

PENGEMBANGAN AUTOMATED IMAGE ANALYSIS UNTUK MENENTUKAN JUMLAH BAKTERI TAHAN ASAM (BTA) PADA KASUS TUBERCULOSIS

Safri Adam^{1*}, Puji Astuti², Puspa Amalia³, Fadli Sukandiarsyah⁴

^{1,2,3,4} Politeknik Aisyiyah Pontianak, Pontianak

Email: ¹safriadam@polita.ac.id*, ²puji.astuti@polita.ac.id, ³puspa.amalia@polita.ac.id, ⁴fadli.s@polita.ac.id

*Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 05 November 2021, diterima untuk diterbitkan: 20 Agustus 2022)

Abstrak

Diagnosis TB (*tuberculosis*) oleh tenaga kesehatan menjadi kunci penting dalam menemukan pasien baru TB. Diagnosis umum yang digunakan di Fasilitas Kesehatan (Faskes) TK 1 seperti puskesmas dilakukan dengan cara mewarnai spesimen dahak penderita dengan metode *Ziehl-Neelsen* untuk mendeteksi keberadaan Bakteri Tahan Asam seperti *Mycobacterium tuberculosis* penyebab TB. Namun pada praktiknya, penghitungan manual dengan bidang pandang terbatas pada mikroskop membutuhkan waktu pengerjaan yang cukup panjang. Dimasa pandemi covid19, efisiensi pengerjaan diagnosis harian termasuk pemeriksaan BTA harus ditingkatkan karena keterbatasan tenaga ATLM dilapangan yang turut bekerja menghadapi Covid19. Maka, pada penelitian ini akan dikembangkan sebuah *automated image analysis*, atau analisis citra secara otomatis yang dapat menghitung jumlah bakteri yang tampak pada mikroskop. Proses pembuatan apusan BTA didapat 3 preparat yang menghasilkan data citra sebanyak total 171 citra. *Noise* pada citra dapat diatasi menggunakan metode CLAHE untuk memperbaiki kontras. Metode untuk pengolahan citra digital yang digunakan yaitu segmentasi HCA (*Hiearcical Cluster Analysis*) untuk memisahkan objek BTA dengan latar belakang. Hasil segmentasi dilakukan proses operasi morfologi untuk menghilangkan objek kecil selain objek BTA yang bekerja baik pada citra biner untuk mempermudah perhitungan jumlah bakteri. Metode HCA yang dikombinasikan dengan strategi seleksi objek dapat melakukan segmentasi objek BTA dengan baik. Hasil evaluasi menunjukkan RMSE (Root Mean Square Error) sebesar 2.484 yang didapat pada saat *threshold* 0.11.

Kata kunci: *diagnosa, tuberculosis, image, ATLM, citra mikroskopis*

DEVELOPMENT OF AUTOMATED IMAGE ANALYSIS TO DETERMINE THE NUMBER OF ACID-RESISTANT BACTERIA IN TUBERCULOSIS

Abstract

Diagnosis of TB (*tuberculosis*) by health workers is an important key in finding new TB patients. The general diagnosis used in TK 1 Health Facilities (Faskes) is carried out by revealing a patient's sputum specimen using the *Ziehl-Neelsen* method to detect the presence of acid-fast bacteria such as *Mycobacterium tuberculosis*, which causes TB. However, in practice, manual calculations with a limited field of view on a microscope require a fairly long processing time. During the covid19 pandemic, the efficiency of daily diagnostic work including BTA examinations must be increased due to the limited ATLM personnel in the field who are also working to deal with Covid19. So in this research, an automated image analysis application will be proposed that can count the number of bacteria that appear on a microscope. The process of making smears of AFB obtained 3 preparations which produced a total of 171 images of image data. Noise in the image can be overcome using the gaussian blur filter and the CLAHE method to improve contrast. The method for digital image processing is the HCA (*Hiearcical Cluster Analysis*) segmentation method to separate BTA objects from the background. Pre-processed segmentation results using morphological operations that work well on binary images to simplify the calculation of the number of bacteria. The HCA method combined with the object selection strategy can segment BTA objects well. The evaluation results show an RMSE (Root Mean Square Error) of 2,484 obtained at the 0.11 . threshold

Keywords: *diagnose, tuberculosis, image, ATLM, microscopic image.*

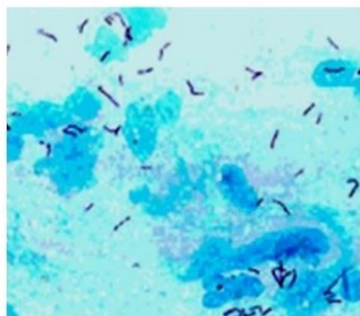
1. PENDAHULUAN

Tuberculosis atau TB merupakan suatu penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang seringkali menyerang paru-paru. TB dapat menyebar dari satu orang ke orang lain melalui udara. Seorang penderita TB dapat menularkan bakteri ini melalui batuk, bersin, atau meludah. Akibat mudahnya penularan penyakit ini, diperkirakan sekitar $\frac{1}{4}$ penduduk dunia menderita TB. 95% diantaranya merupakan pasien yang berada di negara berkembang.

Meskipun jumlah kematian akibat TB menurun hingga 22% antara tahun 2000 hingga 2015, namun tuberculosis masih menjadi penyebab kematian ke-10 di dunia pada tahun 2016, sehingga penyakit ini masih menjadi prioritas utama dunia dalam Sustainability Development Goals (SDGs). Indonesia sebagai salah satu negara endemic TB memiliki prevalensi penderita TB sebesar 297 pasien per 100.000 penduduk pada tahun 2014. Selain stunting dan peningkatan cakupan dan mutu imunisasi, TB juga menjadi salah satu fokus utama pemerintah dalam bidang Kesehatan (WHO, 2020)

Diagnosis TB oleh tenaga Kesehatan menjadi kunci penting dalam menemukan pasien baru TB. Teknik kultur bakteri merupakan standar baku untuk pelaksanaan diagnosis TB. Namun, cara ini membutuhkan waktu dan fasilitas yang tidak dimiliki oleh fasilitas kesehatan (faskes) TK 1 seperti puskesmas. Oleh sebab itu dalam prakteknya, sebagian besar faskes akan menggunakan metode diagnosis konvensional seperti pemeriksaan mikroskopis Bakteri Tahan Asam (Kalma, 2018).

