

IMPLEMENTASI SISTEM FUZZY SUGENO ORDE SATU PADA DIAGNOSIS KANKER PAYUDARA

IMPLEMENTATION OF FIRST-ORDER SUGENO FUZZY SYSTEM ON DIAGNOSING BREAST CANCER

Oleh: Weni Safitri¹⁾, Agus Maman Abadi²⁾

Program Studi Matematika, Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY
 wenisafitri.weni@gmail.com¹⁾ agusmaman@uny.ac.id²⁾

Abstrak

Kanker payudara adalah salah satu jenis kanker terbanyak di Indonesia dengan tingkat kematian yang cukup tinggi dengan persentase mencapai 12.9%. Oleh karena itu, diperlukan adanya deteksi dini dan diagnosis kanker payudara. Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan sistem *fuzzy* untuk diagnosis kanker payudara dengan data citra *mammogram*. Sistem *fuzzy* yang digunakan adalah sistem *fuzzy* sugeno orde satu dengan 10 variabel *input* dan 3 variabel *output*. Untuk mengoptimalkan keakurasian sistem maka digunakan invers matriks tergeneralisir dalam membangun aturan *fuzzy* dan metode *weight average* untuk proses *defuzzifikasi*. Pada tahap akhir, sistem *fuzzy* yang telah dibangun diimplementasikan dengan GUI. Tingkat keakurasian, sensitivitas, dan spesifikasi dari sistem *fuzzy* sugeno orde satu adalah 100% untuk data latih. Untuk data uji dihasilkan tingkat keakurasian 75%, sensitivitas 87,5%, dan spesifikasi 75%. Sedangkan keakurasian sistem *fuzzy* mamdani mencapai 96,875% dan 100% untuk sensitivitas dan spesifikasi pada data latih. Pada data uji sistem *fuzzy* mamdani mencapai masing-masing 91,67%; 93,75%, dan 87,5% untuk akurasi, sensitivitas, dan spesifikasi.

Kata kunci: diagnosis kanker payudara, citra *mammogram*, sistem *fuzzy*, GUI

Abstract

Breast cancer is one of the most cancer in Indonesia that the mortality rate is quite high with the percentage reaches 12,9%. Therefore, necessary to detection and diagnosis of breast cancer. The aims of this study is to optimize fuzzy system for breast cancer diagnosis with mammogram image. The fuzzy system used is first order of sugeno with 10 input variables and 3 output variables. To optimize the result, generalized matrix inverse method is used in building fuzzy rules and weight average method for defuzzification process. In the last step, fuzzy system that has been built is implemented with GUI. The accuracy, sensitivity, and specification of the first order sugeno fuzzy system are 100% for training data. For testing data, the accuracy, sensitivity, and specification of the system are 75%, 87,5%, 75%, respectively. Whereas the accuracy of the mamdani fuzzy system reached 96.875% and 100% for sensitivity, and specification in training data. In the testing data, the mamdani fuzzy system reached 91,67%; 93,75%, and 87,5% in accuracy, sensitivity, and specification respectively.

Keywords: breast cancer diagnosis, mammogram image, fuzzy system, GUI

PENDAHULUAN

Kanker payudara adalah salah satu jenis tumor ganas yang paling umum ditemukan, WHO (World Health Organization) menjadikan kanker payudara sebagai pembunuh nomor satu yang mengancam kesehatan kaum wanita (Lembaga Internasional Pengobatan Kanker, 2015). Menurut data GLOBOCAN (IARC) tahun 2012 diketahui bahwa kanker payudara merupakan penyakit kanker dengan persentase kasus baru (setelah dikontrol oleh umur) tertinggi, yaitu sebesar 43.3%, dan persentase

kematian (setelah dikontrol oleh umur) akibat kanker payudara sebesar 12.9% (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2015). Sehingga diagnosis dan deteksi dini kanker payudara sangat penting untuk dilakukan. Hingga saat ini banyak peneliti yang melakukan penelitian dalam diagnosis kanker payudara. Seperti yang dilakukan oleh Schaefer, Zavissek dan Nakashima (2009) menggunakan metode klasifikasi *fuzzy*. Zadeh, Pakdelazar, Haddadnia, Rezai-Rad, dan Zadeh (2012) metode *Complementary Learning Fuzzy*

Neural Network (CLFNN). Shleeg dan Ellabib (2013) mengkomparasikan *Mamdani Fuzzy Inference System* dengan *Sugeno Fuzzy Inference System*. Ali dan Ayturk (2013) menggunakan metode klasifikasi *neuro-fuzzy* yang disebut dengan NEFCLASS Mei Mutlimah (2014) menggunakan citra mammogram dengan inferensi *mamdani*. Alharbi dan Tchier (2015) menggabungkan sistem *fuzzy* dengan algoritma genetik untuk deteksi dini kanker payudara. Kurrotul A'yun (2015) menggunakan inferensi *fuzzy* *mamdani* dengan data citra yang dioperasi titik yang kemudian diimplementasi dengan GUI.

