

Identifikasi COVID-19 Berdasarkan Citra X-Ray Paru-Paru Menggunakan Metode Local Binary Pattern Dan Random Forest

(COVID-19 Identification Based On Chest X-Ray With Local Binary Pattern And Random Forest Method)

1st Afifah Amatulla Suaib
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

afifahsuaib@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Iwan Iwut Tritasmoro
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

iwaniwut@telkomuniversity.ac.id

3rd Nur Ibrahim
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

nuribrahim@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Covid-19 merupakan fenomena yang tidak bisa dilupakan oleh dunia. Pada akhir tahun 2019 tepatnya di Wuhan, China virus *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2 (SarsCov-2)* ditemukan dan berkembang, hingga *World Health Organization (WHO)* menetapkan Covid-19 sebagai pandemi pada tanggal 9 Maret 2020. Pesatnya perkembangan dan penularan virus ini sempat membuat kewalahan. Salah satu cara untuk mengetahui seseorang positif Covid-19 dengan melihat hasil *X-Ray* paru-parunya. Hasil *X-Ray* akan dianalisis untuk mengetahui keadaan paru-paru seseorang. Dalam Tugas Akhir ini, metode yang digunakan terdiri dari metode ekstraksi ciri yaitu menggunakan *Local Binary Pattern (LBP)* dan metode klasifikasi menggunakan *Random Forest*. Penelitian ini menggunakan data latih dan data uji berupa citra *X-Ray* paru-paru yang dibedakan menjadi tiga kelas diantaranya paru-paru normal, positif Covid-19, dan *Pneumonia*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan menggunakan 1.200 citra yang terbagi menjadi 900 data latih dan 300 data uji, sistem dapat mengidentifikasi Covid-19 berdasarkan citra *X-Ray* paru-paru dan mengklasifikasikannya kedalam tiga kelas. Hasil akurasi tertinggi yang didapatkan yaitu 85,67% dengan menggunakan variasi *resize* citra= 200x200 piksel, radius ekstraksi ciri *LBP*= 8, dan jumlah pohon pada klasifikasi *Random Forest*= 200.

Kata kunci—*Covid-19, X-Ray, LBP (Local Binary Pattern), random forest.*

Abstract—*Covid-19 is a phenomenon that cannot be forgotten by the world. At the end of 2019 in Wuhan, China the Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2 (SarsCov-2) virus was discovered and developed, until the World Health Organization (WHO) declared Covid-19 as a pandemic on March 9, 2020. The rapid development and transmission of this virus was overwhelmed. One way to find out someone is positive for Covid-19 is by looking at the X-Ray results of their lungs. The X-Ray results will be analyzed to determine the state of a person's lungs. The method used in this study consists of feature extraction method using Local Binary Pattern (LBP) and classification method using Random Forest. This study uses training data and test data in the form of X-Ray image of the lungs which are divided into three classes including normal lungs, positive for Covid-19, and Pneumonia. Based on the results of tests that have been carried out using 1,200 images divided into 900 training data and 300 test data, the system can identify Covid-19 based on X-Ray images of the lungs and classify them into three classes. The highest accuracy results obtained were 85.67% using variations in image resizing 200x200 pixel, extraction radius of LBP= 8, and the number of trees in the Classification Random Forest= 200.*

Keywords—*Covid-19, X-Ray, LBP (Local Binary Pattern), random forest.*

I. PENDAHULUAN

Organisasi Kesehatan Dunia atau *World Health Organization* (WHO) menetapkan Covid-19 sebagai pandemi pada tanggal 9 Maret 2020 [1]. Pandemi yang artinya virus Covid-19 telah menyebar ke seluruh dunia. Penanganan terhadap Covid-19 yang lambat dapat membahayakan semua orang dikarenakan penyebarannya yang sangat cepat. Salah satu cara untuk mengidentifikasi pasien yang telah positif Covid-19 dengan melihat hasil *X-Ray* paru-parunya. Gambaran paru-paru memang menjadi salah satu acuan untuk mendeteksi infeksi virus Corona di tubuh seseorang. Itulah alasannya, selain pemeriksaan swab tenggorok (swab PCR), rontgen *thorax* atau rontgen dada juga dijadikan salah satu pemeriksaan yang dilakukan untuk memastikan diagnosis serta memantau perkembangan penyakit pada pasien yang sudah terbukti positif Covid-19. [2]

