

Identifikasi *Pneumonia* Pada Citra Rontgen Paru Menggunakan Metode *Power-Law Trans*

Kadek Suarjuna Batu Bulan¹, Ridwan Rismanto²

^{1,2}Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Malang

¹kadeksuarjuna87@polinema.ac.id, ²rismanto@polinema.ac.id

Abstrak

Pneumonia adalah proses infeksi akut yang mengenai jaringan paru-paru (*Alveoli*), yang dapat disebabkan oleh infeksi jasad renik atau bakteri. Deteksi penyakit *Pneumonia* dilakukan melalui tanda-tanda klinis uji laboratorium dan foto x-ray paru. Penelitian ini menggunakan beberapa langkah dari pengolahan citra, seperti *Power-law trans*, *Gabor Wavelet* dan *Boundary*. Tujuan utama dari langkah tersebut adalah untuk mengidentifikasi *infiltrate* dari citra X-Ray paru-paru manusia dan menentukan klasifikasi *infiltrate*. Hasil penelitian mengindikasikan klasifikasi dari penyakit *pneumonia* menjadi normal, *pneumonia* ringan, dan *pneumonia* kronik. Pengujian dilakukan pada lima puluh citra dengan spesifikasi yang berbeda. Dari hasil pengujian tersebut, menunjukkan bahwa *equivD* dan perimeter rata-rata *infiltrate* di tiap citra yang bernilai dibawah 30 diidentifikasi sebagai penyakit *pneumonia*. Diidentifikasi *pneumonia* kronik apabila rata-rata *equivD* dan perimeter *infiltrate* diatas 30. Untuk identifikasi normal apabila *centroid*, *equivD*, *perimeter* dan *roundness* tidak ada. *Validitas* sistem dinilai dengan cara menghitung nilai TP, TN, FP, dan FN sehingga di dapatkan *Sensitivity* dari metode ini adalah 94,3% dan *Specificity* dari sistem ini adalah 100%.

Kata kunci : *power-law trans*, *pneumonia*, *gabor wavelet* dan *boundary*

1. Pendahuluan

Pneumonia adalah proses infeksi akut yang mengenai jaringan paru-paru (*Alveoli*), yang dapat disebabkan oleh infeksi jasad renik atau bakteri. virus, maupun riketsia, dan disertai dengan radang parenkrim paru. *Pneumonia* dapat timbul di berbagai daerah di paru-paru juga bisa ditandai adanya infiltrat pada paru-paru yang bisa dilihat dengan foto rontgen. *Pneumonia* merupakan penyakit yang umumnya terjadi pada semua kelompok umur, diketahui penyebab kematian terbesar terjadi pada orang tua dengan diagnosis penyakit *Pneumonia* kronis.

Hasil Survei Kesehatan Rumah Tangga Depkes tahun 2001, menunjukkan penyakit infeksi saluran napas bawah menempati urutan ke-2 sebagai penyebab kematian di Indonesia. Di dunia *pneumonia* merupakan masalah kesehatan karena angka kematiannya sangat tinggi, tidak saja di negara berkembang tetapi terdapat juga di negara maju seperti Amerika, Kanada dan negara-negara Eropa lainnya. Deteksi penyakit *Pneumonia* dilakukan melalui tanda-tanda klinis uji laboratorium dan foto x-ray paru. Tanda-tanda klinis dan foto paru dengan x-ray merupakan cara yang umum dilakukan oleh dokter untuk mendiagnosis pasien penderita penyakit *pneumonia*.

Pada citra paru-paru dapat diketahui pula jenis penyakit pernafasan yang lain seperti asma, TBC, kelenjar getah bening dan kanker paru-paru. Sehingga terdapat kemungkinan perbedaan pendapat

oleh para radiolog dalam memutuskan atau mendiagnosa suatu penyakit karena radiolog mempunyai pengalaman yang berbeda-beda dan terkadang terdapat unsur menduga-duga. Untuk riset mutakhir ini dalam membuat sistem akan di damping oleh pakar yaitu dokter paru dari rumah sakit saiful anwar malang dengan data latih maupun data uji yang akan di proses dengan beberapa metode yaitu *power-law trans*, *gabor wavelet* dan *boundary* yang di setiap metode mempunyai nilai-nilai untuk menentukan infiltrate diparu-paru sesuai diagnosis dari pakar.