Berdasarkan uraian di atas, dapat diketahui bahwa saat ini penelitian tentang diagnosis kanker payudara telah banyak dilakukan oleh para peneliti dengan berbagai metode. Salah satu metode yang banyak digunakan terkait dengan diagnosis kanker payudara adalah logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* merupakan suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*. Logika *fuzzy* akan memberikan nilai bagi suatu ketidakpastian seperti sangat, cukup, dan hampir (Kusumadewi, 2002).

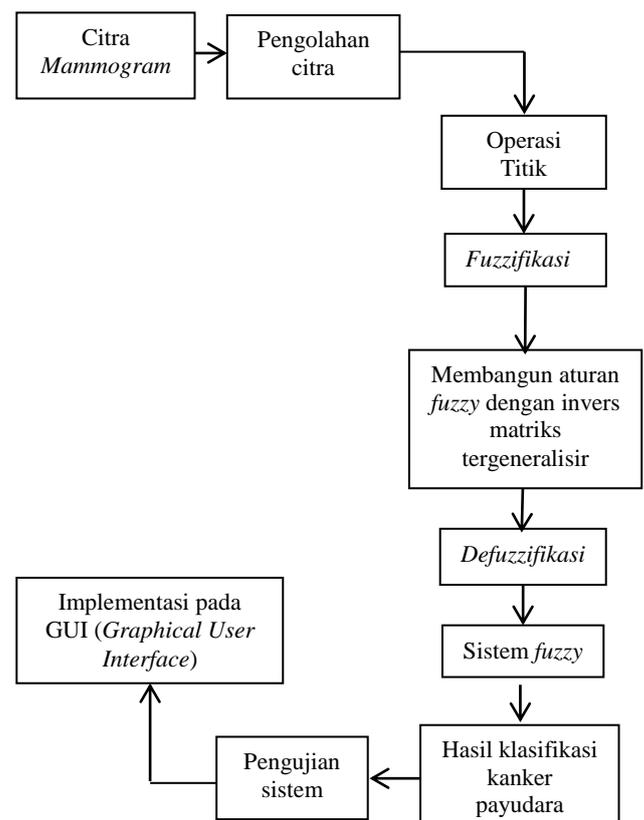
Pada dasarnya terdapat beberapa sistem *fuzzy* yang dapat digunakan sebagai metode dalam mendiagnosis kanker payudara. Contohnya diagnosis kanker payudara dengan sistem *fuzzy* *mamdani* yang sebelumnya telah dilakukan oleh Kurrotul A'yun (2015). Selain dengan sistem *fuzzy* *mamdani*, metode lain yang dapat digunakan adalah sistem *fuzzy* *sugeno* orde satu. Oleh karena itu, untuk membandingkan antara kedua sistem *fuzzy* tersebut maka dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai diagnosis kanker payudara dengan sistem *fuzzy* *sugeno* orde satu.

Dalam pembentukan sistem *fuzzy* *sugeno* orde satu terdapat kemungkinan dimana aturan yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan dengan parameter konsekuen yang diestimasi. Berdasarkan aturan dan parameter konsekuen tersebut dapat terbentuk matriks *non-invertible*. Matriks *non-invertible* sulit jika diselesaikan dengan cara invers seperti biasa sehingga diperlukan metode lain untuk menyelesaikannya. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah invers matriks tergeneralisir atau yang sering disebut dengan *pseudo-invers*. Metode

ini bersifat umum dan dapat digunakan untuk mencari invers dari semua jenis matriks termasuk matriks *non-invertible*. Berdasarkan uraian diatas, melatarbelakangi penulis untuk melakukan penelitian mengenai sistem *fuzzy* *sugeno* orde satu dalam diagnosis kanker payudara dengan metode invers matriks tergeneralisir untuk penentuan parameter konsekuen dari aturan *fuzzy*.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah 120 mammogram yang merupakan data sekunder hasil ekstraksi citra. Data tersebut diperoleh dari database *Mammographic Image Analysis Society (MIAS)* melalui website <http://peipa.essex.ac.uk/pix/mias> dan sebelumnya telah digunakan oleh Kurrotul A'yun (2015). Berdasarkan 120 data mammogram yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi 2, yaitu 96 data latih dan 24 data uji. Langkah-langkah analisis data disajikan dalam Gambar 1.

