

Diagnosis Kanker Paru-Paru dengan Sistem *Fuzzy*

Anwar Rifa'i^{1*}, Yani Prabowo²

¹Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur, Indonesia

²Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur, Indonesia

*E-mail koresponden: anwar.rifai@budiluhur.ac.id

Diserahkan 9 Januari 2022; Direview 31 Maret 2022; Dipublikasikan 30 Mei 2022

Abstrak

Kanker paru-paru sulit untuk dideteksi sejak dini, akibatnya banyak pasien yang tidak terselamatkan akibat penyakit ini. Guna mengoptimalkan kinerja petugas medis dalam diagnosis awal kanker paru-paru, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem fuzzy untuk diagnosis kanker paru-paru. Diagnosis dilakukan menggunakan hasil CT-Scan paru-paru dari pasien. Sejumlah 120 data citra CT-Scan digunakan sebagai data set dalam penelitian ini. Data dikelompokkan menjadi dua yaitu 96 citra untuk data latih dan 24 citra untuk data uji. Citra CT-Scan ditingkatkan kualitasnya menggunakan metode intensity adjustment. Selanjutnya setiap citra diekstraksi dalam sepuluh variabel yaitu kontras, korelasi, energi, homogenitas, rata-rata, variansi, standar deviasi, skewnes, kurtosis dan entropi. Data defuzzifikasi untuk digunakan sebagai input dalam membangun sistem diagnosis kanker paru menggunakan inferensi fuzzy mamdani. Tingkat akurasi yang dihasilkan pada sistem dengan intensity adjustment adalah 83,33% pada data uji. Sementara itu, tingkat akurasi tanpa intensity adjustment pada data latih adalah sebesar 92,708% dan pada data uji sebesar 70,83%

Kata kunci: Kanker Paru-paru; Mamdani; Sistem *Fuzzy*

Abstract

Lung cancer is difficult to detect early, as a result many patients are not saved due to this disease. In order to assist medical staff in making an initial diagnosis of lung cancer, this study aims to develop a fuzzy system for diagnosing lung cancer. The diagnosis is carried out using the results of a lung scan of the patient. A total of 120 CT-Scan image data were used as data sets in this study. The data is divided into two, i.e 96 images for training data and 24 images for testing data. CT-Scan images are improved in quality using the intensity adjustment method. Furthermore, each image is extracted in to ten variables, i.e contrast, correlation, energy, homogeneity, means, variance, standard deviation, skewness, kurtosis and entropy. Data were fuzzified to be used as input in building a lung cancer diagnosis system using fuzzy mamdani inference. The resulting accuracy level on the system using test data yielded the highest accuracy of 83.33% with intensity adjustment, compared with the data without intensity adjustment (70.83%).

Keywords: *Fuzzy System; Lung Cancer; Mamdani*

PENDAHULUAN

Penyakit kanker pada tahun 2020 terus mengalami peningkatan. Menurut data American Cancer Society terdapat kasus kanker baru sebanyak 1.806.590 dalam tahun 2020 saja. Dari kasus tersebut, sebanyak 228.820 merupakan pasien dengan penyakit kanker paru-paru dan 135.720 diantaranya telah meninggal dunia [1]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fatmawati [2] diungkapkan bahwa untuk laki-laki, kanker paru merupakan kanker yang paling banyak terjadi sedangkan untuk perempuan, kasus kanker paru merupakan kasus nomor empat.

Pertumbuhan kanker paru-paru berasal dari paru-paru manusia [3]. Kanker paru-paru terjadi saat sel-sel di paru-paru mengalami pertumbuhan yang tidak terkontrol secara cepat. Kanker ini berasal dari tumor ganas pada epitel bronkus (*bronchogenic carcinoma*). Secara umum, saat ini belum ditemukan metode skrining yang efektif untuk mendiagnosis kanker paru secara dini. Metode skrining yang direkomendasikan saat ini adalah untuk kelompok dengan resiko tinggi yaitu kelompok berusia lebih dari 40 tahun dengan riwayat merokok lebih dari 30 tahun [2]. Faktor resiko lain kanker paru adalah paparan radiasi, paparan bahan kimia karsinogenik dan riwayat kanker pada pasien atau keluarga pasien.

Penyebab kanker paru-paru menjadi penyakit yang mematikan adalah karena kanker ini sulit dideteksi sebelum menjadi penyakit yang parah. Sekitar 85% kanker paru-paru baru terdeteksi setelah dalam stadium akhir [4]. Pendeteksian kanker paru secara dini dapat meningkatkan peluang kesembuhan dari penyakit ini. Oleh karena itu, diagnosis awal kanker paru-paru menjadi hal yang penting. Secara umum kanker paru awalnya terlihat sebagai *nodules* pada paru-paru. *Nodules* ini perlu dianalisis lebih lanjut untuk menentukan apakah berpotensi menjadi kanker atau tidak.