Diagnosis keberadaan Bakteri Tahan Asam seperti *Mycobacterium tuberculosis* penyebab TB dilakukan dengan cara mewarnai specimen dahak penderita dengan metode *Ziehl-Neelsen* menggunakan pewarna *karbol fuchsin* dan *methylene blue* sebagai pewarna tandingan. Bakteri yang terdapat pada spesimen akan tampak berbentuk batang dengan warna pink.



Gambar 1. Hasil pewarnaan ZN pada specimen TB. Warna pink menunjukkan TB

Tidak seperti diagnosis penyakit lainnya yang kualitatif, diagnosis secara mikroskopis dilakukan secara kuantitatif. Ahli Teknologi Laboratorium Medis (ATLM) harus melakukan perhitungan jumlah bakteri yang tampak pada mikroskop secara manual.

Perhitungan jumlah bakteri ini akan menentukan jenis pengobatan yang akan diberikan oleh dokter kepada pasien, apakah pengobatan BTA 1, 2, atau 3 (Girsang et al., 2006).

Saat ini covid-19 menyerang dunia, menyebabkan jumlah tenaga Kesehatan yang tersedia sangat terbatas. Sebagian besar ATLM di berbagai daerah memegang peranan baru dalam penanganan covid-19 sehingga sumber daya manusia untuk pemeriksaan harian termasuk BTA menjadi sangat terbatas. Pada praktiknya, penghitungan manual dengan bidang pandang terbatas pada mikroskop membutuhkan waktu yang cukup panjang. Sementara itu di situasi pandemi, seluruh tenaga kesehatan menerima beban kerja tambahan yang menyebabkan *burnout* (Santoso, 2021) dan gangguan psikologis lain seperti kecemasan, stress dan bahkan depresi (Hanggoro et al., 2020; Pinggion et al., 2021) yang dapat menurunkan performa nakes dalam memberikan layanan. Oleh sebab itu diperlukan alat bantu yang dapat memudahkan pekerjaan ATLM salah satunya dalam menghitung jumlah bakteri dalam pemeriksaan BTA.

Tuberkulosis paru merupakan penyakit infeksi kronis dan menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium bovis*, atau *Mycobacterium leprae* (Al-Kobaisi, 2007). Sebagian besar kasus *tuberculosis* menyerang paru-paru penderita, namun penyakit ini dapat diobati dan dicegah. TB menyebar antar manusia melalui udara. Ketika seseorang yang mengidap TB batuk, bersin, atau meludah, parasit TB dapat berada di udara melalui *droplet* dan dapat ditransmisikan ke orang sehat lainnya.

Kasus TB masih banyak ditemui di negara-negara berkembang di Kawasan asia tenggara termasuk Indonesia. Sebanyak 6,3 juta orang terinfeksi tuberculosis pada tahun 2016 di Indonesia. Indonesia bersama negara asia tenggara lainnya merupakan wilayah endemic TB. Pada tahun 2015, Indonesia menduduki peringkat ke-2 terbanyak penderita TB paru di dunia (MacNeil, 2019)

Pasien yang terinfeksi TB akan mengalami batuk berdahak bahkan terkadang berdarah, sakit dibagian dada, lemas, kehilangan berat badan, demam, dan keringat dingin. Seseorang dengan gejala seperti hal diatas akan direkomendasikan untuk pemeriksaan parasit TB yang umumnya dilakukan dengan metode makroskopis. Hasil pemeriksaan ini akan mengkonfirmasi kondisi pasien dan jumlah parasit yang menyerang.

Pada penelitian ini akan dikembangkan sebuah *automated image analysis*, atau analisis gambar secara otomatis yang dapat menghitung jumlah bakteri yang tampak pada mikroskop. Beberapa penelitian telah mencoba untuk membangun sebuah alat bantu untuk melakukan perhitungan secara otomatis. Diantaranya penelitian Nelly pada tahun 2013. Pada penelitian tersebut melakukan perhitungan jumlah bakteri TB diawali

dengan segmentasi citra menggunakan metode *thresholding* otomatis Otsu untuk memisahkan objek bakteri TB dengan latar belakang (Mirnasari and Adi, 2013) Namun penelitian lain mengatakan bahwa metode *thresholding* Otsu tidak bekerja baik pada citra medis apapun (Adam and Arifin, 2020). Metode *thresholding* lain dikembangkan oleh Adam Bryants pada tahun 2015 melakukan skrining awal bakteri TB dengan pengolah citra digital. Citra bakteri TB dalam bentuk citra x-ray hasil rontgen disegmentasi menggunakan metode Segmentasi k-means *clustering*. Namun citra yang digunakan adalah citra x-ray dada yang cenderung memiliki banyak *noise* dibanding dengan citra sampel ZN-Stain (Bryants and Surahman, 2015)

Maka dari itu penelitian ini mengusulkan *automated image analysis* untuk menentukan jumlah bakteri tahan asam (BTA) pada kasus *tuberculosis* menggunakan metode Segmentasi HCA (*Hiearcical Cluster Analysis*) untuk memisahkan objek BTA dengan latar belakang. Pra-proses hasil Segmentasi menggunakan operasi morfologi yang bekerja baik pada citra biner untuk mempermudah perhitungan jumlah bakteri.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pemeriksaan Bakteri Tahan Asam Penyebab Tuberkulosis

Parasit penyebab TB yakni, *M. tuberculosis* merupakan bakteri berbentuk batang halus berukuran panjang 1-4 μ dan lebar 0,3-0,6 μ , tidak berspora dan tidak bersimpai. Ciri khas bakteri ini adalah sifatnya yang tahan asam. Sifat ini membuat diagnosis maupun pengobatan TB membutuhkan perlakuan khusus.

Pada tahap diagnosis, sputum penderita TB dianalisis dengan mikroskop, dan jumlah bakteri akan dikuantifikasi. *Sputum* yang akan dianalisis diwarnai dengan metode Ziehl-Neelsen. Sputum (smear examination) diwarnai dengan *carbol fuchin* dan dipanasi hingga menguap. Kemudian diwarnai kembali dengan *methilen-blue*. Berdasarkan panduan WHO, gradasi penilaian dapat dilihat pada Tabel 1.