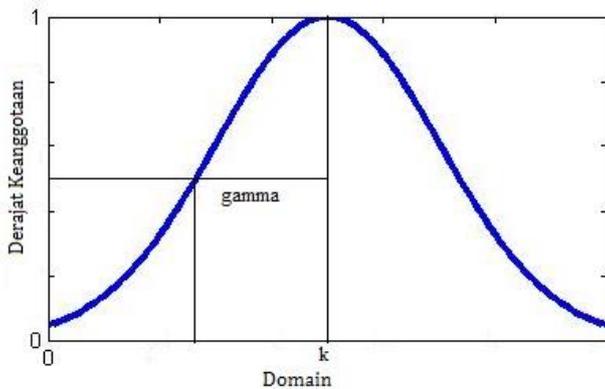


Gambar 1. Bagan Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian dimulai dengan pengolahan citra dan operasi titik untuk 120 data citra *mammogram*. Kemudian data yang telah dioperasi titik diekstraksi ke dalam 10 fitur ekstraksi yang akan digunakan sebagai variabel *input*, yaitu

kontras, korelasi, energi, homogenitas, rata-rata, variansi, standar deviasi, skeunes, kurtosis, dan entropi. Sedangkan variabel *output* yang digunakan pada penelitian ini ada 3, yaitu normal, tumor (*benign*), dan kanker (*malignant*). Berdasarkan data ekstraksi dapat dilakukan proses *fuzzifikasi*. Proses *fuzzifikasi* atau mendefinisikan himpunan tegas ke himpunan *fuzzy* dilakukan dengan menggunakan fungsi keanggotaan. Himpunan *fuzzy* untuk masing-masing variabel *input* didefinisikan dengan 9 himpunan *fuzzy* dan direpresentasikan dengan kurva gauss. Fungsi keanggotaan untuk kurva gauss adalah (Kusumadewi, 2002):

$$G(x; k, \gamma) = e^{-\frac{(x-\gamma)^2}{2k^2}} \quad (1)$$



Gambar 3. Representasi Kurva Gauss

Tahap selanjutnya adalah membangun aturan *fuzzy*. Bentuk aturan *fuzzy* sugeno orde satu adalah $IF (x_1 \text{ is } A_{i1}) \circ \dots \circ (x_n \text{ is } A_{in}) THEN y_i = b_{10} + b_{i1}x_1 + \dots + b_{in}x_n$ (2) Dalam penentuan anteseden dilakukan dengan mencari derajat keanggotaan dari data ekstraksi untuk kemudian derajat keanggotaan yang terbesar digunakan untuk membangun aturan. Sedangkan untuk penentuan konsekuen dilakukan dengan invers matriks tergeneralisir. Setelah terbentuk aturan *fuzzy* sugeno orde satu kemudian dilakukan proses *defuzzifikasi*.

Proses *defuzzifikasi* pada penelitian ini menggunakan metode *weight average* dengan rumus (Abadi & Wutsqa, 2013):

$$y = \frac{\sum_{i=1}^L y_i (\mu_{i1}(x_1)\mu_{i2}(x_2)\dots\mu_{in}(x_n))}{\sum_{i=1}^L \mu_{i1}(x_1)\mu_{i2}(x_2)\dots\mu_{in}(x_n)} \quad (3)$$

Persamaan (3) dapat dinyatakan dengan

$$y = \sum_{i=1}^L w_i (b_{10} + b_{i1}x_1 + \dots + b_{in}x_n) \quad (4)$$

dimana

$$w_i = \frac{\mu_{i1}(x_1)\mu_{i2}(x_2)\dots\mu_{in}(x_n)}{\sum_{i=1}^L \mu_{i1}(x_1)\mu_{i2}(x_2)\dots\mu_{in}(x_n)} \quad (5)$$

Selanjutnya variabel *b* dapat dicari dengan meminimalkan fungsi (Yen *et al*, 1998)

$$J = \sum_{k=1}^N (d(k) - y(k))^2 = (d - Xb)^T (d - Xb) \quad (6)$$

Dengan *d* adalah *output* yang sebenarnya untuk pasangan data ke-*k* yang direpresentasikan dengan matriks $N \times 1$ (*N* adalah banyaknya data) $d = \begin{bmatrix} d(1) \\ d(2) \\ \vdots \\ d(N) \end{bmatrix}$.

X adalah matriks dengan ukuran $N \times [(n + 1) \times L]$.

$$X = \begin{bmatrix} w_1(1) & w_1(1)x_1(1) & \dots & w_1(1)x_n(1) & \dots & w_L(1) & \dots & w_L(1)x_n(1) \\ w_1(2) & w_1(2)x_1(2) & \dots & w_1(2)x_n(2) & \dots & w_L(2) & \dots & w_L(2)x_n(2) \\ \vdots & \vdots \\ w_1(N) & w_1(N)x_1(N) & \dots & w_1(N)x_n(N) & \dots & w_L(N) & \dots & w_L(N)x_n(N) \end{bmatrix}$$

Sedangkan *b* adalah parameter real yang akan

dicari yang direpresentasikan dengan $b = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{11} \\ \vdots \\ b_{1n} \\ \vdots \\ b_{L0} \\ b_{L1} \\ \vdots \\ b_{Ln} \end{bmatrix}$,

suatu matriks berukuran $[(n + 1) \times L] \times 1$.