CT-Scan (Computer Tomography Scanning) adalah alat untuk bantu diagnosis dengan aplikasi universal pada pemeriksaan seluruh tubuh. [5]. *CT-Scan* menggunakan kombinasi teknologi komputer dan sinar-x guna memproduksi gambar penampang dengan tampilan vertikal ataupun horizontal dari bagian yang dikenai sinar. *CT-Scan* ini akan menghasilkan citra yang merupakan representasi dari objek hasil penyinaran oleh sumber radiasi. Citra yang dihasilkan merupakan kumpulan berkas cahaya hasil pemantulan benda disekitarnya. Saat ini *CT-Scan* terbaru sudah mampu menghasilkan gambar *multi slice* untuk menentukan posisi suatu objek secara akurat.

Diagnosis penyakit secara otomatis menggunakan komputer merupakan wujud perkembangan teknologi yang sangat penting saat ini. Hal ini diperlukan untuk membantu peran medis dalam melakukan diagnosis awal terhadap penyakit yang diderita pasien. Diagnosis yang diberikan dokter terhadap suatu hasil pemeriksaan *CT-Scan* bisa jadi berbeda-beda mengingat *nodules* yang dihasilkan pada *CT-Scan* posisinya selalu beragam. Perbedaan ini perlu diseragamkan agar tidak terjadi kesalahan dalam penanganan terhadap pasien. Selain itu, diagnosis otomatis kanker paru menggunakan komputer akan membantu mendapatkan rekomendasi sertameyakinkan dokter terhadap hasil diagnosis yang diberikan.

Hingga sekarang, banyak penelitian yang telah dikembangkan untuk melakukan diagnosis terhadap kanker paru-paru. Shewaye dan Mekonnen [6] melakukan penelitian untuk mengklasifikasikan antara tumor dan kanker berdasarkan *nodules* pada paru menggunakan geometri dan tampilan histogram. Li *et. al*[4] membuat sistem otomatis untuk pengklasifikasian tumor paru menggunakan *nodules* paru berdasarkan sistem algoritma *random forest*. Palani [7] membangun sistem prediksi kanker paru menggunakan *fuzzy cluster* berbasis segmentasi dan klasifikasi. Manickavasagam [8] melakukan penelitian terkait deteksi otomatis dan klasifikasi kanker paru menggunakan menggunakan *neuro fuzzy classifier* dengan *cuckoo search algorithm*.

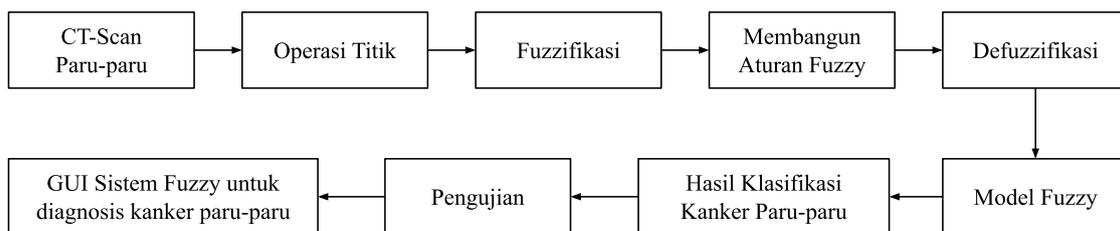
Penelitian terhadap diagnosis kanker paru-paru terus dikembangkan untuk memberikan sistem

terbaik untuk melakukan diagnosis [9]. Pengembangan ini juga termasuk pada sistem yang berbasis logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* menggunakan pemikiran di mana suatu domain akan dipetakan pada interval 0 sampai dengan 1. Dengan demikian, nilai dari suatu kebenaran dalam konsep logika *fuzzy* tidak bersifat mutlak. Di sisi lain, logika tegas memiliki nilai kebenaran yang bersifat mutlak yaitu 0 untuk suatu kesalahan dan 1 untuk menunjukkan kebenaran. Logika *fuzzy* memiliki keunggulan dalam menjelaskan nilai-nilai yang tidak mutlak. Akibatnya, logika *fuzzy* dianggap lebih sesuai untuk digunakan dalam menghadapi permasalahan kehidupan nyata termasuk diagnosis kanker paru-paru.