Diagnosis BTA yang dilakukan oleh ATLM membutuhkan ATLM untuk dapat menghitung jumlah bakteri secara manual berdasarkan jumlah bakteri yang tampak pada apusan. Metode ini membutuhkan konsentrasi yang baik karena sangat

menentukan derajat penyakit seperti tampak pada Tabel 1. Resiko munculnya kesalahan pada saat perhitungan juga menjadi masalah untuk dapat memberikan hasil yang akurat.

2.2. Pre-processing CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)

Metode CLAHE diusulkan untuk memperbaiki kontras untuk penerapan citra medis untuk mengatasi masalah *noise* dan untuk meningkatkan kontras. CLAHE bekerja memperbaiki kinerja dari pendahulunya yaitu *Adaptive Histogram Equalization* (AHE). AHE bekerja dengan membagi citra dalam kotak wilayah kontekstual persegi panjang di mana kontras optimal harus ditentukan. Jumlah optimal dari daerah kontekstual tergantung pada jenis citra input, dan penentuannya memerlukan beberapa eksperimen. Output dari proses *pre-processing* adalah citra sampel yang memiliki kontras seimbang antara objek dan *background*.

Masalah *noise* yang terkait dengan AHE dapat dikurangi dengan membatasi peningkatan kontras khususnya di daerah homogen. Area-area ini dapat ditandai dengan puncak tinggi dalam histogram yang terkait dengan wilayah kontekstual karena banyak piksel berada dalam kisaran abu-abu yang sama. Dengan CLAHE, kemiringan yang terkait dengan skema penugasan tingkat abu-abu terbatas; hal ini dapat dicapai dengan mempertimbangkan jumlah piksel maksimum disetiap kotak yang terkait dengan histogram lokal. Setelah memotong histogram, piksel yang dipotong sama-sama didistribusikan kembali ke seluruh histogram untuk menjaga agar jumlah histogram tetap sama (Zuiderveld, 2013).

2.3. Segmentasi Citra Metode HCA (Hierarchical Cluster Analysis)

Metode Otsu *Thresholding* memiliki kelemahan diantaranya tidak dapat melakukan *multi-thresholding* yaitu membentuk beberapa *threshold* dari sebuah histogram. Maka Arifin dan Asano (Arifin and Asano, 2006) mengusulkan sebuah metode yang dapat mengatasi *multi-thresholding* yaitu segmentasi menggunakan *Hierarchical Cluster Analysis*. *Hierarchical Cluster Analysis* adalah metode analisis untuk melakukan *clustering* data yang berusaha untuk membangun sebuah hierarki kelompok data. Sebuah metode efektif untuk *thresholding* citra dengan menggunakan *hierarchical clustering*. Metode yang diusulkan mencoba untuk mengembangkan dendrogram grayscale dalam histogram citra, berdasarkan ukuran kesamaan yang melibatkan varian antar-kelas dari cluster yang akan digabung dan varians intra-kelas dari cluster yang baru digabung. Dalam mengukur jarak kemiripan antar dua cluster yang tidak bergantung pada dendrogram saja, tetapi diukur kemiripannya dengan mengalikan varian inter-class dan intra-class. Jarak antara cluster C_{k1} dan C_{k2} didefinisikan sebagai:

Tabel 1. Gradasi penilaian jumlah BTA

Deskripsi	Hasil
BTA tidak ditemukan dalam 100-300 lapangan pandang	Negatif
BTA antara 1-9 batang pada 100 lapangan pandang	Sconty
10-99 BTA/ 100 lapangan pandang	Positif 1 (1+)
1-10 BTA / 50 lapangan pandang	Positif 2 (2+)
>10 BTA / satu lapangan pandang	Positif 3 (3+)

$$Dist(C_{k1}, C_{k2}) = \sigma_I^2(C_{k1} \cup C_{k2}) \sigma_A^2(C_{k1} \cup C_{k2}). \quad (1)$$

Dua parameter dalam definisi sesuai dengan *inter-class varians* dan *intra-class varians*. Varian *inter-class*, $\sigma_I^2(C_{k1}, C_{k2})$ adalah jumlah jarak kuadrat antara rata-rata dua kluster dan total rata-rata dari kedua kluster. Varians *intra-class*, $\sigma_A^2(C_{k1}, C_{k2})$, adalah varian dari semua nilai piksel dalam cluster yang digabungkan.

2.4. Operasi Morfologi

Operasi morfologi adalah pengolahan citra berdasarkan bentuk objek citra. Tujuannya yaitu untuk memperbaiki hasil segmentasi yang berbentuk citra biner. Teknik morfologi biasanya digunakan pada citra biner atau untuk beberapa kasus juga dapat diterapkan pada citra keabuan (*grayscale*). Dalam penerapannya pada citra, diperlukan elemen struktur (*structure element*) berbentuk array persegi.

Hal ini didapatkan dengan menambahkan jumlah terkecil elemen *background* yang diperlukan untuk membentuk *array* persegi panjang. Dalam implementasinya pada komputer, memerlukan set A dikonversi juga menjadi *array* persegi panjang dengan menambahkan elemen *background*. Border *background* dibuat cukup untuk mengakomodasi seluruh *structure element* asalnya berada di perbatasan set asli (Gonzalez and Woods, 2018). Operasi morfologi digunakan untuk menghapus objek-objek yang kecil yang masih tersisa dari hasil segmentasi (Alham & Herumurti, 2019) (Sutariawan et al., 2018).

2.5. Desain Penelitian

Penelitian di desain untuk mengetahui langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini agar dapat mencapai tujuan akhir yang diinginkan. Studi Pustaka dilakukan untuk mengetahui perkembangan lebih terkait BTA *Tuberculosis* dan pemrosesan citra digital. Berdasarkan hasil penelusuran literatur, disusun sebuah desain penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini.

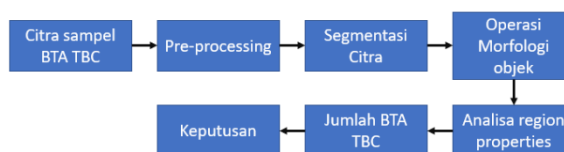
Setelah sampel terkumpul maka selanjutnya diambil sampel berupa citra hasil tangkapan kamera mikroskop. Dari citra tersebut yang nantinya akan dilakukan analisis menggunakan metode yang akan dikembangkan. Disamping itu, citra juga dianalisis secara manual dengan mengitung jumlah bakteri yang ada pada tiap citra sampel. Hal ini bertujuan untuk memberikan *groundtruth* dari tiap data sampel citra. *Groundtruth* adalah fakta sebenarnya yang dianalisa langsung secara manual oleh pakar dibidangnya dalam hal ini adalah ATLM dimana *groundtruth* ini digunakan sebagai bahan evaluasi dan perbandingan hasil analisa yang dilakukan oleh komputer.

