

Deteksi Covid-19 Menggunakan Citra X-Ray Metode *Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)* dan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*

Fitri Mellynia Astiti^{1,a)}, Noorman Atoillah^{1,b)}, Rahmat Rizki Sinulingga^{1,c)}, Achmad Room Fitrianto^{1,d)}

¹ Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

^{a)} email: fitrimellynia05@gmail.com

^{b)} email: noormannatoillah@gmail.com

^{c)} email: rahmatrizkisinulingga@gmail.com

^{d)} email: ar.fitrianto@uinsby.ac.id

Abstrak

COVID-19 pertama kali terdeteksi di negara China, virus ini telah menyebar dengan cepat di hampir seluruh dunia. COVID-19 disebabkan karena virus SARS-COV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome Corona Virus-2*) atau infeksi akut yang menyerang sistem pernafasan. Pemeriksaan COVID-19 dapat dilakukan dengan sinar x atau X-ray. Citra X-ray yang diperoleh kemudian akan diidentifikasi dengan menggunakan sistem CAD atau *Computer Aided Diagnosis*. CAD memiliki tiga proses yang terdiri dari *pre-processing*, *feature extraction* (ekstraksi fitur), dan klasifikasi. Penelitian ini menggunakan data citra X-ray yang terbagi atas 200 data COVID-19 dan 200 data non COVID-19. Masing-masing kelompok data dibagi dengan metode *K-fold Cross Validation* di mana nilai K yang digunakan sebesar 10, sehingga didapatkan pembagian data *training* sebesar 90% dan *testing* sebesar 10%. *Epoch* yang digunakan sebesar 5 dengan 4 parameter (kontras, korelasi, energi, dan homogenitas). Metode ekstraksi fitur yang digunakan yaitu *Gray-Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)* dengan membandingkan setiap sudut pada ekstraksi fitur, sedangkan metode klasifikasi yang digunakan yaitu *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Hasil terbaik yang didapatkan dari GLCM pada sudut 0° dengan nilai akurasi sebesar 0.90, sensitivitas 0.85 dan spesifisitas yaitu 0.95. Ini menunjukkan bahwa penggunaan GLCM dan ANFIS untuk mendeteksi COVID-19 menghasilkan akurasi yang sangat baik.

Kata Kunci: Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, COVID-19, Gray-Level Co-Occurrence Matrix

Abstract

The first detected COVID-19 was in China, this virus has spread worldwide rapidly. COVID-19 is caused by the SARS-CoV-2 virus (*Severe Acute Respiratory Syndrome Corona Virus-2*) or an acute infection that attacks the respiratory system. COVID-19 examination can be carried out by X-rays. The X-ray images will be identified using a CAD system or *Computer-Aided Diagnosis*. CAD has three processes consisting of *preprocessing*, *feature extraction*, and classification. This study compares 200 X-ray image data of COVID-19 data and 200 X-ray image data of non-COVID-19 data. Both groups of data were divided using the *K-fold Cross Validation* method where the K value used is 10 so that the distribution of training data is 90% and testing is 10%. The epoch used is 5 with 4 parameters (contrast, correlation, energy, and homogeneity). In the feature extraction process,

GLCM is used by comparing every angle in the feature extraction, while *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) is used for classification. The best results were obtained from GLCM at an angle of 0° with an accuracy value of 0.90, a sensitivity of 0.85 and a specificity of 0.95. This shows that the use of GLCM and ANFIS for COVID-19 detection performs well.

Keywords: Adaptive Neuro Fuzzy Inference System, COVID-19, Gray-Level Co-Occurrence Matrix

Pendahuluan

Masyarakat di dunia digoncang dengan adanya penyakit baru yang ditemukan di Wuhan, China. Penyakit ini menyerang saluran pernafasan hingga terjadi infeksi pada saluran tersebut [1][5]. WHO memberi nama penyakit tersebut dengan sebutan COVID-19 (*Corona Virus Disease-19*). Penyakit COVID-19 disebabkan karena virus SARS-COV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome Corona Virus-2*) atau infeksi akut yang menyerang sistem pernafasan [2].