Logika *fuzzy* digunakan pada sistem *fuzzy* menggunakan metode inferensial tertentu. Metode inferensi yang cukup sederhana untuk diterapkan adalah Metode Mamdani. Metode ini memiliki algoritma perhitungan yang tidak rumit dan mudah dipahami [10][19]. Metode Mamdani juga lebih sesuai untuk tipe data output yang diinginkan pada penelitian yaitu berupa derajat keanggotaan antara kanker dan non-kanker (normal). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *fuzzy* mamdani untuk mendukung kinerja tenaga medis dalam melakukan diagnosis terhadap kanker paru berdasarkan hasil citra *CT-Scan* dengan tingkat akurasi terbaik. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat berkontribusi terhadap dunia medis dalam menyelamatkan lebih banyak penderita kanker paru-paru.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa segmentasi hasil *CT-Scan* paru-paru yang diakses dari website <https://www.kaggle.com/kmader/lungnodemalignancy/home>. Data citra *CT-Scan* yang digunakan terdiri atas 120 citra yang masing-masing memiliki ukuran 64x64 piksel. Data dibagi menjadi dua bagian dengan proporsi 80% data latih dan 20% data uji. Data latih terdiri atas 48 citra *CT-Scan* dengan kategori normal dan 48 citra *CT-Scan* dengan kategori kanker paru-paru, sedangkan pada data uji terdiri atas 12 data *CT-Scan* kategori normal dan 12 data *CT-Scan* kategori kanker paru-paru.



Gambar 1. Langkah Pengembangan Sistem Deteksi Kanker Paru-Paru

Langkah pertama yang dilakukan dalam operasi titik yang dilaksanakan menggunakan teknik *intensity adjustment*. Teknik ini akan melakukan koreksi histogram antara 0 sampai 255. Citra *CT-Scan* selanjutnya diekstraksi untuk menjadi *input* pada sistem *fuzzy* yang akan dibuat. Pada penelitian ini setiap citra *CT-Scan* diekstraksi ke dalam sepuluh variabel yaitu kontras, korelasi, energi, homogenitas, rata-rata, variansi, standar deviasi, *skewness*, kurtosis dan entropi [20].

Variabel-variabel ekstraksi ini dipilih dengan mempertimbangkan bahwa metode ekstraksi akan mempengaruhi hasil yang didapatkan [12]. Lima dari sepuluh fitur yang digunakan yaitu korelasi, kontras, homogenitas, energi, dan entropi sudah tersedia dalam program MATLAB R2015, sedangkan lima fitur rata-rata didapatkan menggunakan Persamaan (1), fitur variansi menggunakan Persamaan (2), fitur standar deviasi menggunakan Persamaan (3), fitur *skewness* menggunakan Persamaan (4) dan kurtosis menggunakan Persamaan (5).

$$\mu = \sum_i \sum_j j(i, j) p(i, j) \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \sum_i \sum_j j(i - \mu)^2 p(i, j) \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_i \sum_j j(i - \mu)^2 p(i, j)} \quad (3)$$

$$Skeunes = \frac{1}{\sigma^3} \sum_i \sum_j j(i - \mu)^3 p(i, j) \quad (4)$$

$$Kurtosis = \frac{1}{\sigma^4} \sum_i \sum_j j(i - \mu)^4 p(i, j) - 3 \quad (5)$$

dengan $p(i, j)$ menunjukkan piksel baris ke- i kolom ke- j .

Berdasarkan data ekstraksi masing-masing pada variabel ditentukan himpunan universal untuk kategori *input* serta *output*. Himpunan *fuzzy* pada *input* dan *output* kemudian didefinisikan dan ditentukan nilai keanggotaannya. Langkah selanjutnya adalah membentuk aturan-aturan *fuzzy* berdasarkan nilai keanggotaan data latih. Aturan-aturan yang terbentuk kemudian diperiksa untuk memastikan tidak ada aturan yang sama.

Tahap defuzzifikasi dilakukan menggunakan defuzzifikasi *centroid*. Setelah sistem terbentuk, dilakukan test uji coba model *fuzzy* terhadap data uji. Tahap terakhir yang dilakukan adalah mengimplementasikan sistem *fuzzy* yang telah dikembangkan pada *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB. Penggunaan GUI bertujuan untuk mempermudah pengguna dalam mengoperasikan sistem. Secara sederhana, langkah-langkah penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembentukan sistem *fuzzy* untuk mendiagnosis kanker paru-paru melalui beberapa proses. Secara lebih lengkap, proses ini diuraikan sebagai berikut.