2.6. Prosedur Penelitian

Pembuatan Apusan BTA

Tahap pertama untuk membuat apusan BTA yaitu membuat *Smear examination* sputum dengan diameter 2-3 cm. Apusan tersebut ditetesi dengan carbol fuchsin sebanyak 2-3 tetes, kemudian di panasi hingga larutan menguap. Setelah dingin, cuci dengan akuades dan tetesi dengan alcohol 5 tetes atau secukupnya. Cuci Kembali apusan dengan akuades dan dilanjutkan dengan pemberian warna *methilen blue* sebanyak 2-3 tetes. Cuci pewarna MB tadi dengan akuades dan biarkan kering udara. Pada tahap ini, apusan siap di amati.

Pembuatan Automated Image Analysis



Gambar 4. Kerangka kerja analisis otomatis bakteri tahan asam

Setelah data citra dikumpulkan, maka dimulai proses penelitian untuk Analisa otomatis oleh computer. Seluruh rangkaian penelitian pada tahap ini dirancang pada sebuah *framework* yang dapat dilihat pada Gambar 4.

a. Pengambilan Citra Sampel

Sampel bakteri yang sudah diberikan perwarnaan ZN, maka selanjutnya diambil gambarnya menggunakan kamera mikroskop dengan spesifikasi sesuai tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi kamera mikroskop

Image sensor	48 megapixel CMOS sensor 1/2.33 inch
Effective pixel	48 megapixel
Pixel size	1.335µm × 1.335µm
Frame rate	60fps
Lens	C/CS
Brightness control	Auto/ Manual

Kamera mikroskop diatur untuk menangkap citra dengan ukuran 300×300 piksel. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan seleksi terhadap citra yang memenuhi syarat. Citra sampel yang memenuhi syarat yaitu: dapat menampilkan bakteri secara jelas, tidak ada *noise* berupa bayangan, dan memiliki warna yang kontras. Pada penelitian ini digunakan setidaknya 30 data citra sampel.

b. Pre-processing

Setelah citra sampel terkumpul sebanyak 30 sampel yang memenuhi syarat, maka selanjutnya dilakukan *pre-processing* pada citra. Pre-processing dilakukan untuk memperbaiki citra agar dapat disegmentasi dengan mudah. Pre-processing yang dilakukan pada citra yaitu proses memperbaiki

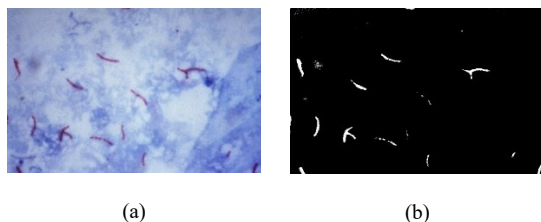
kontras pada citra menggunakan metode CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*). Metode CLAHE dapat diterapkan menggunakan fungsi `adapthisteq()` pada aplikasi matlab.

c. Segmentasi Citra

Setelah dilakukan *pre-processing*, maka selanjutnya dilakukan segmentasi citra menggunakan metode HCA (*hierarcical cluster analysis*). Metode HCA diusulkan pertama kali oleh Arifin dan Asano (Arifin and Asano, 2006). Metode HCA adalah sebuah metode yang dapat mengatasi *multi-thresholding* yaitu segmentasi menggunakan *Hierarchical Cluster Analysis*. Sebuah metode efektif untuk *thresholding* citra dengan menggunakan *hierarchical clustering*. Metode yang diusulkan mencoba untuk mengembangkan *dendrogram grayscale* dalam histogram citra, berdasarkan ukuran kesamaan yang melibatkan varian antar-kelas dari cluster yang akan digabung dan varians intra-kelas dari cluster yang baru digabung. Dalam mengukur jarak kemiripan antar dua cluster yang tidak bergantung pada dendrogram saja, tetapi diukur kemiripannya dengan mengalikan varian *inter-class* dan *intra-class*. Jarak antara cluster C_{k1} dan C_{k2} didefinisikan sebagai:

$$Dist(C_{k1}, C_{k2}) = \sigma_I^2(C_{k1} \cup C_{k2}) \sigma_A^2(C_{k1} \cup C_{k2}). \quad (1)$$

Dua parameter dalam definisi sesuai dengan *inter-class varians* dan *intra-class varians*. Varian *inter-class*, $\sigma_I^2(C_{k1}, C_{k2})$ adalah jumlah jarak kuadrat antara rata-rata dua kluster dan total rata-rata dari kedua kluster. Varians *intra-class* $\sigma_A^2(C_{k1}, C_{k2})$ adalah varian dari semua nilai piksel dalam cluster yang digabungkan. Output dari hasil segmentasi adalah objek bakteri yang tersegmen menjadi citra biner, dimana bakteri yang disegmen berwarna putih. Objek yang berwarna putih inilah yang nantinya akan dihitung jumlahnya. Contoh citra input dan hasil output dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil segmentasi bakteri menggunakan metode HCA (a) gambar input (b) gambar output

d. Operasi Morfologi

Setelah citra disegmentasi, maka selanjutnya dilakukan operasi morfologi. Operasi morfologi dilakukan untuk menghilangkan objek kecil yang bukan objek BTA dan artifak lain dari sisa segmentasi. Operasi morfologi diterapkan menggunakan fungsi `bwmorph()`

e. Analisa Region Properties

Setelah dilakukan operasi morfologi, objek didalam citra diasumsikan sebagai bakteri BTA yang kemudian dihitung. Perhitungan jumlah bakteri menggunakan fungsi `regionprops()` dengan properti area dan menghitung tingkat *roundness*. Pada properti tersebut dapat menghitung jumlah objek berwarna putih diantara background yang berwarna hitam. Sedangkan properti *roundness* mendeteksi objek yang memiliki bentuk oval yang diasumsikan sebagai fitur geometri dari bakteri BTA. Objek yang memiliki tingkat *roundness* tertentu akan dihitung sebagai objek bakteri BTA. Dari hasil perhitungan inilah yang nantinya sebagai keputusan *output* akhir jumlah bakteri pada satu sampel citra yang kondisinya disesuaikan dengan skala pada tabel gradasi penilaian diagnosa BTA. Keputusan yang dikeluarkan yaitu jumlah bakteri yang terdeteksi dalam suatu citra.