COVID-19 memiliki gejala umum yang sering terjadi seperti kelelahan, batuk kering hingga demam, sedangkan pada gejala khusus diantaranya sakit tenggorokan, nyeri otot, hilangnya indera penciuman hingga indera perasa [3]. Laju penularan COVID-19 tergolong sangat cepat, untuk menekan laju penyebaran tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti menjaga jarak, menggunakan masker pada saat keluar rumah atau bepergian, rajin mencuci tangan, menghindari kerumunan dan melakukan pembatasan aktivitas [4].

Pasien yang terpapar COVID-19 akan mengalami sesak nafas akut. Untuk proses identifikasi dapat dilakukan dengan cara tes PCR (*Polymerase Chain Reaction*) dan *Swab*. Tetapi tes PCR dan *Swab* membutuhkan waktu yang tergolong lama serta biaya yang terbilang mahal untuk beberapa daerah [6]. Alternatif yang dapat digunakan untuk mengganti PCR dan *Swab* yaitu dengan *CT (Computer Tomography) Scan* dan *X-ray* atau melalui pencitraan pada paru-paru, teknik ini dapat menjadi pertimbangan karena lebih mudah dan hasilnya lebih presisi. Pada teknik ini dihasilkan gambaran kondisi paru-paru pasien. Self, W. H., Courtney, D. M., McNaughton, C. D., Wunderink, R. G., dan Kline, J. A [7] telah melakukan diagnosis tingkat keganasan COVID-19 yang dilakukan pada 73 pasien menggunakan *CT Scan*. Diagnosis tersebut menghasilkan sebanyak 6 pasien didiagnosis menderita pneumonia dan 67 lainnya didiagnosis terinfeksi COVID-19.

Citra medis seperti *X-ray* dapat dianalisis menggunakan CAD (*Computer Aided Diagnosis*). Sebelum memasuki tahap diagnosis, dibutuhkan tahap *preprocessing*, tujuan dari tahap ini yaitu memperbaiki kualitas citra. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan nilai ciri yang terdapat didalam suatu citra. Salah satu metode ekstraksi fitur yang sering digunakan adalah GLCM (*Gray Level Co-occurrence Matrix*) [8]. Pada tersebut terdapat beberapa fitur yang dapat dihasilkan, seperti kontras, energi, entropi dan homogenitas. Pada penelitian lainnya menunjukkan bahwa hasil akurasi deteksi penyakit leukimia akut yang diekstraksi dengan menggunakan GLCM memperoleh hasil akurasi lebih dari 95% [9]. Dalam penelitian yang dilakukan oleh [10] untuk mengklasifikasi data citra dengan ekstraksi fitur menggunakan GLCM memperoleh hasil terbaik yang diambil pada jarak pengambilan 20 cm pada arah GLCM 135° sebesar 87,5%.

Pada proses klasifikasi dapat dilakukan dengan menggunakan metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*). Dalam bidang kesehatan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) digunakan untuk mendeteksi dan segmentasi tumor otak glioma berbasis fusion menghasilkan sensitivitas sebesar 92,3%, spesifisitas sebesar 96,2% dan keakuratan sebesar 95,9% [11]. Selain itu juga terdapat penelitian tentang identifikasi tumor hati ganas dan jinak dari ultrasonografi berdasarkan fitur tekstur GLCM dan *Fuzzy SVM*, penelitian tersebut menjelaskan

bahwa algoritma FSVM yang diusulkan dan teknik fitur tekstur GLCM layak dan sangat baik dalam klasifikasi ultrasonografi hati tumor [12]. GLCM juga dapat digunakan untuk tahap ekstraksi fitur data COVID-19 seperti pada penelitian yang dilakukan oleh [13]. Penelitian tersebut menggunakan metode ELM untuk proses klasifikasinya, dan menghasilkan akurasi sebesar 92,23%.