Pada tahun 2021 telah dilakukan penelitian oleh Dimas Setriyo Wahyudi dengan judul Sistem Deteksi Covid-19 Berdasarkan Citra *X-Ray* Menggunakan Metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *K-Nearest Neighbour* (K-NN) menggunakan 180 citra yang dibagi menjadi data latih dan data uji dengan hasil akurasi yang didapatkan 85.6%. [3]

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, peneliti ingin melakukan pengembangan dengan menggunakan metode ekstraksi citra berupa *Local Binary Pattern* (LBP) dan metode klasifikasi *Random Forest*. Metode LBP memiliki keunggulan yaitu toleransi yang tinggi terhadap citra *grayscale* yang berbeda setiap pikselnya sedangkan *Random Forest* dapat digunakan untuk dataset dengan jumlah yang banyak dan dapat meningkatkan hasil akurasi. Oleh karena itu, dengan menggunakan metode tersebut diharapkan dapat mendapatkan hasil yang maksimal dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasi citra dengan tiga kelas yaitu covid, normal, dan *pneumonia*.

II. KAJIAN TEORI

A. Citra Digital

Citra digital adalah sebuah gambaran dari suatu objek. Citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer. Citra digital diperoleh dari citra analog yang dikonversikan melalui proses sampling dan kuantisasi. Dari proses digitalisasi (sampling dan kuantisasi) diperoleh besar baris M dan kolom N hingga citra membentuk matriks $M \times N$, dimana perpotongan antara kolom dan baris tersebut disebut dengan piksel atau *picture element* yang merupakan elemen terkecil dari suatu citra [4]. Piksel memiliki dua parameter yaitu koordinat dan intensitas. Setiap piksel memiliki intensitas tertentu, nilai yang rendah menyatakan intensitas rendah (gelap) sedangkan untuk nilai yang tinggi menyatakan intensitas tinggi (terang).

B. Citra *X-Ray*

Citra *X-Ray* adalah pencitraan medis yang digunakan untuk mendiagnosa penyakit paru-paru menggunakan rontgen yang memanfaatkan sinar-X sehingga menjadi bentuk foto rontgen. Pada mesin *X-Ray* akan memunculkan sinar radiasi yang kecil dan akan melewati tubuh sehingga akan merekam citra pada plat khusus atau film untuk merekam hasil gambar digital [5].

C. Corona Virus (Covid-19)

Corona Virus atau dikenal dengan Covid-19 merupakan penyakit yang muncul diakhir tahun 2019 tepatnya di Wuhan, China disebabkan oleh virus *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2* (*SarsCov-2*). Saat masuk ke dalam tubuh, virus *SarsCov-2*, penyebab Covid-19 akan berjalan ke saluran pernapasan dan menyebabkan terjadinya infeksi. Saat infeksi terjadi, tubuh akan mencoba melawannya dengan sistem imun sebagai garda terdepan. Peperangan antara sistem imun dan virus inilah yang kemudian menyebabkan peradangan di area yang terinfeksi. Pada infeksi Covid-19, peradangan bisa terjadi disemua saluran pernapasan, mulai dari tenggorokan hingga *alveolus*. Peradangan juga menyebabkan paru-paru membengkak hingga terisi cairan. Perubahan inilah yang akan terlihat saat seseorang yang terpapar Covid-19 diperiksa menggunakan rontgen dada.

Pada Gambar 1. merupakan contoh citra *X-Ray* untuk paru-paru pasien positif Covid-19 dan paru-paru normal. Sebagai organ lunak, paru-paru yang normal akan memperlihatkan warna hitam atau gelap pada hasil rontgen. Sementara itu, saat paru mulai terlihat berwarna putih, maka tandanya ia sudah mulai ditutupi oleh cairan maupun kerusakan yang lain. [2]



GAMBAR 1.
PARU-PARU NORMAL (KIRI) DAN PARU-PARU POSITIF COVID-19 ADA LAPISAN WARNA PUTIH YANG MENUTUPI SEBAGIAN PARU (KANAN)