Preprocessing Citra

Tahap *preprocessing* citra bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra yang akan diekstraksi. Sebelum peningkatan citra dilakukan, masing-masing citra dilakukan proses *resize* agar memiliki ukuran sama yaitu 64 x 64 piksel. Citra ini selanjutnya ditingkatkan kualitasnya menggunakan metode *intensity adjustment*. Metode ini digunakan untuk memperbaiki kualitas citra. Pada penelitian ini data sudah berbentuk citra grayscale sehingga lebih mudah untuk diolah [11].

Peningkatan kualitas citra terjadi setelah dilakukan operasi titik. Hal ini terlihat pada Gambar 2, dimana pada gambar kedua citra hasil CT-Scan terlihat lebih jernih. Gangguan-gangguan yang timbul pada saat pengambilan CT-Scan dapat dihilangkan pada proses processing ini. Hasil histogram citra akan menjadi lebih baik setelah dilakukan proses operasi titik. Nilai piksel histogram juga meningkat setelah dilakukan proses ini.



Gambar 2. Citra CT-Scan Sebelum dan Sesudah Operasi titik

Ekstraksi Data

Masing-masing citra diekstraksi dalam sepuluh komponen yaitu kontras, korelasi, energi, homogenitas, rata-rata, variansi, standar deviasi, *skewness*, kurtosis dan entropi Sebagai contoh, citra pada Gambar 2 diekstraksi menjadi seperti yang ditampilkan pada Tabel 1. Hasil ekstraksi ini menjadi identitas dari Gambar 2 yang menunjukkan sebagai kondisi normal paru-paru (non-

kanker). Hasil ekstraksi ini akan digunakan sebagai input pada sistem yang dikembangkan.

Masing-masing nilai yang muncul merupakan fitur dari citra yang telah diekstraksi. Nilai-nilai ini yang digunakan untuk melatih sistem dalam mengenali keberadaan kanker paru-paru berdasarkan citra CT-Scan.

Tabel 1. Hasil ekstraksi ct_tiles-page1303-1.png

Komponen Fitur	ct_tiles-page1303-1.png
Kontras	0.17724
Korelasi	0.97081
Energi	0.2254
Homogenitas	0.96022
Rata-rata	200.7564
Variansi	3931.3796
Standar deviasi	62.7007
Skewness	-1.2836
Kurtosis	4.1951
Entropi	5.8093

Tabel 2. Himpunan semesta variabel

Variabel	Himpunan Semesta
Kontras	$\mu_A = [0,011 ; 0,187]$
Korelasi	$\mu_B = [0,845 ; 0,997]$
Energi	$\mu_C = [0,021 ; 0,542]$
Homogenitas	$\mu_D = [0,828 ; 0,987]$
Rata-rata	$\mu_E = [103 ; 343]$
Variansi	$\mu_F = [1,973 ; 7,827]$
Standar deviasi	$\mu_G = [35,32 ; 66,67]$
Skewness	$\mu_H = [-2,322 ; 0,67]$
Kurtosis	$\mu_I = [2,43 ; 14,67]$
Entropi	$\mu_J = [3,876 ; 8,322]$

Adapun *script* MATLAB yang digunakan untuk memperbaiki kualitas citra dengan metode *intensity adjustment* dan proses ekstraksi adalah sebagai berikut.

```
function ekstraksi
path=input('masukkan nama file citra (png): ');
b=imread(path);
pic=imadjust(b, [0.15 0.9], [0 1]);
% perintah diatas digunakan untuk proses operasi titik
Iec=imresize(pic, [256 256]);
pixelCounts GLs] = imhist(Iec);
numberOfPixels = sum(pixelCounts);
meanGL = sum(GLs .* pixelCounts) / numberOfPixels;
varianceGL = sum((GLs - meanGL) .^ 2 .* pixelCounts) / (numberOfPixels-1);
sd = sqrt(varianceGL);
skew = sum((GLs - meanGL) .^ 3 .* pixelCounts) / ((numberOfPixels- 1) * sd^3);
kur = sum((GLs - meanGL) .^ 4 .* pixelCounts) / ((numberOfPixels -1) * sd^4);
r=1-(1/(1-(sd)^2));
e=entropy(Iec);
GLCM2 = graycomatrix(Iec);
F = graycoprops(GLCM2, 'all');
z=F.Contrast;
y=F.Correlation;
x=F. Energy;
w=F.Homogeneity;
display(['[', num2str(z), ' ', num2str(y), ' ', num2str(x), ' ', num2str(w), ' ',
', num2str(meanGL), ' ', num2str(varianceGL), ' ', num2str(sd), ' ', num2str(skew), ' ',
', num2str(kur), ' ', num2str(e), ']' ]');
```

Klasifikasi Logika Fuzzy

Langkah pertama dalam klasifikasi logika *fuzzy* adalah mengidentifikasi himpunan semesta pada masing-masing variabel yang berasal dari sepuluh komponen fitur yang akan menjadi *input* sistem. Himpunan semesta adalah nilai yang digunakan dalam operasi *fuzzy*. Data yang menjadi dasar dalam penentuan himpunan semesta adalah 96 citra data latih. Data diolah untuk mendapatkan nilai minimum dan nilai maksimum pada masing-masing variabel. Tabel 2 menunjukkan himpunan semesta setiap variabel *input*.