Penelitian ini bertujuan membuat suatu program bantu untuk identifikasi penyakit *pneumonia*. Foto paru hasil dari x-ray merupakan citra dua dimensi yang dapat diolah menjadi data citra digital dan dianalisis menggunakan teknik pengolahan citra digital. Ekstraksi ciri informasi paru-paru adalah kerangka acuan yang dapat menunjukkan posisi daerah fokus dan mendapatkan hasil profesional pengolahan citra rontgen di bidang pengolahan citra medis berdasarkan fitur analisis penyakit *pneumonia* dengan metode *power-law trans*. Citra paru-paru yang telah di proses dengan meningkatkan kualitas citranya menggunakan metode *power-law trans*. kemudian dilanjutkan dengan klasifikasi penyakit *pneumonia* berdasarkan informasi dari dokter. Penelitian ini untuk pengenalan penyakit *pneumonia* yang berfungsi membantu mengurangi suatu perbedaan pendapat dalam mendiagnosis penyakit *pneumonia* yang dilakukan oleh para radiologi.

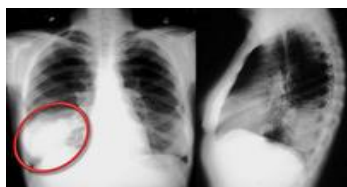
2. State of The Art

No	Judul	Ringkasan
1	Klasifikasi <i>Pneumonia</i> menggunakan <i>Convolutional Neural Network</i> (william christanto s, 2018)	Metode yang diajukan memiliki kemampuan dalam mengidentifikasi pneumonia yang baik dengan akurasi sebesar 83,3%.
2	Analisis Faktor Risiko Yang Berhubungan Dengan Kejadian Pneumonia Pada Anak Balita Di RSUD Pasar Rebo Jakarta (Susanti Hartanti, 2011)	Desain yang digunakan adalah <i>cross sectional</i> dengan 138 sampel dan hasilnya <i>regresi logistik</i> didapatkan 4 faktor risiko yaitu usai balita, riwayat pemberian ASI, status balita dan Kebiasaan Merokok.
3	Identifikasi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pneumonia pada Balita di Surabaya Menggunakan Geographically Weighted Negative Binomial Regression (Ratnajulie Yatnaningtyas, dkk)	Hasil pemodelan menunjukkan bahwa terdapat variabel yang bersifat lokal yang mempengaruhi pneumonia dan membentuk kelompok sebanyak sembilan kelompok.

3. Metode Penelitian

A. Data Penelitian

Data berupa foto rontgen *pneumonia* yang diambil dari laboratorium radiologi rumah sakit Saiful Anwar, Malang, Indonesia yang telah di diagnosis oleh dokter. Foto rontgen tersebut telah diklasifikasikan berdasarkan jenis *pneumonia* yaitu normal, ringan dan kronik. Foto rontgen diambil dengan resolusi maksimum 500x500 pixel. Jumlah foto rontgen yang digunakan pada penelitian ini adalah 50 citra. Gambar 1 menunjukkan contoh dari salah satu data yang digunakan.

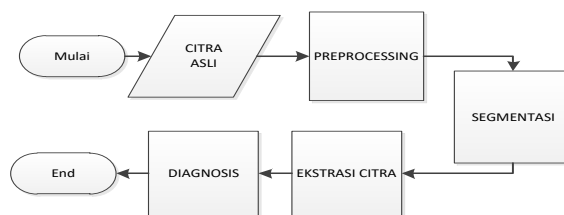


Gambar 1. Foto Rontgen *Pneumonia*

Pada gambar 1 terlihat sebuah *infiltrate* yang ada pada lobus kanan, komponen tersebut merupakan informasi terpenting untuk didiagnosis. Untuk mengetahui *pneumonia* ringan atau kronik dapat diketahui dari besar kecilnya infiltrat yang terdapat pada paru-paru.

Dalam penelitian ini terdapat analisis proses dalam memperbaiki kualitas citra hingga diketahui

bagaimana hasil diagnose citra foto rontgen paru-paru yang didalamnya terdapat penyakit *Pneumonia*. Proses awal dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Proses Awal

Proses ini melibatkan beberapa langkah yang berfungsi untuk memperbaiki kualitas foto rontgen yang didalamnya terdapat penyakit *pneumonia*.