Fungsi *J* akan mencapai nilai minimum jika $d - Xb = 0$ atau $Xb = d$ (7)

Selanjutnya dapat ditentukan parameter *b* dengan menggunakan matriks invers tergeneralisir (Leon, 1998):

$$b = X^+ d \quad (8)$$

Dengan $X^+ = V\Sigma^+U^T$ adalah matriks invers tergeneralisir dari matriks *X*. Variabel *U* adalah matriks ortogonal $m \times m$. *V* adalah matriks ortonormal $n \times n$, dan Σ adalah matriks $m \times n$ yang semua entri pada diagonalnya merupakan nilai singular entri diluar diagonalnya adalah nol (Leon, 1998).

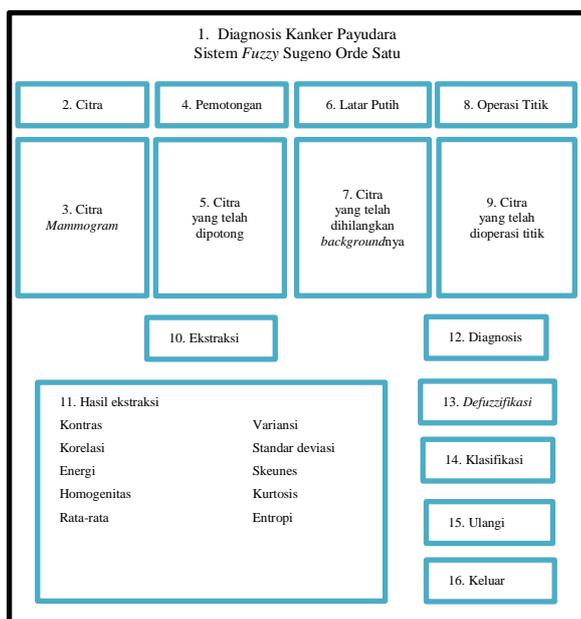
Selanjutnya setelah diperoleh nilai *defuzzifikasi*, dapat dilakukan pengujian sistem untuk mendapatkan tingkat ketepatan, yaitu akurasi, sensitivitas, dan spesifikasi. Rumus untuk tingkat ketepatan (Sharma & Mukharje, 2013):

$$akurasi = \frac{jumlah\ data\ yang\ benar}{jumlah\ data\ seluruhnya} \times 100\%$$

$$sensitivitas = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\%$$

$$spesifikasi = \frac{TN}{TN + FP} \times 100\%$$

Sistem *fuzzy* yang telah dibangun dan dihasilkan tingkat ketepatan pada tahap selanjutnya diimplementasikan dengan GUI (*Graphical User Interface*) pada program Matlab. Rancangan awal tampilan GUI ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Awal Tampilan GUI

Pengimplementasian sistem yang telah dibangun pada GUI dapat menjadikan tampilan sistem lebih menarik dan interaktif.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra *mammogram* dari *database* MIAS yang sebelumnya telah digunakan oleh Kurrotul A'yun (2015). Data tersebut telah melalui proses pengolahan citra meliputi pemotongan, penghapusan background, dan peningkatan kualitas citra dengan operasi titik. Proses pemotongan dilakukan dengan program ACDSee14, kemudian *background* hitam pada citra dihapuskan dengan bantuan program Corel PHOTO-PAINT X7. Sedangkan operasi titik *intensity adjustment* dilakukan menggunakan Matlab.

Data citra yang telah dioperasi titik selanjutnya diekstraksi citra. Proses ekstraksi citra

dilakukan dengan bantuan *script* pada Matlab. Proses pengolahan citra hingga diperoleh hasil ekstraksi citra telah dilakukan sebelumnya oleh Kurrotul A'yun (2015).

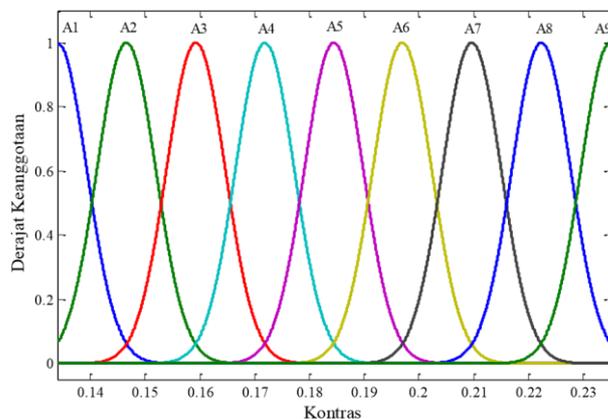
Berdasarkan data hasil ekstraksi citra yang telah diperoleh digunakan untuk membangun sistem *fuzzy* sugeno orde satu. Langkah-langkah dalam membangun sistem *fuzzy* yaitu:

Langkah 1. Mendefinisikan himpunan semesta *input* dan *output*

Himpunan universal *input* diperoleh dari nilai minimum dan maksimum data hasil ekstraksi citra. Himpunan universal untuk masing-masing *input* yaitu kontras = [0,134 0,235], korelasi = [0,955 0,989], energi = [0,123 0,639], homogenitas = [0,939 0,979], rata-rata = [127,6 234], variansi = [1973 7827], standar deviasi = [44,42 88,47], skeunes = [-3,121 0,71], kurtosis = [1,36 13,13], entropi = [2,995 7,394]. Sedangkan himpunan universal untuk output pada sistem ini didefinisikan dengan [1 3]. Nilai 1 untuk payudara normal, 2 untuk tumor (*benign*), dan 3 untuk kanker (*malignant*).