Sementara itu, himpunan semesta pada *output* didefinisikan dengan $U_o = [1 ; 2]$. Nilai 1 menunjukkan paru-paru normal, dan nilai 2 menunjukkan kanker paru-paru. Pusat diagnosis normal adalah 1,25 sehingga diagnosis normal (non-kanker) terletak pada interval $[1 ; 1,5]$ sedangkan pusat diagnosis kanker adalah 1,75 sehingga terletak pada interval $[1,5 ; 2]$.

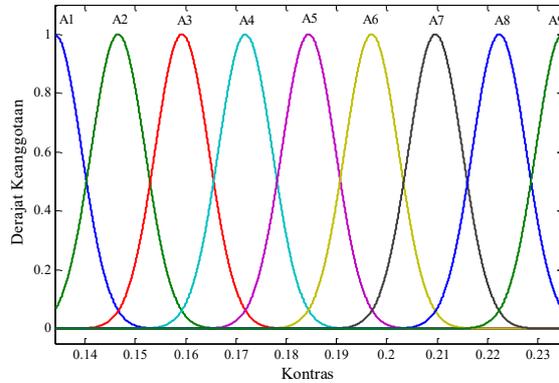
Tahapan fuzzifikasi yaitu proses pendefinisian himpunan tegas ke dalam himpunan *fuzzy* dilakukan dengan bantuan MATLAB 2015a. Proses ini dilakukan dengan memakai fungsi keanggotaan yaitu menggunakan fungsi *Gaussian* yang disajikan pada Persamaan (6).

$$G(x, c, \sigma) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}} \tag{6}$$

Setiap input didefinisikan menjadi sembilan buah himpunan *fuzzy* dengan memakai fungsi keanggotaan *Gauss*. Lebar tiap himpunan *fuzzy* pada masing-masing variabel disajikan dalam Tabel 3. Salah satu tampilan himpunan suatu variabel dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 3. Jarak tiap himpunan pada variabel

Variabel	Jarak Himpunan
Kontras	0,009342
Korelasi	0,008068
Energi	0,0277
Homogenitas	0,008438
Rata-rata	12,74
Variansi	310,7
Standar deviasi	1,669
Skewness	0,1588
Kurtosis	0,6496
Entropi	0,236



Gambar 3. Representasi Himpunan Kontras

Contoh penentuan pengelompokan hasil ekstraksi ke dalam *input* himpunan *fuzzy* untuk Gambar 2 pada variabel kontras disajikan dengan menghitung nilai derajat keanggotaan di setiap himpunan menggunakan fungsi *Gaussian*, sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mu_{A_1}(0,17724) &= 0 \\ \mu_{A_2}(0,17724) &= 0 \\ \mu_{A_3}(0,17724) &= e^{-\frac{(0,17724-0,1845)^2}{2(0,005361)^2}} = 0,00306 \\ \mu_{A_4}(0,17724) &= e^{-\frac{(0,17724-0,1719)^2}{2(0,005361)^2}} = 0,60891 \\ \mu_{A_5}(0,17724) &= e^{-\frac{(0,17724-0,1845)^2}{2(0,005361)^2}} = 0,39973 \\ \mu_{A_6}(0,17724) &= 0 \\ \mu_{A_7}(0,17724) &= 0 \\ \mu_{A_8}(0,17724) &= 0 \\ \mu_{A_9}(0,17724) &= 0 \end{aligned}$$

Kesembilan derajat keanggotaan yang telah ditentukan dipilih yang terbesar menggunakan fungsi maksimal, karena 0,60891 adalah derajat keanggotaan untuk himpunan *fuzzy* A_4 , maka kontras ekstraksi citra ct_tiles-page1303-1.png masuk dalam himpunan *fuzzy* A_4 .