- Input citra yang berfungsi untuk memasukkan citra berupa foto rontgen berformat jpg, tif dan bmp.
- Preprocessing berfungsi untuk memulai proses memperbaiki kualitas citra (*image Enhancement*) dengan beberapa metode sehingga mendapatkan hasil citra yang lebih baik.
- Segmentasi citra berdasarkan tekstur berguna untuk mengetahui bagaimana bentuk keteraturan pola-pola tertentu yang terbentuk dari susunan pixel-pixel dalam citra, sehingga bagian masing-masing di paru-paru dapat identifikasi.
- Ekstrasi ciri berfungsi sebagai mengetahui ciri-ciri bercak-bercak putih atau *infiltrate* yang merupakan ciri dari penyakit *pneumonia* didalam foto rontgen paru-paru.
- Diagnosis adalah hasil akhir dari program yang berguna mengetahui apakah citra rontgen yang diteliti terdapat penyakit *pneumonia*

B. Power-law trans

Metode yang paling mudah adalah *power-law transformation* pada *grey-level*. Pada prinsipnya setiap nilai *grey level* pada *pixel* diganti dengan nilai hasil perhitungan formula tertentu. Marilah kita lihat formula *power law transformation* ini (Khushhal, 2014).

$$S = CR^Y \tag{1}$$

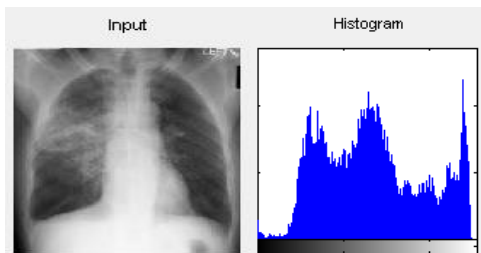
4. Hasil Dan Pembahasan

A. Input

Pada tahap pertama dilakukan input citra ke dalam aplikasi program untuk mengawali pemrosesan. Adapun data yang diambil adalah data primer dimana data primer merupakan data yang didapatkan langsung dari subyek penelitian. Mekanisme pengambilan citra dilakukan seperti pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3 dapat melihat sebuah histogram yang berfungsi untuk mengetahui representasi grafis untuk distribusi citra digital atau menggambarkan penyebaran nilai-nilai intensitas *pixel* dari suatu citra atau bagian tertentu di dalam citra. Dari sebuah histogram dapat diketahui

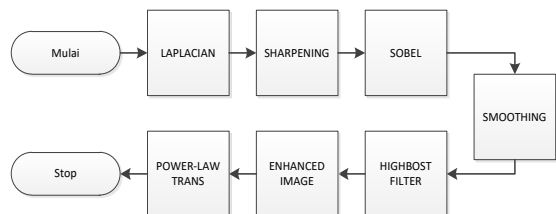
frekuensi kemunculan relative dari intensitas pada citra, kecerahan, dan kontras dari sebuah citra



Gambar 3. Proses Input Citra

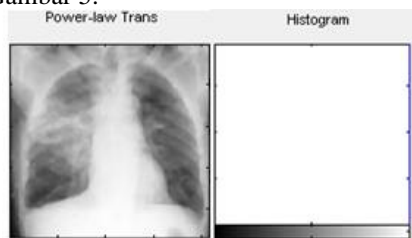
B. Image Processing

Pada tahap ini proses memperbaiki kualitas citra yang digunakan sebagai bahan utama adalah proses *enhancement*. Adapun inti pada tahap ini adalah memperbaiki kualitas citra untuk memdiagnosa penyakit *pneumonia* dengan proses akhir yaitu *power law transformation*. Proses perbaikan kualitas citra dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Preprocessing Image Enhancement

Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat sebuah hasil akhir *preprocessing power-law trans*, dan sebuah histogram yang berfungsi untuk mengetahui hasil dari grey-level *power law trans* yang sudah di *preprocessing*. Hasil *power law trans* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Preprocessing Power law trans

Dari Gambar 5 diatas metode *Power law trans* menggunakan nilai 0.5 untuk *grayscale* transformasinya. Menggunakan nilai tersebut karena dari hasil seleksi bahwa nilai *grayscale* 0.5 paling baik.