D. Local Binary Pattern (LBP)

Local Binary Pattern (LBP) adalah salah satu metode ekstraksi citra yang telah banyak digunakan untuk analisa tekstur pada citra keabuan yang kemudian diubah menjadi nilai integer [9]. Operasi LBP yaitu dengan membandingkan nilai piksel *grayscale* dari piksel piksel tetangga. Nilai piksel dari citra *grayscale*

diambil sebuah matriks 3x3. Keunggulan metode LBP yaitu mempunyai toleransi yang tinggi dengan citra *grayscale* yang berbeda setiap pikselnya. LBP dapat diformulasikan sebagai berikut:

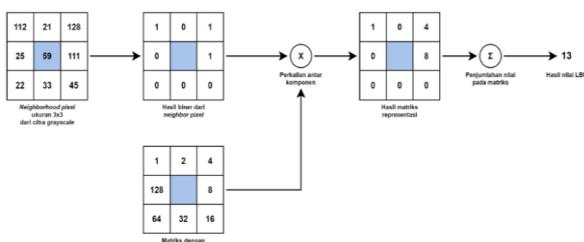
$$LBP_{P,R} = \sum_{p=0}^{p-1} S(g_p - g_c)2^p \tag{2.1}$$

$$S(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \tag{2.2}$$

Pada persamaan 2.1 $LBP_{P,R}$ merupakan nilai desimal hasil konversi dari nilai biner, P adalah banyaknya sampel poin, R adalah jarak radius tetangga yang dihitung antara piksel tetangga dan piksel pusat, g_p adalah nilai *grayscale* pada p dan g_c adalah nilai *grayscale* pada titik pusat piksel. Pada persamaan 2.2 $S(x)$ merupakan fungsi *threshold*.

Proses yang dilakukan pada metode LBP adalah dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan parameter LBP yang akan digunakan berupa nilai P dan R, dimana P adalah *sample point* atau piksel tetangga dan R adalah radius atau jarak antara piksel pusat dan piksel tetangga.
2. Membandingkan nilai setiap piksel tetangga dengan piksel pusat untuk menghasilkan nilai biner menggunakan matriks 3x3. Proses ini disebut dengan *threshold*. Nilai 0 akan diberikan jika nilai piksel tetangga lebih kecil atau sama dengan nilai piksel pusat, sedangkan nilai 1 akan diberikan jika nilai piksel tetangga lebih besar dari nilai piksel pusat atau dalam persamaan matematis dapat dilihat pada persamaan 2.3. Proses perhitungan LBP ditunjukkan pada Gambar 2.
3. Hasil dari proses *threshold* akan dikalikan dengan matriks yang berisikan bilangan 8-bit sehingga menghasilkan bilangan yang kemudian akan dijumlahkan sehingga menghasilkan nilai LBP berupa *integer*.
4. Nilai nilai LBP dalam desimal yang telah didapatkan direpresentasikan melalui histogram. Histogram menunjukkan frekuensi kemunculan relatif dari intensitas sebuah citra.

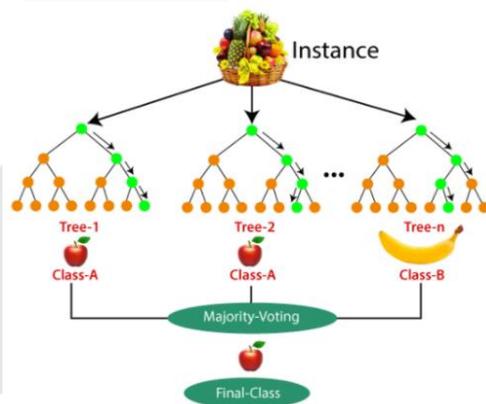


GAMBAR 2. TAHAP PERHITUNGAN NILAI BINER PADA LBP [11]

E. Random Forest

Random Forest merupakan pengembangan dari *Decision Tree*, dimana menghasilkan pohon gabungan yang memberikan tingkat akurat yang lebih tinggi dibandingkan dengan pohon tunggal [6]. *Random Forest* mempunyai keunggulan, yaitu dapat meningkatkan akurasi apabila terdapat data yang hilang serta untuk *resisting outliers*, dan juga efisien untuk penyimpanan data. Tidak hanya itu, pada *Random Forest* terdapat proses seleksi fitur dimana mampu mengambil fitur terbaik sehingga meningkatkan performa pada model klasifikasi. Dengan adanya fitur seleksi, *Random Forest* mampu bekerja pada data yang besar dengan parameter yang kompleks secara efektif [7].