Berdasarkan permasalahan serta referensi-referensi yang telah di ulas mengenai keunggulan metode ANFIS dalam mengklasifikasi di berbagai bidang seperti bidang kesehatan, pangan dan industri serta ekstraksi fitur dengan GLCM dan pentingnya deteksi COVID-19, maka penelitian ini melakukan deteksi COVID-19 menggunakan metode ANFIS. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan dalam melakukan deteksi COVID-19 dengan memanfaatkan kecerdasan buatan.

Metode

Metode penelitian yang digunakan oleh penulis menggunakan dua buah algoritma yaitu *Gray Level Co-occurrence Matrix* atau yang selanjutnya disebut GLCM dan algoritma *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* yang selanjutnya disebut ANFIS. Tujuan penggunaan metode tersebut untuk mendeteksi seorang pasien teridentifikasi Covid-19 atau tidak dengan mengambil data Citra X-Ray.

1. *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM)

GLCM adalah metode yang memanfaatkan proses perhitungan statistik untuk melakukan ekstraksi data citra, pada metode ini relasi spasial dari pixel yang terdapat pada data citra akan menjadi pertimbangan. Kemunculan piksel – piksel mempunyai nilai keabu-abuan pada tingkat tertentu. Di mana piksel – piksel tersebut memiliki jarak (d), (d) bernilai 1 atau 2, serta berada dalam sudut tertentu (θ), (θ) bernilai $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ dan lainnya. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam perhitungan GLCM yaitu [14], [15]:

- 1) Pasangan piksel yang terletak berjajar serta sesuai dengan arah sudut akan membentuk matriks awal GLCM.
- 2) Dibentuk matriks simetris dengan penjumlahan matriks mula-mula dari GLCM dan nilai transpose matriks awal GLCM.
- 3) Dilakukan normalisasi matriks GLCM, proses tersebut dilakukan dengan cara membagi setiap anggota matriks dengan jumlah piksel.
- 4) Secara umum GLCM mengekstraksi 4 macam fitur yaitu [16] :

- Energi

Parameter ini digunakan untuk mengukur konsentrasi pada pasangan *grey level* dengan intensitas nilai keabu-abuan tertentu yang terdapat dalam matriks. Persamaan nilai energi (E) adalah:

$$E = \sum_{m,n} (p_{m,n})^2 \quad (1)$$

keterangan:

m merupakan derajat keabuan dalam baris ke m

n merupakan derajat keabuan dalam kolom ke n

$p_{m,n}$ merupakan peluang keabuan dalam baris ke m dan kolom ke n

- Homogenitas

Parameter ini digunakan untuk menunjukkan nilai dari ketergantungan linier derajat keabuan pada data citra, sehingga didapatkan nilai struktur linier dalam data citra. Persamaan nilai korelasi (CO) yaitu:

$$CO = \sum_{m,n} \frac{(m - \mu_m)(n - \mu_n)P(m,n)}{\sigma_m \sigma_n} \tag{2}$$

keterangan:

$\mu_{m,n}$ merupakan nilai rerata pada kolom dan baris matriks

$\sigma_{m,n}$ merupakan nilai standar deviasi pada kolom dan baris matriks

- Kontras

Parameter ini digunakan untuk menghitung derajat keabuan atau untuk menghitung perbedaan dalam data citra, dan dalam menyatakan intensitas nilai terang dan nilai nilai gelap dalam sebuah citra. Persamaan nilai kontras (CON) yaitu:

$$EN = \sum_{m,n} m - n^2 p_{m,n} \tag{3}$$

keterangan:

m merupakan derajat keabuan dalam baris ke m

n merupakan derajat keabuan dalam kolom ke n

$p_{m,n}$ merupakan peluang keabuan dalam baris ke m dan kolom ke n

- Homogenitas

Parameter ini berfungsi untuk menghitung kehomogenan (perbedaan lokal) variasi dari nilai intensitas grey level dalam suatu data citra. Persamaan nilai homogenitas (H) yaitu:

$$H = \sum_{m,n} \frac{P_{m,n}}{1 + |m - n|} \tag{4}$$

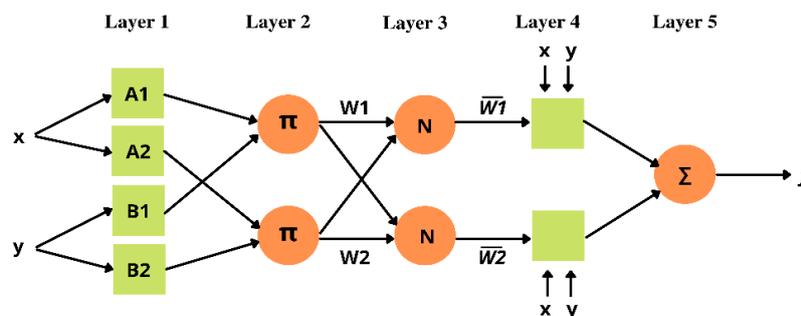
keterangan:

m merupakan derajat keabuan dalam baris ke m

n merupakan derajat keabuan dalam kolom ke n

2. Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)

ANFIS merupakan gabungan antara sistem *fuzzy logic* dengan *artificial neural network*. Penggabungan kedua sistem tersebut dianggap dapat untuk menemukan suatu solusi dari permasalahan yang kompleks, hal tersebut dikarenakan kedua sistem tersebut saling mendukung, di mana sistem jaringan syaraf tiruan berfungsi memperbaiki nilai dari parameter. Jaringan saraf tiruan mempunyai kelebihan dalam hal mendeteksi pola, *training* dan *testing* untuk menyelesaikan suatu permasalahan. Sedangkan sistem logika fuzzy berfungsi mengontrol *learning rate* dari sistem jaringan syaraf tiruan. Arsitektur dari ANFIS memiliki kemiripan dengan model Sugeno [17], [18], [19]. Lebih jelasnya dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Arsitektur ANFIS [18]

Secara umum ANFIS terdiri atas 5 lapisan [17], [18].

- 1) Lapisan 1: sebagai proses fuzzifikasi yang menghasilkan nilai derajat keanggotaannya.

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^2} \quad (9)$$

- 2) Lapisan 2: untuk menghasilkan nilai w , fungsi ini harus mengalikan setiap sinyal yang masuk dari lapisan pertama.

$$w_i = \mu_{A_i}(x_1)\mu_{B_i}(x_2), i = 1,2 \quad (10)$$

- 3) Lapisan 3: menghitung nilai normalisasi sebelum diterapkan pada lapisan keempat. Normalisasi merupakan suatu proses reevaluasi agar memperoleh total/maksimal yang bernilai satu.

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \quad (11)$$

- 4) Lapisan 4: sebagai proses defuzzifikasi, dengan melakukan pengalihan dengan fungsi yang melibatkan (x dan y) dan menghasilkan output atau keluaran dalam bentuk *crisp*.

$$\bar{w}_i * f_i = \bar{w}_i(p_i * x + q_i * y + r_i) \quad (12)$$

- 5) Lapisan 5: menjumlah hasil informasi yang diperoleh dari lapisan ke empat.

$$\sum \bar{w}_i * f_i = \frac{\sum w_i * f_i}{\sum w_i} \quad (13)$$

Langkah selanjutnya, yaitu langkah atau jalan mundur, hasil perhitungan *error output* yang diinginkan dan *output* aktual dijalankan pada langkah mundur. Secara singkat, pada langkah ini akan dihitung nilai *error* [17]. Sedangkan nilai premis diperbaharui dengan memanfaatkan metode penurunan gradien. Setiap satu langkah maju dan langkah mundur ini dinamakan dengan satu *epoch*. Pada langkah-langkah ini dikerjakan berulang kali hingga didapatkan hasil yang optimal [18].