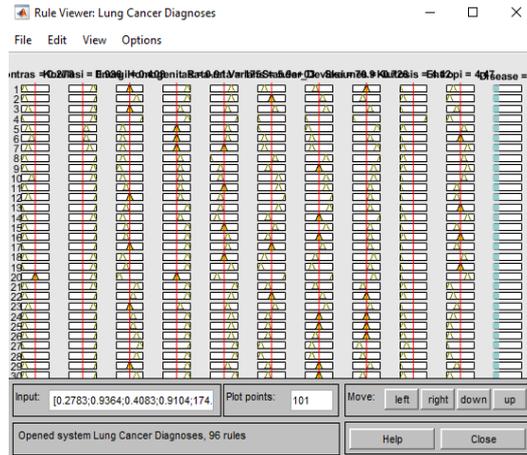
Berdasarkan data latih yang berjumlah 96 citra CT-Scan dibentuk aturan - aturan *fuzzy* menggunakan aplikasi MATLAB aturan yang terbentuk terlihat pada Gambar 4.

Aturan-aturan yang terbentuk selanjutnya dievaluasi menggunakan inferensi mamdani untuk memastikan tidak terdapat aturan yang sama yaitu berjumlah 96 aturan *fuzzy*. Proses evaluasi setiap aturan yang dihubungkan dengan aturan IF-THEN dilakukan melalui inferensi *fuzzy*. Pada penelitian ini digunakan metode inferensi *fuzzy* tipe Mamdani.

Metode ini menggunakan fungsi implikasi *min* atau AND dan agregasi aturan *max* atau OR. Model *fuzzy* mamdani dibangun berdasarkan pengalaman kualitatif dan pengetahuan manusia dalam suatu proses sehingga akan menghasilkan suatu sistem yang efektif [13].

Langkah terakhir dari pembentukan sistem *fuzzy* adalah defuzzifikasi. Metode defuzzifikasi yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode Centroid. Metode ini adalah metode yang

paling banyak digunakan untuk defuzzifikasi pada inferensi mamdani [14].



Gambar 4. Aturan Fuzzy Diagnosis Kanker

Hasil defuzzifikasi merupakan diagnosis kanker paru-paru yang diklasifikasikan menjadi 2 kategori yaitu normal (non-kanker) untuk interval [1; 1.5], dan kanker untuk interval [1.5, 2]. Contoh proses defuzzifikasi dengan citra Gambar 2.

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{\int_1^{1.68105} x(0.6379)dx + \int_{1.68105}^2 x\left(\frac{2-x}{0.5}\right) dx}{\int_1^{1.68105} (0.6379)dx + \int_{1.68105}^2 \left(\frac{2-x}{0.5}\right) dx} = \frac{0.6379\left[\frac{x^2}{2}\right]_1^{1.68105} + \frac{1}{0.5}\left[x^2 - \frac{x^2}{3}\right]_{1.68105}^2}{0.6379[x]_1^{1.68105} + \frac{1}{0.5}\left[2x - \frac{x^2}{2}\right]_{1.68105}^2} \\
 &= \frac{0.6379\left(\frac{1.68105^2}{2} - \frac{1^2}{2}\right) + 2\left(\left[2^2 - \frac{2^3}{3}\right] - \left[1.68105^2 - \frac{1.68105^3}{3}\right]\right)}{0.6379(1.68105 - 1) + 2\left(\left[2(2) - \frac{2^2}{2}\right] - \left[2(1.68105) - \frac{1.68105^2}{2}\right]\right)} \\
 &= \frac{0.6379(1.412965 - 0.5) + 2(1.33333 - 1.24242)}{0.6379(0.68105) + 2(2 - 1.949135)} \\
 &= \frac{0.6379(0.912965) + 2(0.090914)}{0.6379(0.68105) + 2(0.050865)} = \frac{0.58238 + 0.181827}{0.434442 + 0.101729} = 1.425305
 \end{aligned}$$

Hasil Sistem Fuzzy

Hasil diagnosis sistem fuzzy yang telah dibuat kemudian diolah untuk dibandingkan dengan diagnosis asli. Tabel 4 merupakan nilai akurasi pada data uji menggunakan peningkatan kualitas citra intensity adjustment berjumlah 24 data.

Tabel 4. Hasil diagnosis data uji menggunakan Intensity Adjustment.

Diagnosis	Normal (asli)	Kanker (asli)	Jumlah
Normal (diagnosis)	9	3	12
Kanker (diagnosis)	1	11	12
Jumlah	10	14	24

Kesalahan diagnosis terjadi pada empat data. Pada Tabel 4 kolom diagnosis menunjukkan diagnosis asli dan baris diagnosis menunjukkan diagnosis berdasarkan sistem fuzzy. Dari Tabel 4 tersebut diperoleh nilai akurasi sistem fuzzy pada data uji.

$$Akurasi_{uji} = \frac{9 + 11}{24} \times 100\% = 83.33\%$$

Jadi, akurasi sistem fuzzy untuk data uji memiliki nilai sebesar 83.33%, dengan $Error_{uji} = 100\% - 83.33\% = 16.67\%$.