2.7. Uji Coba dan Evaluasi

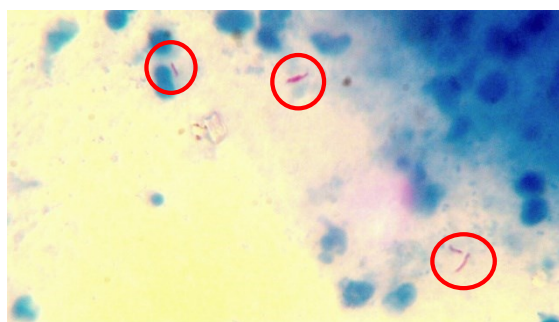
Uji coba dilakukan untuk memastikan sistem yang telah dirancang dan dibangun berfungsi sesuai dengan tujuan. Data yang digunakan dalam uji coba adalah citra sampel sebanyak 30 citra yang telah didapatkan pada proses pengumpulan data. Setiap satu sampel citra yang dijadikan *input* kedalam sistem menghasilkan output jumlah bakteri yang terdeteksi. Evaluasi diperlukan demikian untuk mengetahui seberapa bagus metode dan strategi yang diusulkan dalam melakukan segmentasi dari hasil uji coba. Metode evaluasi yang digunakan menggunakan RMSE (*Root Mean Squared Error*). RMSE menghitung error yang dihasilkan system dalam memprediksi jumlah BTA.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pembuatan Apusan BTA

Langkah ini merupakan langkah untuk memperoleh data berupa data citra. Data citra yang diharapkan dapat dilihat pada gambar 6 dimana dalam satu citra terdapat beberapa BTA (bakteri tahan asam) yang akan dianalisis. Dalam perolehan data ini menggunakan 3 preparat yang berasal dari dahak pasien TBC. Masing masing preparate diberi nama "preparate 1", "Preparat 2", dan "Preparat 3".

Dalam satu preparate dapat menghasilkan citra yang banyak. Sehingga pada hasil pengamatan ini diperoleh citra pada preparate 1 sebanyak 52 citra, preparate 2 sebanyak 73 citra dan preparate 3 sebanyak 46 citra. Sehingga jumlah total data mentah yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 171 citra. Contoh sampel citra dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Contoh sampel data citra

Pada contoh sampel data dapat dilihat bahwa dalam satu bidang citra memiliki beberapa objek. Objek bakteri BTA dapat dilihat pada objek yang dilingkari pada gambar 5. Objek BTA memiliki ciri-ciri bentuk yang seperti silinder panjang dan berwarna merah.

Pada pembuatan apusan BTA didapat tiga preparat yang mana dalam satu preparate memiliki banyak bidang pandang. Banyaknya bidang pandang tergantung kemampuan dari observer dalam hal ini adalah ATLM. Beberapa kendala yang dihadapi saat pengambilan gambar pada apusan adalah peralatan mikroskop yang sudah tua mengakibatkan hasil tangkapan kamera mikroskop memiliki banyak noise. Selain itu, mikroskop yang digunakan memiliki lampu *backlight* yang berwarna kuning. Hal ini menyebabkan citra kebanyakan mengandung warna kuning yang dapat menyamarkan warna asli dari BTA yaitu merah keunguan.

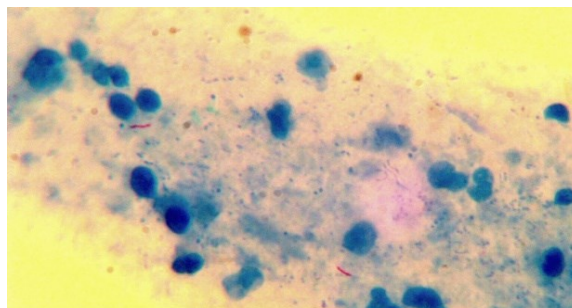
3.2. Preprocessing Data

Data mentah kemudian dilakukan *pre-processing* untuk memilah citra mana yang dapat digunakan dan mana yang tidak. Untuk metode pemilihan ini digunakan metode manual oleh peneliti dimana peneliti dari bidang computer yang didampingi oleh pakar yaitu ahli teknologi laboratorium medis. Citra yang dipilih yaitu citra yang memenuhi syarat untuk dilakukan pemrosesan di computer. Kemudian pakar ATLM menentukan *groundtruth*. *Groundtruth* ini berguna untuk evaluasi diakhir penelitian. *Groundtruth* ditentukan oleh pakar dengan menghitung secara manual jumlah objek bakteri yang ada pada dalam 1 citra. Hal ini perlu dilakukan pakar karena hanya pakar yang paham objek mana yang merupakan bakteri dan mana yang bukan bakteri. Dalam penentuan label *groundtruth*, diberikan angka yaitu jumlah bakteri dan "TIDAK ADA" yang berarti tidak ada bakteri dalam satu citra.

Citra yang dipilih harus memenuhi syarat untuk pemrosesan citra digital. Karakteristik citra yang akan dilakukan pemrosesan citra digital yaitu tidak adanya *noise*. *Noise* ini nantinya akan dapat mengganggu dalam pemrosesan citra. *Noise* ini dapat berupa objek lain yang bukan objek BTA seperti jaringan yang tidak diketahui. Contoh citra yang memiliki noise

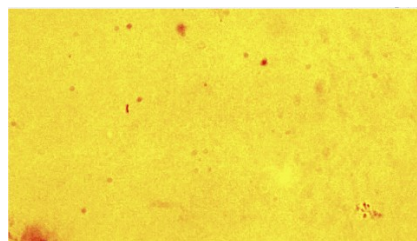
objek lain yang tidak diketahui dapat dilihat pada gambar 7.