Langkah 2. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* pada *input*

Masing-masing *input* didefinisikan menjadi 9 himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan Gauss. Misalkan untuk variabel kontras didefinisikan dengan 9 himpunan *fuzzy* yaitu $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8$ dan A_9 . Lebar tiap himpunan *fuzzy* pada variabel kontras adalah 0,005361. Lebar himpunan *fuzzy* diperoleh dengan melihat nilai domain pada titik potong antar himpunan *fuzzy*. Representasi kurva Gauss pada variabel kontras ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Representasi himpunan *fuzzy* variabel kontras

Pendefinisian *output* dilakukan dengan pendekatan nilai (pembulatan). Jika *output* mendekati nilai 1 maka menunjukkan diagnosis payudara normal, jika mendekati 2 maka terdiagnosis tumor (*benign*), dan jika mendekati 3 maka terdiagnosis kanker (*malignant*).

Langkah 3. Membangun aturan *fuzzy*

Setiap nilai hasil ekstraksi citra dicari derajat keanggotaannya untuk kemudian derajat keanggotaan yang terbesar digunakan untuk membangun aturan. Contoh untuk data latih pertama (mdb003.png) dengan diagnosis awal normal. Berdasarkan hasil ekstraksi diperoleh nilai kontras 0,17765. Nilai kontras tersebut yang akan digunakan sebagai x . Berdasarkan 9 himpunan *fuzzy* variabel kontras yang telah didefinisikan, nilai $x = 0,17765$ memenuhi dalam interval himpunan A_3 , A_4 , dan A_5 maka derajat keanggotaan selain tiga himpunan *fuzzy* tersebut adalah 0.

$$\mu_{A_1}(0,17765) = 0$$

$$\mu_{A_2}(0,17765) = 0$$

$$\mu_{A_3}(0,17765) = e^{-\frac{(0,17765-0,134)^2}{2(0,005361)^2}} = 0,002857$$

$$\mu_{A_4}(0,17765) = e^{-\frac{(0,17765-0,1719)^2}{2(0,005361)^2}} = 0,562596$$

$$\mu_{A_5}(0,17765) = e^{-\frac{(0,17765-0,1845)^2}{2(0,005361)^2}} = 0,442056$$

$$\mu_{A_6}(0,17765) = 0$$

$$\mu_{A_7}(0,17765) = 0$$

$$\mu_{A_8}(0,17765) = 0$$

$$\mu_{A_9}(0,17765) = 0$$

Kesembilan derajat keanggotaan yang telah diperoleh dipilih nilai yang terbesar dengan cara $\max(0; 0; 0,002857; 0,562596; 0,442056; 0; 0; 0; 0) = 0,562596$. Karena 0,562596 adalah derajat keanggotaan untuk himpunan *fuzzy* A_4 , maka kontras ekstraksi data citra mdb003.png masuk dalam himpunan *fuzzy* A_4 . Cara yang sama dilakukan untuk himpunan *fuzzy* yang lain sehingga akan diperoleh hasil pengelompokan untuk mdb003.png seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil ekstraksi dan pengelompokan mdb003.png dalam himpunan *input fuzzy*

Fitur citra	Hasil ekstraksi	Derajat keanggotaan	Himpunan <i>fuzzy</i>
-------------	-----------------	---------------------	-----------------------

Kontras (x_1)	0,17765	0,562596	A_4
Korelasi (x_2)	0,97352	0,701475	B_5
Energi (x_3)	0,26932	0,818787	C_3
Homogenitas (x_4)	0,96044	0,794505	D_5
Rata-rata (x_5)	202,629	0,636253	E_7
Variansi (x_6)	4336,078	0,86388	F_4
Standar deviasi (x_7)	65,8489	0,968546	G_5
Skeunes (x_8)	-1,2388	0,977081	H_5
Kurtosis (x_9)	3,7231	0,650041	I_3
Entropi (x_{10})	5,5838	0,790291	J_6
Diagnosis	Normal		

Maka aturan yang terbentuk untuk citra mdb003.png adalah sebagai berikut:

[Rule 1] Jika kontras adalah A_4 dan korelasi adalah B_5 dan energi adalah C_3 dan homogenitas adalah D_5 dan rata-rata adalah E_7 dan variansi adalah F_4 dan standar deviasi adalah G_4 dan skeunes adalah H_5 dan kurtosis adalah I_3 dan entropi adalah J_6 maka diagnosis adalah normal.

