jurnal business and technology research (RBTR) di International conference EPPICTM 2012*, vol. 5, No.1. Page 473-479.
- Hutabarat, A. (1974). *Usaha mengatasi krisis beras*. Jakarta : Lembaga Pendidikan dan Konsultasi Pers.
- Ibrahim, A.M. (2004). *FUZZY LOGIC for Embedded Systems Applications*. Unted State of America : Elsevier Science
- Kemendagri. (2007). *Instruksi Presiden RI No.3, tahun 2007, tentang Kebijakan Perberasan*. Dipublikasikan pada tanggal 31 maret 2007.
- (2014). *Permendag Nomor 19/M-DAG/PER/3/2014. Tentang Ketentuan Ekspor dan Impor Beras*. Hal.3
- (2015). *Instruksi Presiden RI No.5, tahun 2015, tentang Kebijakan Pengadaan Gabah/Beras Dan Penyaluran Beras*. Dipublikasikan pada tanggal 22 April 2015.
- Jang, J-S.R., Sun, C-T., & Mizutani E. (1997). *Neuro-fuzzy and soft computing : a computational approach to learning and machine intelligence*. Upper Sadle River New Jersey: Prentice Hall. Inc
- Kaspers, A. (2011). *Blob Detction*. BioMedical Image Sciences. Image Sciences Institute. Belanda : UMC Utrecht University
- Kirillov, A. (12 desember 2016). *Aforge net framework*. Diakses pada situs <http://www.aforget.net/framework>.
- Kusumadewi, S & Hartati, S. (2010). *Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- & Purnomo, H. (2013). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan* Cetakan kedua. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Laganière, R. (1998). *Morphological Corner Detection*. Canada : University of Ottawa.
- Lin, C.T. & Lee, G.C.S. (1996). *Neural Fuzzy Systems : A Neuro Fuzzy Synergism to Intelligent Systems*. New Jersey: PrenticeHall
- Marr, D., & Hildreth, E. (1980). Theory of edge detection. *Proc. RoyalSoc. Lond.* 207, Hal : 187-217
- Mcandraw, A. (2004). *An Introduction to Digital Image Processing with*
- MATLAB. School of Computer Science and Mathematics: Victoria University Technology.
- Microsoft. (2013). *Microsoft office profesional plus 2013 - Microsoft Visual Studio*. Microsoft Corporation
- Munir, R. (2002). *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Materi perkuliahan. Bandung : ITB
- Naba, A. (2009). *Belajar Cepat Fuzzy Logic menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi
- Putra, D. (2010). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi
- Rost, T.L. (1997). *Rice*. Division of Biological Sciences. University Of California. California : Davis.
- Sharma, M., & Mukharjee, S. (2013). Artificial Neural network Inference System (ANFIS) for Brain Tumor detection. *Advances In Intelligent System and Computing*. Vol. 177.
- (2014). Fuzzy C-Means, ANFIS, and Genetic Algorithm for Segmenting Astrocytoma-A Tybe of Brain Tumor. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, Vol. 3.
- Smith, S.M and Brady, (1995). SUSAN - a new approach to low level image processing. Published in *Int Journal Computer Vision*, 23(1):45-78, May 1997 and *International Conferrence in Pattern Recognition Volume 1*, pages 206-212 1996. UK : Defense Research Agency.
- Solomon, C., & Breckon, T. (2011). *Fundamentals of Digital Image Processing - A Practical Approach with Examples in Matlab*. Oxford, UK: John Wiley & Son, Ltd
- Somantri, A.S., Darmawati, E., & Astika, I.W. (2013). Identifikasi Mutu Fisik Beras dengan Menggunakan Teknologi Pengolahan Citra Digital dan jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal pasca panen* 10:2 hal 95-103. Badan Litbang pertanian Kementerian Pertanian RI
- Souza, C.R.D. (2010). *The Accord.NET Image Processing and Machine Learning Framework*. <http://accord-framework.net>. Diakses pada tanggal 12 desember 2016
- Suprihatno, B., et al. (2009). *Deskripsi Varietas Padi*. Subang: Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
- Sutoyo, T, et al. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi
- Syafii, Muhammad. (2006). *Adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS) untuk Diagnosa dan Tatalaksana Penyakit Demam Berdarah Dengue*. Tesis. Bogor: IPB
- Thyssen, A. (Januari 2010). *Morphology of Shapes*. Artikel <http://www.imagemagick.org/Usage/morphology> pada 20 April 2016
- Tim Koordinasi Raskin Pusat. (2014). *Pedoman Umum - PEDUM Raskin 2014*. Materi Sosialisasi. Jakarta: Kementerian Koordinator Bidang Kesejahteraan Rakyat Republik Indonesia
- Wang, L.X. (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control*. Upper Saddle River: Prentice-Hall International Inc.
- Wong, H.B. & Lim, G.H. (2011). Measures of Diagnostic Accuracy: Sensitivity, Specifity, PPV and NPV. *Proceedings of Singapore Healthcare*, Vol. 20, No. 4, Hlm. 316-318
- Yin, T.K., & N.T. Chiu. (2004). A Computer Aided Diagnosis for Locating Abnormalities in Bone Scintigraphy by Fuzzy Sytem with a Three-step Minimization Approach. *IEEE Trans Medical Imaging*. Vol. 23. No. 5. Hal. 639-654.
- Zhu, H. & Zhang, H. (2006). Generalized Score Test of Homogeneity for Mixed Effects Models. *The Annals of Statistics* 2006, Vol. 34, No. 3, 1545-1569. Institute of Mathematical Statistics