Setelah citra dipilih yang layak, maka citra perlu dilakukan perubahan format dari citra *Red Green Blue* (RGB-warna) menjadi citra *grayscale* (citra

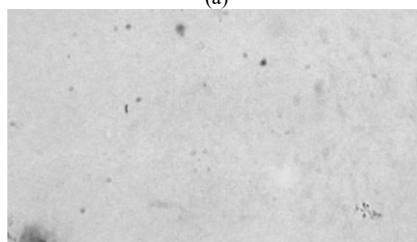


Gambar 7. Sampel citra yang memiliki *noise* objek lain yang tidak diketahui

skala abu-abu) atau biasa dikenal dengan citra hitam putih. Hal ini dilakukan agar proses pengolahan citra dapat berjalan cepat. Karena citra dengan format RGB citra memiliki 3 *channel* yaitu *red*, *green* dan *blue* yang dapat memperlambat pemrosesan citra. Sedangkan citra *grayscale* hanya memiliki 1 *channel* yaitu abu-abu sehingga dapat mempercepat proses pengolahan citra. Proses perubahan ini menggunakan fungsi *rgb2gray* pada aplikasi matlab. Contoh citra hasil pengubahan format ini dapat dilihat pada gambar 8.



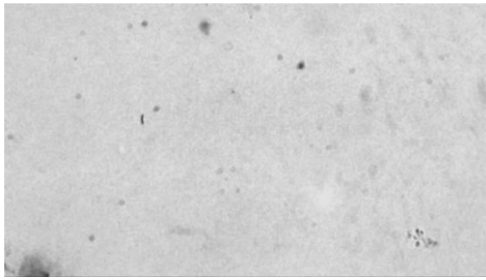
(a)



(b)

Gambar 8. (a) citra format RGB, (b) citra sesudah pengubahan format menjadi *grayscale*

Langkah selanjutnya yaitu melakukan perbaikan untuk mempermudah pemrosesan citra. Langkah perbaikan yang dilakukan yaitu dengan cara memperbaiki kontras pada citra menggunakan metode CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*). Output dari proses *pre-processing* adalah citra sampel yang memiliki kontras seimbang antara objek dan *background*. Contoh gambar citra yang sudah dilakukan perbaikan dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Citra sesudah dilakukan perbaikan kontras

Tahapan *pre-processing* merupakan tahapan umum dalam bidang pengolahan citra digital. Beberapa kendala yang dihadapi saat melakukan pre-processing yaitu pada tahap pemilihan citra. Pemilihan citra dilakukan dengan cara di observasi oleh peneliti dibidang computer yang mengerti citra mana yang dapat dilakukan pengolahan dan mana yang tidak. Pada tahap ini, citra yang dipilih merupakan citra yang Nampak bagus secara visual oleh mata observer, sedangkan hasil pengolahan dari computer terkadang tidak se bagus yang diharapkan. Dalam kata lain, citra yang menurut observer bagus, belum tentu menurut computer juga bagus. Karena computer hanya memandang citra sebagai matrik multi-dimensi yang masing-masing elemennya memiliki nilai tertentu. Karena pada dasarnya computer memandang citra bukan sebagai citra tetapi sebuah matrik. Hal ini yang menyebabkan hasil Analisa pada penelitian ini terdapat beberapa citra yang kurang memuaskan.

3.3. Segmentasi Citra

Langkah selanjutnya yaitu melakukan segmentasi citra. Segmentasi berguna untuk memisahkan antara objek dan *background*. Objek dalam hal ini adalah BTA dan *background* adalah latar belakang dan objek selain BTA. Proses segmentasi ini dilakukan dengan cara mengubah citra grayscale menjadi citra biner. Citra biner yaitu citra yang hanya memiliki nilai 1 dan 0 yang artinya hanya memiliki 2 warna putih dan hitam. Putih merepresentasikan angka 1 yaitu objek sedangkan 0 merepresentasikan hitam yaitu *background*. Metode yang digunakan yaitu HCA (*hierarchical cluster analysis*). Target dari tahapan segmentasi citra ini yaitu menemukan objek BTA yang jelas.

Metode ini memiliki parameter yang dapat memengaruhi hasil segmentasi. Sehingga pada penelitian ini dilakukan uji coba untuk menentukan parameter yang baik untuk melakukan segmentasi. Parameter yang digunakan yaitu jumlah *cluster* yang dibagi dalam satu citra. Pada penelitian ini ditetapkan memilih 3 cluster. Dari 3 cluster ini akan dipilih citra mana yang menghasilkan segmentasi bakteri BTA dengan baik. Bakteri BTA tersegmentasi dengan baik apabila objek BTA terpisah dengan objek lain. Hasil output segmentasi menggunakan 3 threshold dapat dilihat pada Gambar 10.



(a)



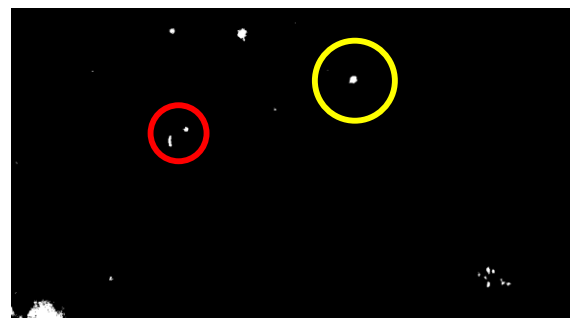
(b)



(c)

Gambar 10. (a) output threshold ke 1 (b) output threshold ke 2 (c) output threshold ke 3

Dari percobaan yang dilakukan, hasil citra jika menggunakan *threshold* ke 1 tidak menghasilkan segmentasi apapun. Hal ini disebabkan *threshold* terlalu rendah sehingga skala keabuan yang dibatasi menjadi sempit mengakibatkan citra hitam keseleruhan tanpa ada objek yang tersegmentasi. Untuk *threshold* yang ke 2 dapat menghasilkan objek dengan baik walaupun masih menghasilkan beberapa objek lain yang bukan BTA. Sedangkan *threshold* ke 3 dapat mensegmentasi objek namun beberapa objek ikut tersegmentasi lebih banyak daripada *threshold* yang ke 2. Maka dari itu pada penelitian ini digunakan *threshold* yang ke 2 yang dianggap hasil segmentasi paling ideal. Contoh hasil segmentasi citra dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Citra sampel hasil segmentasi

Dari hasil segmentasi ini didapatkan objek putih yang diprediksi sebagai objek BTA yang dilingkari merah, sedangkan objek putih lain yang bukan BTA

contoh pada lingkaran kuning. Objek BTA sangat jelas memiliki bentuk silinder memanjang seperti kapsul. Sedangkan objek lain yang bukan BTA memiliki bentuk yang lebih bundar.