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan dan pengelompokan untuk 95 data hasil ekstraksi citra yang lain sehingga terbentuk 96 aturan *fuzzy* aturan ini telah dibentuk oleh Kurrotul A'yun (2015).

Setelah diperoleh aturan *fuzzy* langkah selanjutnya adalah mengevaluasi aturan *fuzzy* tersebut dalam aturan *fuzzy* sugeno orde satu. Sehingga aturan yang terbentuk untuk citra mdb003.png menjadi

[Rule 1] Jika kontras adalah A_4 dan korelasi adalah B_5 dan energi adalah C_3 dan homogenitas adalah D_5 dan rata-rata adalah E_7 dan variansi adalah F_4 dan standar deviasi adalah G_5 dan skeunes adalah H_5 dan kurtosis adalah I_3 dan entropi adalah J_6 maka $y_1 = b_{10} + b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + b_{13}x_3 + b_{14}x_4 + b_{15}x_5 + b_{16}x_6 + b_{17}x_7 + b_{18}x_8 + b_{19}x_9 + b_{110}x_{10}$

Dimana variabel x merupakan data hasil ekstraksi dari gambar mdb003.png secara berurutan mulai dari kontras, korelasi, energi, homogenitas, rata-rata, variansi, standar deviasi, skeunes, kurtosis, dan entropi. Variabel b merupakan nilai parameter yang akan dicari dengan metode matriks invers tergeneralisir (*pseudo-invers*) seperti pada persamaan (8). Parameter b dapat dicari dengan meminimalkan persamaan (6).

Dalam penentuan parameter konsekuen terlebih dahulu ditentukan matriks X . Pada penelitian ini digunakan 96 data latih, 10 variabel

input, dan 96 aturan fuzzy. Berdasarkan banyaknya data latih, variabel input, dan aturan fuzzy maka diperoleh ukuran matriks X yaitu $N \times [(n + 1) \times L] = 96 \times [(10 + 1) \times 96] = 96 \times 1056$. Entri-entri dari matriks X dapat ditentukan dengan persamaan (5). Selanjutnya mendefinisikan matriks d yang merupakan output asli dari setiap data. Dengan data latih sebanyak 96 maka dapat didefinisikan d adalah suatu matriks berukuran 96×1 . Selanjutnya parameter b dapat diestimasi dengan persamaan (8) sehingga diperoleh parameter b , matriks berukuran 1056×1 . Kemudian parameter b disubstitusikan ke dalam 96 aturan dan diperoleh aturan untuk mdb003.png

[Rule 1] Jika kontras adalah A_4 dan korelasi adalah B_5 dan energi adalah C_3 dan homogenitas D_5 dan rata-rata adalah E_7 dan variansi adalah F_4 dan standar deviasi adalah G_5 dan skeunes adalah H_5 dan kurtosis adalah I_3 dan entropi adalah J_6 maka $y_1 = 0 + 0 * x_1 + 0 * x_2 + 0 * x_3 + 0 * x_4 + 0 * x_5 + 0 * x_6 + 0,0002 * x_7 + 0 * x_8 + 0 * x_9 + 0 * x_{10}$.

Langkah 4. Defuzzifikasi

Selanjutnya secara manual dapat dihitung nilai defuzzifikasi untuk citra mdb003.png menggunakan persamaan (3). Untuk mendapatkan nilai y_i dihitung dilakukan dengan mensubstitusikan data ekstraksi citra ke konsekuen dari setiap aturan. Maka perhitungan defuzzifikasi untuk mdb003.png adalah

$$y = \frac{\sum_{i=1}^{96} y_i (\mu_{11}(x_1) \mu_{12}(x_2) \dots \mu_{110}(x_{10}))}{\sum_{i=1}^{96} \mu_{11}(x_1) \mu_{12}(x_2) \dots \mu_{110}(x_{10})}$$

$$y = \frac{(0,8672 * 0,068602) + (1,3008 * 0,007815) + \dots + (3,9025 * 0)}{0,068602 + 0,007815 + \dots + 0}$$

$$y = \frac{0,077493}{0,070848}$$

$$y = 0,914253$$

Nilai $y = 0,914253$ masuk dengan pembulatan maka nilainya akan mendekati 1. Dengan demikian hasil diagnosis citra mdb003.png secara analisis telah sesuai dengan diagnosis awal yaitu payudara normal. Untuk mempermudah perhitungan parameter konsekuen hingga proses defuzzifikasi untuk 120 data, maka proses tersebut

dilakukan dengan bantuan script program pada Matlab.