3. Mengukur Akurasi dan Sensitivitas

Akurasi dan sesitivitas dari hasil identifikasi penting untuk diukur dan diketahui hasilnya sebagai kredibilitas metode yang digunakan. *Confusion matrix* merupakan metode untuk mengukur akurasi dalam klasifikasi. Metode ini dapat menampilkan nilai akurasi, spesifisitas, dan sensitivitas. Untuk memperoleh nilai akurasi, spesifisitas, dan skor sensitivitas, perlu untuk menemukan *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), *False Negative* (FN), dan *True Positive* (TP) pada *confusion matrix* [20]. Tabel *confusion matrix* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Nilai dari MAPE

Data Aktual	Hasil Prediksi	
	Positif	Negatif
Positif	TP	FN
Negatif	FP	TN

Sumber: A.Luque et.al.(2019)

Setelah diperoleh nilai TP, TN, FP, FN maka langkah selanjutnya mencari nilai dari akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas dengan menggunakan persamaan (14), (15), dan (16).

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (14)$$

$$Sensitivitas = \frac{TP}{TP+FN} \quad (15)$$

$$Spesifisitas = \frac{TN}{TN+FP} \quad (16)$$

Akurasi merupakan tingkat keberhasilan dalam klasifikasi yang dilakukan. Sensitivitas menunjukkan di mana orang yang didiagnosis penyakit itu memang orang yang terkena penyakit. Spesifisitas menunjukkan akan lebih baik jika data normal diidentifikasi secara normal [21].

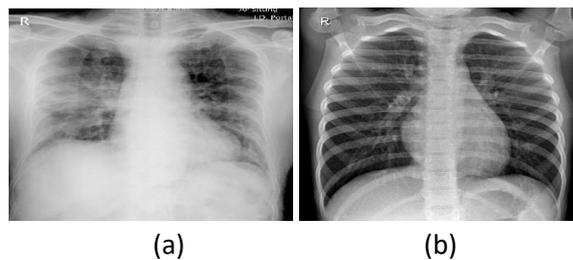
Langkah-Langkah Penelitian

1) Jenis Penelitian

Penelitian mengenai deteksi citra *chest X-ray* mengenai penyakit COVID-19 menggunakan ekstraksi fitur dengan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan metode klasifikasi yaitu *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Penelitian ini termasuk jenis penelitian terapan, karena penelitian ini merupakan penerapan suatu metode untuk memecahkan suatu permasalahan. Hasil dari klasifikasi pada penelitian ini memiliki tujuan untuk salah satu alternatif dalam mendeteksi penyakit COVID-19 menggunakan citra X-Ray.

2) Data Penelitian

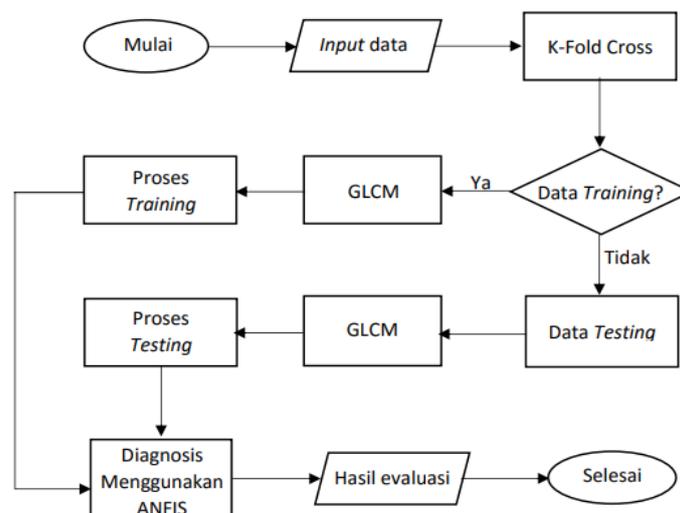
Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data COVID-19 dan Non COVID-19. Jumlah data COVID-19 yaitu sebanyak 200 data dan jumlah data Non COVID-19 sebanyak 200 data. Data tersebut diperoleh dari *website Kaggle* [24]. Contoh data kanker kulit yang akan diuji seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) COVID-19. (b) Non COVID-19. [24]