Hasil uji coba sistem *fuzzy* pada data uji tanpa menggunakan metode *intensity adjustment* ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil diagnosis data uji tanpa *intensity adjustment*

Diagnosis	Normal (Asli)	Kanker (Asli)	Jumlah
Normal (Sistem)	8	4	12
Kanker (Sistem)	3	9	12
Jumlah	11	13	24

Dari Tabel 5 tersebut diperoleh keakurasian sistem *fuzzy* pada data uji.

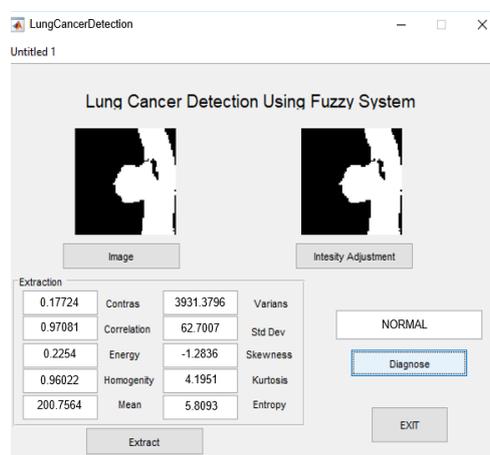
$$Akurasi_{uji} = \frac{8+9}{24} \times 100\% = 70,83\%$$

Jadi, akurasi sistem *fuzzy* untuk data uji memiliki nilai akurasi sebesar 70.83%, dengan error sebesar $Error_{uji} = 100\% - 70.83\% = 29.17\%$.

Nilai akurasi yang dihasilkan dalam penelitian ini tergolong baik untuk sistem *fuzzy* pada data yang telah ditingkatkan kualitasnya maupun yang belum. Kemampuan inferensi mamdani dalam melakukan diagnosis memiliki peran penting dalam sistem *fuzzy* yang dibangun. Hasil ini mengkonfirmasi hasil penelitian Fale [15] yang menyebutkan bahwa inferensi Mamdani mampu memberikan diagnosis dengan baik.

Hasil evaluasi sistem menunjukkan bahwa citra CT-Scan yang kualitasnya telah ditingkatkan menggunakan *intensity adjustment* memberikan nilai akurasi lebih baik dibandingkan dengan yang tidak. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Shubhi [16] bahwa *intensity adjustment* mampu meningkatkan kontras citra sehingga memberikan hasil pengolahan yang lebih baik. Hasil penelitian ini mengkonfirmasi hasil penelitian sebelumnya [17][18] bahwa *fuzzy inference system* dengan bantuan MATLAB dapat digunakan untuk diagnosis kanker paru-paru.

Sistem *fuzzy* selanjutnya diimplementasikan dalam *Graphical User Interface* (GUI) seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan GUI sistem *fuzzy* diagnosis kanker paru-paru

KESIMPULAN

Penelitian ini membuat sistem diagnosis kanker paru-paru berbasis *fuzzy inference system* dengan jumlah aturan sebesar jumlah data latih yang digunakan. Hasil nilai akurasi yang lebih tinggi didapatkan ketika data citra menggunakan teknik *intensity adjustment* guna memperbaiki kualitas citra. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu tenaga medis untuk

mendiagnosis kanker paru-paru serta membantu masyarakat dalam melakukan diagnosis dini kanker paru-paru. Penelitian ini memiliki kelemahan sehingga perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut, dimana pengembangan dan evaluasi sebaiknya dilakukan dengan menambahkan jumlah fitur ekstraksi pada input yang digunakan, menambahkan jumlah data yang digunakan, memperluas dimensi input dengan memadukannya dengan faktor lain seperti usia, kebiasaan merokok, berat badan, dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