Langkah 5. Hasil Klasifikasi dan Pengujian sistem

Berdasarkan proses defuzzifikasi yang telah dilakukan terhadap data latih diperoleh hasil klasifikasi kanker payudara TP=64, TN=32, FP=0, dan FN=0. Sehingga dapat dihitung tingkat ketepatan dari data latih sebagai berikut:

$$akurasi_{latih} = \frac{96}{96} \times 100\% = 100\%$$

$$sensitivitas_{latih} = \frac{64}{64} \times 100\% = 100\%$$

$$spesifikasi_{latih} = \frac{32}{32} \times 100\% = 100\%$$

Sedangkan untuk data uji diperoleh hasil klasifikasi kanker payudara TP=14, TN=6, FN=2, FP=2. Sehingga tingkat ketepatan dari data uji adalah:

$$akurasi_{uji} = \frac{18}{24} \times 100\% = 75\%$$

$$sensitivitas_{uji} = \frac{14}{14 + 2} \times 100\% = 87,5\%$$

$$spesifikasi_{uji} = \frac{6}{6 + 2} \times 100\% = 75\%$$

Selanjutnya dapat dibandingkan hasil klasifikasi sistem fuzzy sugeno orde satu dengan hasil klasifikasi sistem fuzzy mamdani yang dilakukan oleh Kurrotul A'yun (2015). Perbandingannya dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

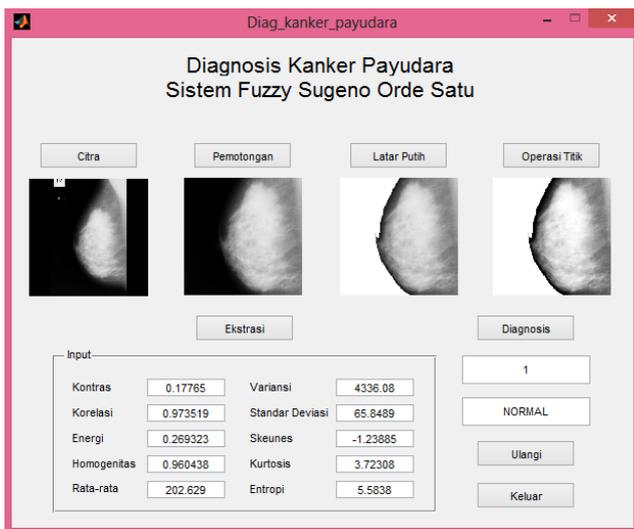
Tabel 4. Perbandingan hasil sistem fuzzy sugeno orde satu dengan sistem fuzzy mamdani

Pengujian sistem		Sistem fuzzy	
		Sugeno orde satu	Mamdani
Data Latih	Akurasi	100%	96,875%
	Sensitifitas	100%	100%
	Spesifikasi	100%	100%
Data Uji	Akurasi	75%	91,67%
	Sensitifitas	87,5%	93,75%
	Spesifikasi	75%	87,5%

Langkah 7. Implementasi dengan GUI

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah pengaplikasian GUI (*Graphical User Interface*) pada sistem fuzzy yang telah dibangun agar tampilan sistem fuzzy lebih menarik dan interaktif bagi para pengguna. Hasil tampilan GUI untuk citra

mdb003.png dengan diagnosis awal normal ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil tampilan GUI citra mdb003.png

Gambar 5 menunjukkan hasil klasifikasi untuk citra mdb003.png. Pada kolom citra menunjukkan citra asli dari mdb003.png. Kolom pemotongan dan latar putih merupakan citra yang telah dipotong dan dihilangkan background hitamnya kemudian dilakukan operasi titik pada kolom operasi titik. Setelah dioperasi titik dilakukan ekstraksi pada citra. Berdasarkan hasil ekstraksi citra kemudian dihitung nilai defuzzifikasi dan diklasifikasikan hasilnya. Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa hasil klasifikasi mdb003.png adalah normal sehingga telah sesuai dengan diagnosis awal.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hasil ekstraksi citra mammogram yang sebelumnya telah melalui proses pengolahan citra dan proses operasi titik yang dilakukan oleh Kurrotul A'yun (2015). Data tersebut sebanyak 120 data yang terbagi menjadi 96 data sebagai data latih dan 24 data sebagai data uji. *Input* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10 fitur ekstraksi yaitu kontras, korelasi, energi, homogenitas, rata-rata, variansi, standar deviasi, skeunes, kurtosis, dan entropi. Setiap *input* direpresentasikan dengan kurva gauss. Sedangkan *output*nya ada 3, yaitu payudara normal, tumor, dan kanker yang didefinisikan dengan pendekatan nilai. Jika mendekati 1 maka diagnosis payudara normal, jika mendekati nilai 2

maka payudara terdiagnosis tumor, dan jika mendekati 3 maka payudara terdiagnosis kanker. Aturan yang terbentuk dari 96 data latih adalah 96 aturan *fuzzy*. Sistem *fuzzy* yang digunakan yaitu sistem *fuzzy* sugeno orde satu yang dikombinasikan dengan metode *pseudo-inverse* dalam penentuan konsekuen aturan untuk mengoptimalkan keakurasian diagnosis kanker payudara. Selanjutnya proses defuzzifikasi dilakukan dengan metode *weight average*. Pada tahap akhir, sistem *fuzzy* yang terbangun akan diimplementasikan dengan GUI (*Graphical User Interface*) agar tampilan program lebih menarik.