3) Pengolahan Data

Tahap-tahap yang akan dilakukan pada penelitian ini digambarkan pada diagram alir sesuai pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir [23]

Penelitian ini diawali dengan memasukkan data ke dalam program Matlab 2017. Langkah selanjutnya yaitu membagi data *training* serta data *testing* dengan bantuan *K-fold Cross Validation* lebih jelasnya terdapat pada Gambar 4. Selanjutnya mengekstraksi data citra dengan memanfaatkan metode *Gray-Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) [22]. Setelah mendapatkan hasil ekstraksi dari GLCM, selanjutnya untuk proses pembentukan model diagnosis COVID-19 menggunakan metode ANFIS. Proses pembentukan model ini yaitu dimulai dengan melakukan pengklasteran data dengan menggunakan model *Fuzzy C-Means Clustering* (FCM), setelah itu mencari nilai rata-rata dan standar deviasi berdasarkan kecenderungan data masuk ke suatu kluster, setelah itu menghitung *output* dari lapisan pertama hingga lapisan kelima. Langkah terakhir yaitu mencari akurasi dari hasil identifikasi kanker kulit dengan menggunakan *confusion matrix* [23].

Data Penyakit Kulit Sebanyak 100			
Testing	Training	Training	Training
Training	Testing	Training	Training
Training	Training	Testing	Training
Training	Training	Training	Testing

Gambar 4. Sampel Pembagian Data Menggunakan *K-Fold Cross* [13]

Teknik untuk memvalidasi menggunakan *K-fold Cross Validation* yang berfungsi untuk membagi dataset menjadi dua yaitu data *training* dan data *testing* sehingga diperoleh hasil yang akurat. Pada metode *K-fold Cross Validation* data dibagi sebanyak k . Nilai k yang digunakan yaitu 10, sehingga menghasilkan 360 data *training* dan 40 data *testing*.

Setelah dilakukan pembagian data langkah selanjutnya yaitu mencari parameter. Penelitian ini menggunakan ekstraksi GLCM, dengan ekstraksi ciri yang digunakan yaitu 4 parameter di antaranya kontras, korelasi, energi, dan homogenitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari ekstraksi fitur menggunakan GLCM dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil tersebut akan digunakan untuk membentuk rule yang diperlukan dalam klasifikasi *Fuzzy Logic*.

Tabel 2. Sampel Ekstraksi Menggunakan GLCM

Kelas	Kontras	Korelasi	Energi	Homogenitas
COVID-19	0.1687	0.9578	0.1880	0.9289
	0.1334	0.9677	0.2134	0.9339
	0.1972	0.9715	0.1237	0.9052
	0.1714	0.9666	0.1491	0.9160
	0.1961	0.9484	0.1391	0.9056
Non COVID-19	0.1473	0.8930	0.2569	0.9280
	0.1675	0.9489	0.1595	0.9190
	0.0881	0.9072	0.5020	0.9577
	0.1271	0.9300	0.3513	0.9385

	0.1185	0.9113	0.3757	0.9420
--	--------	--------	--------	--------

Penelitian ini menggunakan metode ANFIS untuk mengklasifikasi dengan *epoch* yaitu 5. Hasil klasifikasi kemudian divalidasi dengan menggunakan *confusion matrix*, maka diperoleh persentase akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas. Percobaan klasifikasi ini dilakukan dengan berbagai derajat di GLCM. Hasil dari percobaan dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Klasifikasi