Random Forest bekerja dalam dua fase. Fase pertama yaitu menentukan sejumlah *n-decision tree* yang akan dibentuk dari proses pemilihan data dimana menggunakan teknik *bagging* yaitu memilih sampel dari data latih secara acak dan akan dimasukkan kedalam masing-masing *tree* dengan jumlah yang sama. Fase kedua yaitu membuat prediksi dari sejumlah *decision tree* yang telah dibuat pada fase pertama. Hasil prediksi akhir dari *Random Forest* merupakan hasil *majority voting* dari hasil prediksi yang dihasilkan oleh sejumlah *decision tree*. Ilustrasi cara kerja *Random Forest* ditunjukkan pada Gambar 3.



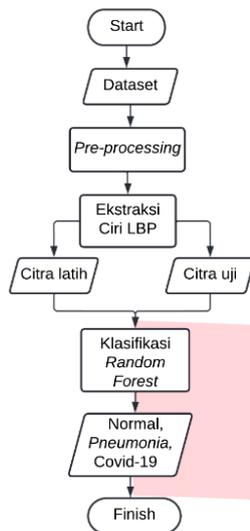
GAMBAR 3. DIAGRAM ILUSTRASI CARA KERJA RANDOM FOREST [10]

III. METODE

A. Perancangan Sistem

Perancangan yang dilakukan pada Tugas Akhir ini menggunakan Jupyter Notebook dalam perancangan sistemnya. Alur perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 4. Tahap awal dalam perancangan yaitu dilakukan input dataset citra yang terdiri dari tiga kelas, kemudian citra melalui tahap *preprocessing* untuk meningkatkan kualitas citra, setelah itu citra

diambil cirinya melalui ekstraksi ciri menggunakan metode *Local Binary Pattern* (LBP), lalu dilakukan pembagian citra data latih dan citra data uji citra dan terakhir dilakukan proses klasifikasi berdasarkan tiga kelas yaitu normal, Covid-19, dan *Pneumonia*.



GAMBAR 4.
FLOWCHART PERANCANGAN SISTEM

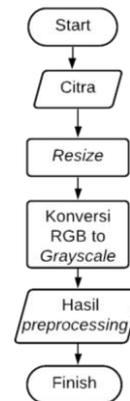
B. Input Citra

Pada tahap ini, citra yang digunakan berupa citra *X-Ray* Paru-paru dengan format .jpg. Data citra yang digunakan dibagi menjadi data latih dan data uji dengan masing-masing ada tiga kelas yaitu Covid-19, normal, dan *Pneumonia*. Data yang digunakan berupa data sekunder yang diperoleh dari *public dataset* Kaggle.com yang terdiri dari 1200 citra. Perbandingan citra data latih dan data uji yang digunakan ialah 75%:25% sehingga dari 1200 citra akan digunakan 900 citra untuk data latih dan 300 untuk data uji.

C. Preprocessing

Pada tahap *preprocessing* dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra yang diinputkan sehingga didapatkan citra yang kualitasnya baik. Tahap *preprocessing* yang dilakukan adalah *resize* citra agar ukuran semua citra yang digunakan sama. Ukuran awal citra untuk tiap kelasnya rata-rata berukuran 1500x1500 piksel. Ukuran citra akan *resize* sesuai dengan variasi pengujian yang akan dilakukan yaitu menggunakan ukuran 200x200 piksel, 300x300 piksel, 400x400 piksel, dan 500x500 piksel.

Setelah *resize*, dilakukan proses konversi citra dari RGB menjadi *grayscale* karena pada metode ekstraksi ciri LBP memerlukan input berupa citra *grayscale*. Keluaran dari tahap *preprocessing* adalah citra dengan ukuran yang sama dan dalam ruang warna *grayscale*. Alur *preprocessing* dapat dilihat pada Gambar 5.