3.4. Seleksi Objek

Untuk mengatasi salah prediksi objek BTA, maka objek yang bukan BTA perlu dieliminasi. Memanfaatkan fitur geometri dari bakteri yaitu berbentuk silinder memanjang dan memanfaatkan objek lain yang dominan memiliki geometri berbentuk bundar. Dengan memanfaatkan karakteristik kedua objek ini, maka dihitung tingkat *roundness* yang dimiliki oleh objek yang tersegmentasi. Tingkat *roundness* atau tingkat kebundaran suatu objek diukur sampai sejauh mana suatu objek dikategorikan bundar (*round*). Dengan aturan ini, maka objek yang memiliki tingkat *roundness* yang tinggi akan dieliminasi.

Sebelum dilakukan pengukuran tingkat *roundness*, dilakukan proses morfologi yaitu erosi. Proses morfologi digunakan untuk menghilangkan objek kecil yang dianggap sebagai *noise*. Hasil keluaran dari proses morfologi yaitu hanya menyisakan objek besar saja. Parameter yang digunakan untuk melakukan morfologi pada objek yaitu *stel* (*structure element*). *Strel* yang digunakan memiliki bentuk dasar *square* dengan dimensi 3x3. *Strel* ini dianggap ideal karena dapat menghilangkan objek kecil namun tidak menghilangkan atau merusak objek besar. Beberapa proses morfologi yang gagal dapat mengikis objek BTA sehingga menghilangkan karakteristik dari objek BTA yaitu silinder panjang.

Tahapan menghitung tingkat *roundness* diawali dengan menentukan *centroid* (titik tengah) suatu objek. *Centroid* objek dihitung menggunakan fungsi *regiopropr*s dari Matlab. Rumus untuk menentukan tingkat *roundness* sesuai persamaan:

$$metric = \frac{4\pi \times L}{K^2} \quad (2)$$

dimana *metric* atau tingkat *roundness* dihitung berdasarkan hasil pembagian 4 phi dikali luas objek (*L*) dengan keliling kuadrat objek (K^2). Metrik ini sama dengan bernilai 1 hanya untuk objek berbentuk lingkaran dan kurang dari satu untuk bentuk lainnya.

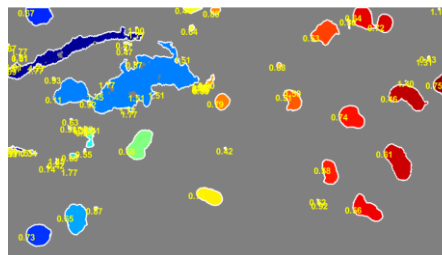
Proses eliminasi dapat dikendalikan dengan menetapkan ambang batas yang sesuai. Objek dengan nilai metrik diatas *threshold* akan dieliminasi. Pada penelitian ini akan dilakukan eksperimen nilai *threshold* yang digunakan dalam melakukan seleksi objek. Batas ambang (*threshold*) yang digunakan dalam eksperimen antara lain 0.01, 0.015, 0.1, 0.11, 0.15, 0.2, 0.25, 0.30. Setiap *threshold* tersebut memiliki kemampuan menyeleksi objek bulat masing masing.

3.5. Perhitungan Jumlah BTA

Citra yang telah disegmentasi menghasilkan objek putih yang diprediksi sebagai objek BTA.

Kemudian objek tersebut diseleksi menggunakan fitur geometri sehingga tersisa objek yang berbentuk tidak bulat yang merepresentasikan bentuk bakteri. Untuk menghitung jumlah objek putih, digunakan fungsi *regionprops* pada matlab. *Regionprops* menghitung satu hingga sekumpulan piksel yang bernilai 1 dan dihitung sebagai 1 objek. Sehingga objek dengan hanya 1 piksel tetap dihitung sebagai 1 objek terpisah. Objek putih dihitung dan mewakili prediksi jumlah BTA dalam satu bidang pandang citra sampel.

Objek yang tersisa dari proses eliminasi diprediksi sebagai objek BTA. Objek kemudian dihitung dan menghasilkan angka yang merupakan prediksi jumlah BTA pada satu citra. Perhitungan BTA dilakukan dengan cara mengecek satu persatu apakah objek memiliki tingkat *roundness* dibawah *threshold* atau tidak. Perhitungan jumlah BTA menggunakan cara ini masih memiliki kelemahan yaitu beberapa objek diprediksi sebagai BTA namun pada nyatanya objek tersebut bukan BTA. Hal ini disebabkan proses seleksi objek yang masih kurang ketat. Beberapa objek yang terdeteksi BTA memang memiliki nilai *roundness* yang rendah namun bentuknya tidak silinder melainkan bentuk yang sangat acak sehingga memiliki tingkat *roundness*



Gambar 12. Hasil perhitungan nilai *roundness* setiap objek

yang kecil. Hal ini menyebabkan beberapa objek menjadi salah prediksi. Sampel hasil perhitungan nilai *roundness* tiap objek dapat dilihat pada gambar 12.

3.6. Evaluasi

Untuk mengukur kinerja dari penelitian yang dilakukan, maka perlu diadakan evaluasi. Evaluasi pada penelitian ini dilakukan membandingkan jumlah BTA hasil observasi oleh pakar, dalam hal ini adalah ATLM, dengan jumlah BTA hasil prediksi dari penelitian ini. Evaluasi menggunakan satu scenario yaitu mengubah-ubah nilai *threshold* sebagai batas ambang untuk seleksi objek.

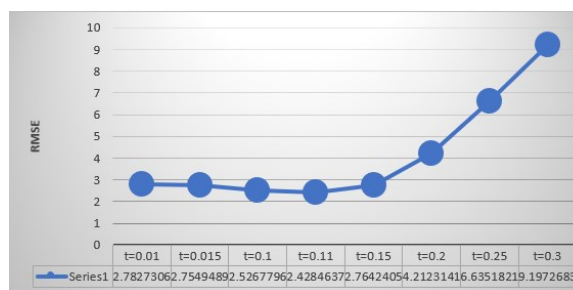
Metode evaluasi yang digunakan yaitu RMSE (*Root Mean Squared Error*). *Root Mean Squared Error* (RMSE) merupakan salah satu cara untuk mengevaluasi model regresi linear dengan mengukur tingkat akurasi hasil perkiraan suatu model. RMSE dihitung dengan mengkuadratkan error (prediksi – observasi) dibagi dengan jumlah data (= rata-rata), lalu diakarkan. RMSE tidak memiliki satuan sesuai persamaan:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (3)$$

RMSE bernilai 1 hingga 100. Indikator nilai RMSE adalah semakin kecil nilai RMSE maka kinerja dari sebuah system semakin baik dan sebaliknya. Hasil pengukuran kinerja pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3 dan divisualisasikan pada gambar 13.