C. Segmentasi

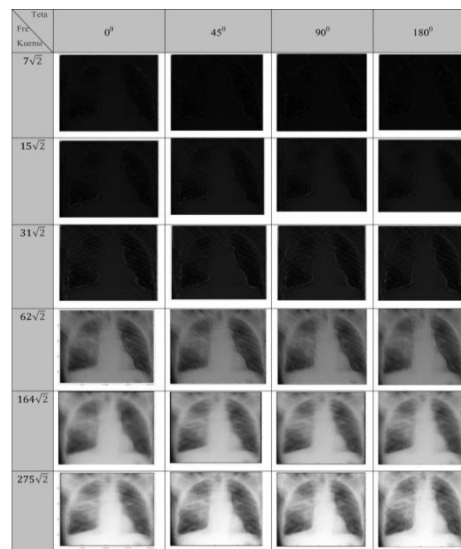
Pada tahap ini segmentasi dilakukan berdasarkan infiltrat dominan menggunakan foto rontgen paru. Sehingga pada penelitian ini *Gabor Wavelet* berdasarkan infiltrat melakukan segmentasi rontgen menjadi empat komponen. Dimana tulang iga dinyatakan dengan warna dominan abu-abu gelap, alveoli dengan warna dominan putih abu-abu tengah atas, diafragma ke dalam warna putih bawah

dan bronkus ke dalam warna putih tengah bawah. Langkah-langkah yang dilakukan pada proses ini adalah sebagai berikut:

- a. Citra yang telah mempunyai format jpg, tif, bmp, dikonversikan ke dalam *Gabor Wavelet*. Metode ini dipilih karena *Gabor Wavelet* menyediakan pemilihan parameter didasarkan pada empat orientasi yang berpusat, dan sejumlah frekuensi tergantung pada ukuran citra. *Gabor* menerapkan pendekatan *multi-channel filtering* menggunakan pemilihan frekuensi dan orientasi
- b. Pada proses ini *Gabor wavelet* merupakan salah satu metode yang mampu mensimulasikan karakteristik sistem visual manusia dalam mengisolasi frekuensi dan orientasi tertentu dari citra. Karakteristik ini membuat *Gabor Wavelet* sesuai untuk aplikasi pengenalan tekstur dalam *computer vision*
- c. Secara spasial, sebuah fungsi *Gabor Wavelet* merupakan sinusoida yang dimodulasi oleh fungsi *Gauss*. Citra hasil dalam bentuk grayscale bertujuan untuk lebih mudah dibedakan antara komponen satu dengan yang lain

Didalam penelitian ini segmentasi *Gabor Wavelet* menggunakan dua puluh empat filter yaitu pada frekuensi $7\sqrt{2}$, $15\sqrt{2}$, $31\sqrt{2}$, $62\sqrt{2}$, $164\sqrt{2}$ dan $275\sqrt{2}$.

Untuk sudut Orientasi menggunakan 00, 450, 900, 1800. Respon impuls sebuah *Gabor Wavelet* kompleks dua dimensi dapat dilihat pada Gambar 6.