Sudut	Akurasi	Sensitivitas	Spesifisitas
0°	0.90	0.85	0.95
45°	0.85	0.80	0.75
90°	0.60	0.40	0.80
135°	0.80	0.65	0.85

Dari hasil percobaan pada Tabel 3 terlihat bahwa hasil terbaik yang didapatkan dari GLCM pada sudut 0° dengan nilai akurasi sebesar 0.90, sensitivitas 0.85 dan spesifisitas yaitu 0.95. Hasil ini dapat dikategorikan sangat baik, karena tingkat kesalahannya hanya 0.10 atau 10%. Proses ekstraksi fitur menggunakan metode GLCM dan proses klasifikasi menggunakan metode ANFIS dapat mengklasifikasikan citra x-ray untuk COVID-19 dan COVID-19 dengan baik.

KESIMPULAN

Hasil penelitian deteksi COVID-19 dengan metode ANFIS dengan ekstraksi fitur GLCM telah disajikan. Dengan *epoch* sebesar 5, menggunakan 4 parameter (kontras, korelasi, energi, dan homogenitas), serta membandingkan setiap sudut pada ekstraksi fitur dengan GLCM, performa terbaik yang didapatkan yaitu tingkat akurasi sebesar 90%, sensitivitas 85% dan spesifisitas yaitu 95%. Karena nilai akurasi mencapai 0.90 maka dapat dikategorikan sangat baik, sehingga metode ANFIS dapat mengklasifikasi dengan baik.

Referensi

- [1] W.H. Organization. Laboratory testing for coronavirus disease 2019 (COVID-19) in suspected human cases: interim guidance, 2 March 2020 (No. WHO/COVID19/laboratory/2020.4). World Health Organization, 2020.
- [2] H. Chaolin., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., Zhang, L., Fan, G., Xu, J., Gu, X., Cheng, Z., Yu, T., Xia, J., Wei, Y., Wu, W., Xie, X., Yin, W., Li, H., Liu, M., Xiao, Y., Gao, H., Guo, L., Xie, J., Wang, G., Jiang, R., Gao, Z., Jin, Q., Wang, J., and Cao, B. "Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China". The Lancet, 395(10223):497–506, 2020.
- [3] R Liu, K. C., Xu, P., Lv, W. F., Qiu, X. H., Yao, J. L., Gu, J. F., and Wei, W. "CT manifestations of coronavirus disease-2019: A retrospective analysis of 73 cases by disease severity". European Journal of Radiology, 126(February):108941, 2020.
- [4] P. Boldog., Tekeli, T., Vizi, Z., Denes, A., Bartha, F. A., and R´ ost, G. Risk "Assessment of Novel Coronavirus COVID-19 Outbreaks Outside China". Journal of Clinical Medicine, 9(2):571. 2020.
- [5] Z.Y. Zu, Jiang, M. D., Xu, P. P., Chen, W., Ni, Q. Q., Lu, G. M., and Zhang, L. J. H13. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Perspective from ChinaZu, Z. Y., Jiang, M. D., Xu, P. P., Chen, W., Ni, Q. Q., Lu, G. M., & Zhang, L. J. (2020). H13. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Perspective from China. Radiology, 200490. [https://doi. Radiology, 2019:200490. 2020.](https://doi.org/10.1148/radiol.2020200490)
- [6] D. Wang, B. Hu, C. Hu, F. Zhu, X. Liu, J Zhang., B. Wang, Xiang, H. Xiang, Z. Cheng, Y Xiong., Y. Zhao, Y. Li, X. Wang, and Z. Peng. "Hospitalized Patients with 2019 Novel CoronavirusInfected Pneumonia in Wuhan, China". JAMA - Journal of the American Medical Association,