1. R. L. Siegel, K. D. Miller, and A. Jemal, "Cancer statistics, 2020," *CA. Cancer J. Clin.*, vol. 70, no. 1, pp. 7–30, 2020, doi: 10.3322/caac.21590.
2. F. Fatmawati, *Panduan Penatalaksanaan Kanker Paru*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019.
3. J. M. Lukeman, "What Is Lung Cancer?," *Perspect. Lung Cancer*, pp. 30–40, 2015, doi: 10.1159/000400400.
4. X. X. Li, B. Li, L. F. Tian, and L. Zhang, "Automatic benign and malignant classification of pulmonary nodules in thoracic computed tomography based on RF algorithm," *IET Image Process.*, vol. 12, no. 7, pp. 1253–1264, 2018, doi: 10.1049/iet-ipr.2016.1014.
5. M. I. Fajri and L. Anifah, "Deteksi Status Kanker Paru-Paru Pada Citra Ct Scan Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *Tek. Elektro*, vol. 7 no. 3, pp. 121–126, 2018.
6. T. N. Shewaye and A. A. Mekonnen, "Benign-Malignant Lung Nodule Classification with Geometric and Appearance Histogram Features," 2016, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1605.08350>
7. D. Palani and K. Venkatalakshmi, "An IoT Based Predictive Modelling for Predicting Lung Cancer Using Fuzzy Cluster Based Segmentation and Classification," *J. Med. Syst.*, vol. 43, no. 2, 2019, doi: 10.1007/s10916-018-1139-7.
8. R. Manickavasagam and S. Selvan, "Automatic Detection and Classification of Lung Nodules in CT Image Using Optimized Neuro Fuzzy Classifier with Cuckoo Search Algorithm," *J. Med. Syst.*, vol. 43, no. 3, 2019, doi: 10.1007/s10916-019-1177-9.
9. H. Choi *et al.*, "Prediction of visceral pleural invasion in lung cancer on CT: deep learning model achieves a radiologist-level performance with adaptive sensitivity and specificity to clinical needs," *Eur. Radiol.*, vol. 31, no. 5, pp. 2866–2876, May 2021, doi: 10.1007/s00330-020-07431-2.
10. S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
11. M. Yildirim and F. Kacar, "Adapting Laplacian based filtering in digital image processing to a retina-inspired analog image processing circuit," *Analog Integr. Circuits Signal Process.*, vol. 100, no. 3, pp. 537–545, 2019, doi: 10.1007/s10470-019-01481-3.
12. L. Qiu, J. Lin, W. Chen, F. Wang, and Q. Hua, "A novel method for image edge extraction based on the Hausdorff derivative," *Phys. A Stat. Mech. its Appl.*, vol. 540, p. 123137, 2020, doi: 10.1016/j.physa.2019.123137.
13. M. H. Eghbal Ahmadi, S. J. Royaei, S. Tayyebi, and R. Bozorgmehry Boozarjomehry, "A new insight into implementing Mamdani fuzzy inference system for dynamic process modeling: Application on flash separator fuzzy dynamic modeling," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 90, no. March 2019, p. 103485, 2020, doi: 10.1016/j.engappai.2020.103485.

14. Y. M. Wang, "Centroid defuzzification and the maximizing set and minimizing set ranking based on alpha level sets," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 57, no. 1, pp. 228–236, 2009, doi: 10.1016/j.cie.2008.11.014.
15. M. I. Fale and Y. G. Abdulsalam, "Dr. Flynnx – A First Aid Mamdani-Sugeno-type fuzzy expert system for differential symptoms-based diagnosis," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.jksuci.2020.04.016.
16. S. kansal and R. K. Tripathi, "Adaptive Geometric Filtering Based on Average Brightness of the Image and Discrete Cosine Transform Coefficient Adjustment for Gray and Color Image Enhancement," *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 45, no. 3, pp. 1655–1668, 2020, doi: 10.1007/s13369-019-04151-8.
17. T. Manikandan and N. Bharathi, "Lung cancer diagnosis from CT images using fuzzy inference system," *Commun. Comput. Inf. Sci.*, vol. 250 CCIS, pp. 642–647, 2011, doi: 10.1007/978-3-642-25734-6_110.
18. U. Ahmed, G. Rasool, S. Zafar, and H. F. Maqbool, "Fuzzy rule based diagnostic system to detect the lung cancer," *2018 Int. Conf. Comput. Electron. Electr. Eng. ICE Cube 2018*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/ICECUBE.2018.8610976.
19. Mila Oktaviyani Lussa, Iveline Anne Marie. "Pemanfaatan Artificial Neural Network dan Fuzzy Inventory Model untuk Penentuan Persediaan Pengaman". Krea-TIF Vol 7 No 2 pp 60-71. DOI: <http://dx.doi.org/10.32832/kreatif.v7i2.2235>
20. Yuniyanto, M., Soeparmi, & Cari. (2021). Klasifikasi Kanker Paru Paru Menggunakan Nive Bayes dengan Variasi Filter dan Ekstraksi Ciri Gray Levl Co-Occurance Matrix (GLCM). *Indonesian Journal of Applied Physics*, 11(2), 256. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/download/1051/398/>