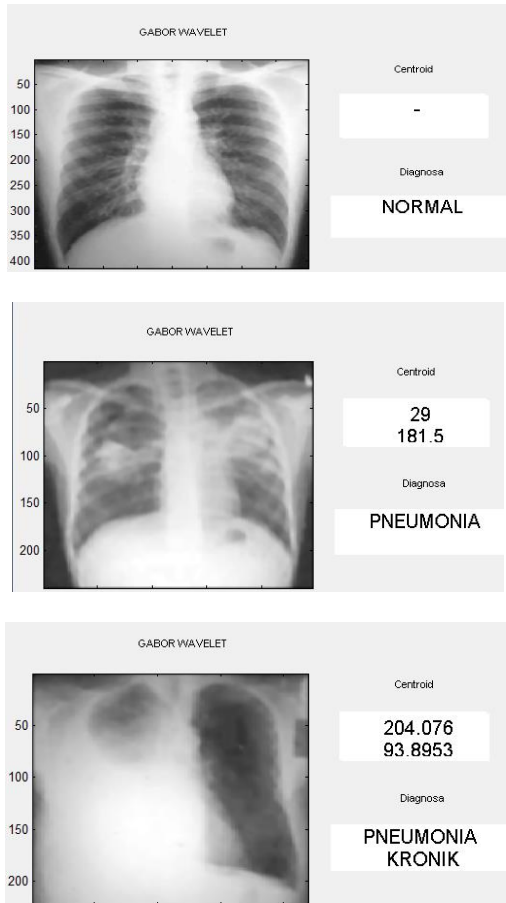


Gambar 6. Citra hasil yang telah disegmentasi

D. Metode *Boundary*

Metode *boundary* adalah sistem yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi batas objek yang dirujuk oleh citra. Sistem ini diimplementasikan menggunakan metode yang memiliki kemampuan untuk mengikuti objek gambar gerakan, Oleh karena itu metode ini sering digunakan medis, sebenarnya untuk mengamati organ tubuh manusia. Metode ini dikenal sebagai model kontur aktif. Hasil akhir dari

percobaan ini adalah citra yang dapat menjelaskan batas dari objek citra. *Infiltrate* pneumonia yang telah tersegmentasi mempunyai *centroid*, *equivD*, *Perimeter* dan *Roundness*. Gambar 7 menunjukkan contoh diagnosis.



Gambar 7. Proses Klasifikasi Normal, *Pneumonia* Ringan dan *Pneumonia* Kronik

Dari gambar 7 terlihat bahwa frekuensi 388.9 dan orientasi 0 karena di nilai tersebut lebih terlihat daerah paru-paru yang terdampak dari *infiltrate* sehingga untuk klasifikasi lebih baik. Untuk mengetahui hasil *pneumonia* di foto rontgen maka dilakukan klasifikasi berdasarkan hasil dari *Centroid*, *EquivD*, *Perimeter* dan *Roundness*:

- a. *Centroid* yang berfungsi untuk mengetahui koordinat pusat jumlah gumpalan *infiltrate*.

Pada bagian hasil dan identifikasi penyakit, semua foto rontgen paru-paru telah diklasifikasikan dan hasilnya ditampilkan pada Tabel 1.

Pada Table 1 dapat dilihat bahwa *pneumonia* ringan mempunyai diameter relative kecil, karena *infiltrate* didalam foto rontgen hanya terdapat sedikit sedangkan *pneumonia* kronik mempunyai diameter relative besar karena *infiltrate* yang ada didalam foto rontgen hampir menutupi paru-paru.

E. Penilaian dan Identifikasi Penyakit

Setelah citra didefinisikan ke dalam kategori normal dan abnormal, maka tahap berikutnya adalah

mengklasifikasi citra rontgen *pneumonia* berdasarkan jenis penyakitnya. Pengelompokan ini berdasarkan standar *rontgent* paru-paru *pneumonia* yang telah diusulkan oleh himpunan dokter paru Indonesia.

Klasifikasi ini terinspirasi dari cara dokter menganalisa *pneumonia* di foto rontgen. Sistem akan mengklasifikasi citra kedalam kelas normal, *pneumonia* ringan dan *pneumonia* kronik dengan menggunakan diameter dan perimeter antara jumlah *pneumonia* ringan dan *pneumonia* kronik. Klasifikasi di asumsikan sebagai berikut:

Tabel 1. Klasifikasi *pneumonia*

Identifikasi	Keterangan
5. Identifikasi <i>Pneumonia</i> Ringan a. <i>EquivD</i> < 25 b. <i>Perimeter</i> < 30	Disesuaikan dengan nilai <i>EquivD</i> dan <i>Perimeter</i>
6. Identifikasi <i>Pneumonia</i> Kronik a. <i>EquivD</i> > 25 b. <i>Perimeter</i> > 30	
7. Identifikasi Normal a. <i>Centroid</i> = Tidak ada b. <i>EquivD</i> = Tidak ada c. <i>Perimeter</i> = Tidak ada d. <i>Roundness</i> = Tidak ada	

Sumber: Data diolah (2021)

Gambar 7 memperlihatkan identifikasi penyakit *pneumonia*. Setelah mengelompokkan data berdasarkan boundary, maka dapat dengan mudah jumlah penderita dari sample data setiap jenis penyakit *pneumonia*. Pada Tabel 2 menunjukkan hasil keakuratan klasifikasi menggunakan sistem

F. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan pada lima puluh citra dengan spesifikasi yang berbeda. Dari hasil pengujian tersebut, menunjukkan bahwa *equivD* dan *perimeter* rata-rata *infiltrate* diatas citra yang bernilai dibawah 30 diidentifikasi sebagai penyakit *pneumonia*. Diidentifikasi *pneumonia* kronik apabila rata-rata *equivD* dan *perimeter infiltrate* diatas 30. Untuk identifikasi normal apabila *centroid*, *equivD*, *perimeter* dan *roundness* tidak ada. Hasil perbandingan pengujian pada 50 data foto *rontgen* ditunjukkan pada tabel

Tabel 2. Hasil Pengujian

Nama Citra	System	Prediksi
1	<i>Pneumonia</i>	<i>Pneumonia</i>
2	<i>Pneumonia</i>	<i>Pneumonia</i>
3	<i>Pneumonia</i> Kronik	<i>Pneumonia</i> Kronik
4	<i>Pneumonia</i>	<i>Pneumonia</i>
5	<i>Pneumonia</i>	<i>Pneumonia</i>
6	<i>Pneumonia</i>	<i>Pneumonia</i>
7	<i>Pneumonia</i>	<i>Pneumonia</i>

		Kronik
8	<i>Pneumonia</i>	<i>Pneumonia</i>
9	<i>Pneumonia Kronik</i>	<i>Pneumonia Kronik</i>
10	<i>Pneumonia</i>	<i>Pneumonia</i>
11	<i>Pneumonia</i>	<i>Pneumonia</i>
12	<i>Pneumonia</i>	<i>Pneumonia</i>
13	Normal	Normal
14	Normal	Normal
15	Normal	Normal
16	Normal	Normal
17	Normal	Normal
18	Normal	Normal
...
50	Normal	Normal

Sumber: Data diolah (2021)

Dari hasil pengujian sistem antara sistem yang dibuat dan hasil diagnosis dokter dapat disimpulkan bahwa dari 50 citra yang di uji terdapat satu data uji yang berbeda yaitu pada nama citra tujuh. Sehingga didapatkan rata-rata dari:

Penjelasan TP, TN, FP, dan FN adalah:

- TP (*True Positive*), apabila system mengenali ketidak normalan.
- TN (*True Negative*), apabila system mengenali normal.
- FP (*False Positive*), apabila system mengenali normal sebagai abnormal.
- FN (*False Negative*), apabila system mengenali abnormal sebagai normal.

Validitas sistem dinilai dengan cara menghitung nilai TP, TN, FP, dan FN dari tabel dibawah ini.

<i>True Positif</i>	<i>True Negatif</i>	<i>False Positif</i>	<i>False Negatif</i>
33	15	0	2

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% = \frac{33}{33+2} \times 100\% = 94,3\% \quad (2)$$

Sensitivity dari metode ini adalah 94,3%. sistem mengenali semua kelainan yang terdeteksi dan dilaporkan. Namun, ada berbagai keberhasilan dalam hal klasifikasi kelas. Berikut *specificity* mirip dengan *True Positif* (TP).

Specificity dari metode *Boundary* diberikan sebagai:

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \times 100\% = \frac{15}{15+0} \times 100\% = 100\% \quad (3)$$

Specificity dari sistem ini adalah 100. Ini berarti bahwa sistem menunjukkan 100% spesifik dalam diagnosis paru-paru selama pengujian sistem.

6. Kesimpulan

Pada penelitian ini, diagnosis penyakit *pneumonia* berdasarkan metode *Power-law*