GAMBAR 5.
ALUR PREPROCESSING

D. Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu dengan metode *Local Binary Pattern* (LBP). Proses ekstraksi ciri dilakukan untuk mendapatkan ciri dari citra yang telah melewati proses *preprocessing*. Pada proses ekstraksi ciri akan dilakukan *tuning* pada nilai radius menggunakan beberapa variasi yaitu 1 sampai dengan 10 untuk melihat pengaruhnya pada akurasi sistem.

Pada Gambar 4 dilihat bahwa setelah didapatkan hasil ekstraksi ciri maka akan dilakukan pembagian citra berupa citra data latih dan data uji kemudian dilanjutkan ke tahap klasifikasi.

E. Klasifikasi Citra

Random Forest adalah metode klasifikasi yang akan digunakan. Metode ini berisi kumpulan dari *decision tree* pada berbagai *subset* dari *dataset* yang ada dan mengambil rata-rata untuk meningkatkan akurasi prediksi dari *dataset* tersebut. Pengambilan hasil akhir dari metode ini yaitu berdasarkan prediksi yang dihasilkan dari tiap-tiap *decision tree* dan berdasarkan suara terbanyak/*majority voting*.

Dalam pembentukan *tree*, algoritma *Random Forest* akan melakukan *training* pada *training* data. Dalam pembentukan *tree*, algoritma *Random Forest* akan melakukan proses *training* pada *training* data. Dalam melakukan proses *training* data, akan digunakan beberapa variasi jumlah *decision tree* yang akan dibentuk yaitu 25, 50, 100, 150, 200, 250, dan 300.

F. Performa Sistem

Tahap performa sistem dilakukan untuk melihat hasil kinerja sistem. Tahap ini dilakukan setelah seluruh tahap pelatihan dan pengujian selesai. Untuk mengetahui performa sistem dapat dilihat menggunakan *confusion matrix*. Nilai-nilai pada *confusion matrix* dapat digunakan untuk melihat performa sistem yang terdiri dari nilai akurasi, *recall*, *precision*, dan *f1-score*.

1. Akurasi

Akurasi sistem adalah ukuran ketepatan suatu sistem yang telah dirancang dimana sistem dapat mengenali input yang diberikan sehingga menghasilkan output yang benar. Tingkat akurasi sistem dapat dihitung dengan persamaan 3.1 sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% \quad (3.1)$$

2. Recall

Recall adalah nilai untuk mengetahui berapa persen data kategori positif yang diklasifikasikan dengan benar oleh sistem. Persamaan *recall* pada persamaan 3.2 sebagai berikut:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \quad (3.2)$$

3. Precision

Precision adalah perbandingan jumlah data positif yang dihasilkan secara benar dengan total data yang diklasifikasikan positif. Persamaan *precision* dijelaskan pada persamaan 3.3 berikut:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \quad (3.3)$$

4. F1-Score

F1-Score adalah nilai rata rata harmonik dari *precision* dan *recall*. Persamaan 3.4 merupakan persamaan *f1-score* sebagai berikut:

$$F1 \text{ Score} = \left[2 \times \frac{(\text{presisi} \times \text{recall})}{(\text{presisi} + \text{recall})} \right] \times 100\% \quad (3.4)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Pengaruh *Resize* Citra Terhadap Akurasi

Pada pengujian ini dilakukan perubahan ukuran citra (*resize*) dengan variasi yaitu 200x200 piksel, 300x300 piksel, 400x400 piksel, dan 500x500 piksel untuk melihat pengaruhnya terhadap akurasi yang dihasilkan. Pengujian *resize* ini menggunakan variasi radius LBP= 1 dan jumlah pohon= 100. Hasil pengujian yang telah didapatkan ditunjukkan pada tabel 4.1 berikut

TABEL 4. 1
HASIL PENGUJIAN *RESIZE* CITRA

No	Resize (piksel)	Akurasi (%)
1.	200x200	63,67
2.	300x300	61
3.	400x400	62
4.	500x500	63

Pada tabel 4.1 saat citra *resize* dengan ukuran 200x200 piksel mendapatkan akurasi tertinggi yaitu 63,67% sedangkan citra yang *resize* semakin besar menghasilkan akurasi yang lebih kecil dibandingkan saat citra berukuran 200x200 piksel. Oleh karena itu, untuk tahap pengujian selanjutnya akan digunakan *resize* citra 200x200 piksel.