- 323(11):1061–1069. 2020.
- [7] W. H. Self, D. M. Courtney, C. D. McNaughton, R. G. Wunderink, and J. A. Kline. (2013). "High discordance of chest x-ray and computed tomography detection of pulmonary opacities in ED patients: Implications for diagnosing pneumonia". *American Journal of Emergency Medicine*, 31(2):401–405.
- [8] S. Punitha., A. Amuthan, and K. S. Joseph. "Benign and malignant breast cancer segmentation using optimized region growing technique". *Future Computing and Informatics Journal*, 3(2):348–358, 2018.
- [9] S. Mishra, B. Majhi, P. K. Sa, and L. Sharma. "Gray level cooccurrence matrix and random forest based acute lymphoblastic leukemia detection". *Biomedical Signal Processing and Control*, 33:272–280, 2017.
- [10] N. Neneng, K. Adi, and R. Isnanto. "Support Vector Machine Untuk Klasifikasi Citra Jenis Daging Berdasarkan Tekstur Menggunakan Ekstraksi Ciri Gray Level Co-Occurrence Matrices (GLCM)". *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 6(1):1, 2016.
- [11] A. Selvapandian and K. Manivannan, "Fusion based glioma brain tumor detection and segmentation using ANFIS classification," *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 166, pp. 33–38, 2018.
- [12] G. Xian, "An identification method of malignant and benign liver tumors from ultrasonography based on GLCM texture features and fuzzy SVM," *Expert Syst. Appl.*, vol. 37, no. 10, pp. 6737–6741, 2010.
- [13] V.U.M. Maksum, "Klasifikasi data citra X-Ray Covid-19 Menggunakan Metode GLCM dan Extreme Learning Machine (ELM)" UIN Sunan Ampel Surabaya, 2021.
- [14] R. A. Surya, A. Fadlil, and A. Yudhana, "Ekstraksi Ciri Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) dan Filter Gabor untuk Klasifikasi citra Batik Pekalongan," *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 2, no. 2, pp. 23–26, 2017.
- [15] R. Widodo, A. W. Widodo, and A. Supriyanto, "Pemanfaatan Ciri Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Citra Buah Jeruk Keprok (Citrus reticulata Blanco) untuk Klasifikasi Mutu," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. e-ISSN*, vol. 2548, p. 964X, 2018.
- [16] D. P. Pamungkas, "Ekstraksi Citra menggunakan Metode GLCM dan KNN untuk Identifikasi Jenis Anggrek (Orchidaceae)," *Innov. Res. Informatics*, vol. 1, no. 2, 2019.
- [17] M. I. Azhar and W. F. Mahmudy, "Prediksi Curah Hujan Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. e-ISSN*, vol. 2548, p. 964X, 2018.
- [18] D. C. Rini, U. Khasanah, W. D. Utami, and P. K. Intan, "Analisis Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System," *MathVisioN*, vol. 1, no. 1, pp. 17–24, 2019.
- [19] R. A. Mahessya and S. Indrawati, "Implementasi Metode Anfis Data Mining dalam Menyeleksi Beasiswa di SMPN 7 Sorolangun," *J. Process.*, vol. 12, no. 1, pp. 904–915, 2018.
- [20] A. Luque, A. Carrasco, A. Martín, and A. de las Heras, "The impact of class imbalance in classification performance metrics based on the binary confusion matrix," *Pattern Recognit.*, vol. 91, pp. 216–231, 2019.
- [21] J. Xu, Y. Zhang, and D. Miao, "Three-way confusion matrix for classification: a measure driven view," *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 507, pp. 772–794, 2020.
- [22] I. Puspita and A. M. Abadi, "Diagnosing Heart Disease using Wavelet Transformation and Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) Based on Electrocardiogram (ECG)," *EKSAKTA J. Sci. Data Anal.*, vol. 19, no. 1, pp. 71–82, 2019.
- [23] F. Ghali, "Skin Cancer Diagnosis by Using Fuzzy Logic and GLCM," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1279, no. 1, p. 12020.
- [24] <https://www.kaggle.com/c/siim-covid19-detection>