transformation telah dilakukan. Perbaikan kualitas menggunakan *Power-law transformation* memberikan hasil peningkatan *grey level* citra. Ekstrasi ciri *Gabor Wavelet* yang menjanjikan dapat mengetahui tekstur dari foto rontgen paru-paru. Untuk dapat membedakan normal, *pneumonia* ringan dan kronik digunakanlah klasifikasi menggunakan *boundary* yang didalamnya terdapat *centroid*, *equivd*, *perimeter* dan *roundness*. Dalam identifikasi *infiltrate pneumonia* harus mendapatkan perhatian dalam mengetahui ciri-cirinya, karena *infiltrate pneumonia* dengan *tuberculosis* mempunyai kemiripan hampir sama, maka dalam penelitian ini dibantu oleh dokter yang memberikan pengetahuan mengenai perbedaan antara *tuberculosis* dan *pneumonia*, sehingga identifikasi penyakit *pneumonia* citra rontgen sesuai dengan hasil yang diharapkan. Dari hasil pengujian tersebut, menunjukkan bahwa *equivD* dan *perimeter* rata-rata *infiltrate* di tiap citra yang bernilai dibawah 30 diidentifikasi sebagai penyakit *pneumonia*. Diidentifikasi *pneumonia* kronik apabila rata-rata *equivD* dan *perimeter infiltrate* diatas 30. Untuk identifikasi normal apabila *centroid*, *equivD*, *perimeter* dan *roundness* tidak ada. Validitas sistem dinilai dengan cara menghitung nilai TP, TN, FP, dan FN sehingga di dapatkan *Sensitivity* dari metode ini adalah 94,3% sistem mengenali semua kelainan yang terdeteksi dan dilaporkan. Namun, ada berbagai keberhasilan dalam hal klasifikasi kelas. Berikut *specificity* mirip dengan *True Positif* (TP). Untuk *Specificity* dari sistem ini adalah 100%. Ini berarti bahwa sistem menunjukkan 100% spesifik dalam diagnosis paru-paru selama pengujian sistem.

Daftar Pustaka

Kumar Deepak, A G Ramakrishnan. 2013. “*Power-law transformation for Enhanced Recognition of Born-Digital Word Images*”. Medical Intelligence and Language Engineering Laboratory Department of Electrical Engineering Indian Institute of Science Bangalore, India.

Perhimpunan Dokter Paru Indonesia. 2004. “*Pneumonia Komuniti*”.

Rahmadwati 2012. “*Gabor Wavelet*”. University Brawijaya, Indonesia.

Samir Kumar Bandyopadhyay. 2012. “*A Method for Lung Boundary Detection*”. University of Calcutta, 92 A.P.C. Road, Kolkata – 700009, India.

Ya-Lin Song, Yang Yang. 2010. “*Localization Algorithm and Implementation for Focal of Pulmonary Tuberculosis Chest Image*”. Computing Center ,Henan University Kaifeng, P.R.China.

Yuwono Bambang. 2011. “*Image Smoothing Menggunakan Mean Filtering, Median Filtering, Modus Filtering Dan Gaussian*

- Filtering*“. Jurusan Teknik Informatika UPN “Veteran”, Yogyakarta.
- Burke A Cunha, MD. Nosocomial Pneumonia.<http://emedicine.medscape.com/article/234753-overview> (accessed 26 September 2017).
- Data Rekam Pasien RSSA. “*Citra Rontgen Mengandung Penyakit Pneumonia*”. Malang, 2014.
- Jassim A Firas. 2013. “*A Novel Steganography Algorithm to Hide a Grayscale BMP Image in Two Grayscale BMP Images for Dual Secrecy*”. Computer Information Systems Department. Irbid National University, Jordan.
- Jindal Khushhal, Kriti Gupta, Manan Jain, Manmohan Maheshwari. 2014. “*BioMedical Image Enhancement Based On Spatial Domain Technique*”. Department of CSE &IT ITM University Gurgaon, India.
- Liu Vincent Mark P Clark, Mark Mendoza, Ramin Saket, Marla N Gardner, Benjamin J Turk and Gabriel J Escobar. 2013. “*Automated Identification Of Pneumonia In Chest Radiograph Reports In Critically Ill Patients*”. BMC Medical Informatics and Decision Making.
- Masfran dkk, 2012, Segmentasi Tepi Citra CT Scan Paru-paru Menggunakan Metode Chain Code dan Operasi Morfologi”. *Jurnal Teknik Informatika*, Vol 1 September 2012.
- Patra Joyjit, Himadri Nath Moulick, Arun Kanti Manna. 2013. “*Medical Image Processing in Nuclear Medicine and Bone Arthroplasty*”. Institute Of Engineering And Management, India.
- Rahmadewi Reni dan Kurnia Rahmadi, 2016” *Klasifikasi Penyakit Paru Berdasarkan Citra Rontgen Dengan Metoda Segmentasi Sobel*” *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, Vol 5, No. 1, Maret 2016.
- Sutoyo T, Mulyanto E, Suhartono V Nurhayati O D, dan Wijanarto. (2009). “*Teori Pengolahan Citra Digital*”, Andi. Yogyakarta Lembaga