Tingkat keakurasian, sensitivitas, dan spesifikasi data latih yang dihasilkan dari sistem *fuzzy* masing-masing sebesar 100%. Sedangkan tingkat keakurasian untuk data uji adalah 75%. Sensitivitas dan spesifikasi yang dihasilkan untuk data uji adalah 87,5% dan 75%. Hasil yang diperoleh dari penelitian sebelumnya yang dibangun dengan sistem *fuzzy* mamdani menunjukan tingkat akurasi 96,875% untuk data latih dan 91,67% pada data uji. Berdasarkan tingkat keakurasian yang diperoleh dalam penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa untuk data latih sistem *fuzzy* sugeno orde satu lebih baik dalam mendiagnosis kanker payudara daripada menggunakan sistem *fuzzy* mamdani. Sedangkan untuk data uji masih diperlukan perbaikan guna meningkatkan keakurasian.

Saran

Perbaikan dan pengembangan yang sekiranya dapat dilakukan guna mendapatkan hasil yang lebih baik diantaranya menambahkan variabel *input* selain fitur ekstraksi seperti usia, berat badan, aktivitas fisik, ukuran payudara, ukuran benjolan, dan bentuk benjolan, dan kualitas alat *mammografi* yang akan mempengaruhi kualitas citra yang dihasilkan. Selain itu juga menambahkan klasifikasi pada output, seperti normal, stadium 1, stadium 2, stadium 3, dan stadium 4. Selanjutnya dapat juga melakukan seleksi terhadap 10 ekstraksi citra yang digunakan sebagai *input* guna meningkatkan keakurasian dan menggunakan metode lain dalam penentuan parameter konsekuen sehingga dapat lebih mengoptimalkan hasil yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, Agus Maman. & Wutsqa, Dhoriva Urwatul. (2013). Optimalisasi Model *Neuro Fuzzy* untuk Data *Time Series* dengan Metode Dekomposisi Nilai Singular. *Jurnal Penelitian Saintek*. Vol. 18. Nomor 1. Hlm 44-54.
- Alharbi, Abir. & Tchier, Fairouz. (2015). A Fuzzy-Genetic Algorithm Method for the Breast Cancer Diagnosis Problem. *ADVCOMP 2015 : The Ninth International Conference on Advanced Engineering Computing and Applications in Sciences*. Hlm. 122-127.
- Keles, Ali & Keles, Ayturk. (2013). Extracting Fuzzy Rules for the Diagnosis of Breast Cancer. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*. 21. Hlm. 1495-1503.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2015). Infodatin Kanker. Diakses pada hari Selasa, 2 Februari 2016, Pukul 19.46 WIB dari <http://www.depkes.go.id>
- Kurrotul A'yun. (2015). Optimisasi Sistem Fuzzy Pada Diagnosis Kanker Payudara Menggunakan Citra Mammogram Yang Diimplementasikan Dengan *Graphical User Interface* (GUI). *Skripsi*. UNY.
- Kusumadewi, Sri. (2002). *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Lembaga Internasional Pengobatan Kanker. (2015). Diakses pada hari Kamis, 24 Desember 2015, Pukul 20.00 WIB dari www.asiancancer.com
- Leon, Steven J. (1998). *Linear Algebra with Applications*. United States of America: Prentice-Hall International.
- Mei Mutlimah. (2014). Penerapan Sistem fuzzy Untuk Diagnosis Kanker Payudara (*Breast Cancer*). *Skripsi*. UNY.
- Schaefer, G., Zavissek, M. dan Nakashima, T., (2009). Thermography Based Breast Cancer Analysis Using Statistical Features and Fuzzy Classifications. *Pattern Recognition*. 42 (6). Hlm. 1133 - 1137.
- Sharma, M. & Mukherjee, S. (2013). Artificial Nueral Network Fuzzy Inference System (ANFIS) for Brain Tumor Detection. *Advances in Intelligent System and Computing*. Vol. 177. Hlm. 329-339.
- Shleeg, Alshalaa A. & Ellabib, Ismail M. (2013). Comparison of Mamdani and Sugeno Fuzzy Interference System for the Breast Cancer Risk. *International Journal of Computer, Control, Quantum and Information Engineering*. Vol 7. No 10. Hlm 695-699.
- Zadeh, Hossein Ghayoumi., Pakdelazar, Omid., Haddadnia, Javad., Rezai-Rai, Gholamali., Mohammad-Zadeh, Mohammad.(2012). Diagnosing Breast Cancer with the Aid of Fuzzy Logic Based on Data Mining of a Genetic Algorithm in Infrared Images. *Middle East Journal of Cancer*. 3(4). Hlm 119-129.
- Yen, J., Wang, L., Gillespie, W. (1998). Improving the interpretability of TSK fuzzy models by combining global learning and local learning. *IEEE Transactions on Fuzzy System*. 6(4). Hlm. 530-537.