B. Pengujian Pengaruh Radius Pada LBP Terhadap Akurasi

Pada skenario pengujian ini dilakukan pengujian pengaruh radius pada ekstraksi ciri LBP terhadap akurasi. Variasi nilai radius yang akan digunakan yaitu 1 sampai 10. Ukuran citra yang digunakan 200x200 piksel karena pada pengujian sebelumnya menghasilkan nilai akurasi tertinggi, kemudian untuk jumlah pohon= 100. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut

TABEL 4. 2
HASIL PENGUJIAN PENGARUH RADIUS TERHADAP AKURASI

No	Radius	Akurasi (%)
1.	1	63,67
2.	2	73,67
3.	3	71,33
4.	4	73,33
5.	5	76,67
6.	6	81,67
7.	7	82
8.	8	84,67
9.	9	81
10.	10	78

Pada tabel 4.2 dilihat bahwa nilai radius= 8 menghasilkan akurasi yang lebih tinggi yaitu pada 84,67%. Saat nilai radius dinaikkan melebihi 8 akurasi yang dihasilkan menurun. Sehingga nilai radius yang akan digunakan dalam tahap pengujian selanjutnya yaitu radius= 8.

A. Pengujian Pengaruh Jumlah Pohon Pada Random Forest Terhadap Akurasi

Pada skenario pengujian ini akan dilihat pengaruh dari banyaknya jumlah pohon yang digunakan saat klasifikasi *Random Forest* terhadap akurasi yang dihasilkan. Pada pengujian ini digunakan jumlah pohon dengan variasi 25, 50, 100, 150, 200, 250, dan 300. Ukuran citra yang digunakan 200x200 piksel dan radius LBP= 8. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut

TABEL 4. 3
HASIL PENGUJIAN JUMLAH POHON TERHADAP AKURASI

No	Jumlah Pohon	Akurasi (%)
1.	25	82,33
2.	50	85
3.	100	84,67
4.	150	85,33
5.	200	85,67
6.	250	85,67
7.	300	85,67

Pada tabel 4.3 dilihat bahwa jumlah pohon yang menghasilkan akurasi tertinggi ialah pada rentang 200-300 pohon dengan akurasi sama yaitu 85,67%. Hasil akurasi yang diperoleh merupakan hasil dari kombinasi tiga parameter yaitu *resize*= 200x200 piksel, *radius*= 8, dan jumlah pohon= 200.

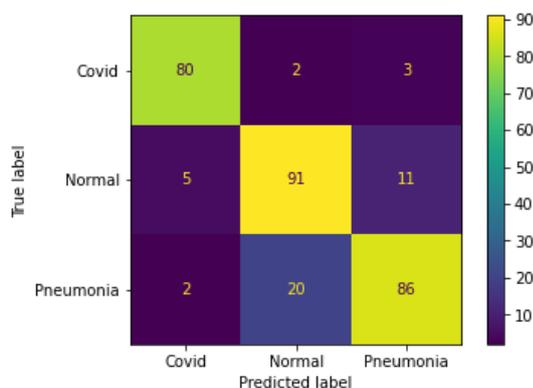
B. Hasil Performa Sistem

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, performa sistem dapat dilihat pada tabel 4.4. Hasil akurasi maksimal didapatkan pada 85,67% dan untuk ketiga kelas masing masing didapatkan nilai *recall*, *precision*, dan *f1-score*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang cukup baik dalam melakukan klasifikasi.

TABEL 4. 4
HASIL PERFORMA SISTEM

	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)	<i>F1-Score</i> (%)
Covid	92	94	93
Normal	81	85	83
<i>Pneumonia</i>	86	80	83
Akurasi (%)			85,67

Pada Gambar 6 *confusion matrix* menunjukkan bahwa performa sistem dalam melakukan klasifikasi untuk tiga kelas sudah cukup baik ditandai dengan tingkatan warna yang lebih terang pada sisi diagonal matriks, walaupun masih terdapat beberapa kesalahan dalam prediksi pada masing masing kelas.



GAMBAR 6.
CONFUSION MATRIX

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada sistem yang telah dirancang diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem identifikasi covid-19 berdasarkan citra X-Ray paru-paru menggunakan metode ekstraksi ciri *Local Binary Pattern* dan klasifikasi *Random Forest* yang telah dirancang dapat mengklasifikasi citra dengan tiga kelas yaitu Normal, Covid-19, *Pneumonia*.
2. Sistem yang telah dirancang menghasilkan performa yang baik ditandai dengan hasil akurasi maksimal didapatkan pada 85,67% dan untuk ketiga kelas masing masing didapatkan nilai *recall*, *precision*, dan *f1-score*. Hasil akurasi tertinggi dihasilkan dari kombinasi parameter yaitu *resize* citra= 200x200 piksel, *radius* LBP= 8 dan jumlah pohon pada *Random Forest*= 200.

B. Saran

Sistem yang telah dirancang ini dapat dikembangkan dengan tingkat akurasi yang lebih baik. Adapun saran pengembangan selanjutnya ialah:

1. Melakukan pengembangan menggunakan metode ekstraksi ciri atau klasifikasi yang berbeda sehingga didapatkan akurasi yang lebih baik dan dibandingkan dengan metode lain.
2. Menambah jumlah data latih atau data uji yang digunakan.
3. Menggunakan data primer sebagai data inputan.

REFERENSI

- [1] Satuan Tugas Penanganan COVID-19, "Tanya Jawab Covid-19," [Online]. Available: <https://covid19.go.id>. [Accessed 25 Oktober 2021].
- [2] PT. SehatQ Harsana Emedika, "SehatQ," [Online]. Available: www.sehatq.com/artikel/ini-gambar-paru-pasien-corona-tanda-parahnya-infeksi-covid-19. [Accessed 23 October 2021].
- [3] D. S. Wahyudi, Sistem Deteksi Covid-19 Berdasarkan Citra X-Ray Menggunakan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) dan K-Nearest Neighbour (K-NN), Bandung: Universitas Telkom, S1 Teknik Telekomunikasi, 2020.
- [4] A. Elisabet, Deteksi Kolesterol Melalui Citra Iris Mata Menggunakan Metode Local Binary

- Pattern dan Klasifikasi Jaringan Syaraf Tiruan, Bandung: Universitas Telkom, S1 Teknik Telekomunikasi, 2020.
- [5] B. D. Prasetyo, Klasifikasi Citra X-Ray Paru-paru Anak Pneumonia dan Non Pneumonia Menggunakan Metode Segmentasi dan Deteksi Tepi, Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia, 2020.
- [6] S. A. I. S. Putro, J. Raharjo and S. Rizal, "Klasifikasi Bobot Sapi Berdasarkan Citra Digital Dengan Metode Fraktal dan Random Forest," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 2, April 2021.
- [7] S. Davella, Yohannes and F. N. Rahmawati, "Implementasi Random Forest Untuk Klasifikasi Motif Songket Palembang Berdasarkan SIFT," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 7, no. 2, pp. 310-320, Agustus 2020.
- [8] Kementerian Kesehatan RI; Direktorat Jendral Pencegahan dan Pengendalian Penyakit, "Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Coronavirus Disease (COVID-19)," Maret 2020. [Online]. Available: <https://infeksiemerging.kemkes.go.id> [Accessed 24 November 2021].
- [9] M. R. Akbar, Klasifikasi Biji Kopi Sangrai Menggunakan Pengolahan Citra Dengan Metode LBP dan Klasifikasi KNN, Bandung: Universitas Telkom, S1 Teknik Telekomunikasi, 2020.
- [10] JavaTpoint, "Random Forest Algorithm," [Online]. Available: <https://www.javatpoint.com/machine-learning-random-forest-algorithm>. [Accessed 28 November 2021].
- [11] A. P. Utami, F. Sthevanie, and K. N. Ramadhani, "Pengenalan Logo Kendaraan Menggunakan Metode Local Binary Pattern dan Random Forest," 2020.
- [12] S.Y. Irianto, Analisa Citra Digital dan Content Based Image Retrieval, Bandar Lampung: CV. Anugrah Utama Raharja (AURA), 2018.