Tabel 3. Nilai RMSE tiap threshold yang berbeda

Threshold	Nilai RMSE
0.01	2.782730627
0.015	2.754948927
0.1	2.526779647
0.11	2.428463691
0.15	2.764240518
0.2	4.21231406
0.3	6.635182064



Gambar 13. Grafik perbandingan nilai threshold terhadap nilai RMSE

Pada eksperimen yang dilakukan didapat angka threshold roundness 0.11 agar dapat mengeliminasi objek yang bukan BTA. Pada eksperimen menemukan threshold ini, dapat dilihat pada gambar 11 dimana grafik memiliki tren fluktuatif atau naik turun. Angka error paling rendah yaitu 2.4284 didapat saat threshold di angka 0.11 Threshold roundness yang tinggi menghasilkan prediksi jumlah BTA yang terlalu banyak. Hal ini disebabkan karena objek yang tersegmentasi sangat banyak. Jika tidak diukur tingkat roundness nya maka menghasilkan prediksi yang salah berdampak pada nilai error yang besar. Sebaliknya jika threshold terlalu rendah, menyebabkan tidak ada objek yang terdeteksi yang berdampak jumlah objek yang dideteksi berjumlah 0.

4. KESIMPULAN

Pengembangan *automated image analysis* untuk menentukan jumlah bakteri tahan asam pada kasus *tuberculosis* telah dilakukan. Pewarnaan bakteri pada preparat menggunakan metode Ziehl-Neelsen dapat memperjelas keberadaan bakteri BTA dan mempermudah pengambilan citra menggunakan kamera mikroskop. *Noise* citra hasil pengambilan kamera dapat diatasi dengan menggunakan metode CLAHE yang dapat memperbaiki kontras citra. *Thresholding* menggunakan metode HCA dapat memisahkan objek bakteri dengan latar belakang yang bukan objek bakteri secara otomatis. *Preprocessing* citra menggunakan operasi morfologi

dapat memperbaiki citra biner hasil segmentasi HCA yang masih menghasilkan objek lain selain objek bakteri BTA. Seleksi objek BTA dilakukan dengan memanfaatkan fitur geometri dari objek yaitu memiliki bentuk cenderung oval yaitu dengan mengukur tingkat *roundness* dari objek. Perhitungan jumlah bakteri BTA dihitung berdasarkan objek yang tersisa dari hasil seleksi objek.

RMSE (*root mean square error*) digunakan untuk mengevaluasi model regresi linear dengan mengukur tingkat akurasi hasil perkiraan suatu model. Dari eksperimen yang dilakukan, dihasilkan nilai error terkecil yaitu 2.428463691 yang didapat pada threshold 0.11. Angka error yang didapat masih tergolong tinggi sehingga perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut di penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- ADAM, S. AND ARIFIN, A.Z., 2020. Separation Of Overlapping Object Segmentation Using Level Set With Automatic Initalization On Dental Panoramic Radiograph. *Jurnal Ilmu Komputer dan Informasi*, 13(1), p.25. <https://doi.org/10.21609/jiki.v13i1.806>.
- ALHAM, D. S., & HERUMURTI, D. 2019. Segmentasi Dan Perhitungan Sel Darah Putih Menggunakan Operasi Morfologi Dan Transformasi Watershed. *INFORMAL: Informatics Journal*, 4(2), 59. <https://doi.org/10.19184/isj.v4i2.13347>
- AL-KOBAISI, M. F. 2007. Jawetz, Melnick & Adelberg's Medical Microbiology 24th Edition. *Sultan Qaboos University Medical Journal [SQUMJ]*, 7(3), 273–275. <https://journals.squ.edu.om/index.php/squmj/article/view/1338>
- ARIFIN, A.Z. AND ASANO, A., 2006. Image segmentation by histogram thresholding using hierarchical cluster analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(13), pp.1515–1521. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2006.02.022>.
- BRYANTS, A. AND SURAHMAN, H., 2015. Skrining Bakteri Tb Menggunakan Pengolah Citra Digital. 02(01), p.5.
- GIRSANG, M., PARTAKUSUMA, L.G., LESHTIOWATI, D. AND ERNA, 2006. Penilaian Mikroskopis Bakteri Tahan Asam (BTA) menurut skala internasional Union Association Lung Tuberculosis Disease (IUALTD) di Instalasi Laboratorium Mikrobiologi RS Persahabatan Jakarta. *Media Litbang Kesehatan XVI*, 3, pp.42–48.
- GONZALEZ, R.C. AND WOODS, R.E., 2018. *Digital image processing*. New York, NY: Pearson.
- HANGGORO, A. Y., SUWARNI, L., SELVIANA, S., & MAWARDI, M. 2020. Dampak Psikologis Pandemi Covid-19 pada Tenaga Kesehatan: A Studi Cross-Sectional di Kota

- Pontianak. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 15(2), 13.
<https://doi.org/10.26714/jkmi.15.2.2020.13-18>
- KALMA, 2018. Perbandingan Hasil Pemeriksaan Basil Tahan Asam Antara Spesimen Dahak Langsung Diperiksa Denga Ditunda 24 Jam. *Jurnal Media Analis Kesehatan*, 9(2), pp.130–135.
- MACNEIL, A., 2019. Global Epidemiology of Tuberculosis and Progress Toward Achieving Global Targets — 2017. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, [online] 68. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6811a3>.
- MIRNASARI, N. AND ADI, K., 2013. Aplikasi Metode Otsu Untuk Identifikasi Bakteri Tuberculosis Secara Otomatis. 2(1), p.8.
- PINGGIAN, B., OPOD, H., & DAVID, L. (2021). Dampak Psikologis Tenaga Kesehatan Selama Pandemi COVID-19. *Jurnal Biomedik : Jbm*, 13(2), 144–151.
<https://doi.org/10.35790/jbm.13.2.2021.31806>
- SANTOSO, M. D. Y. 2021. FAKTOR-FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN BURNOUT PADA TENAGA KESEHATAN DALAM SITUASI PANDEMI COVID-19. *JURNAL KEPERAWATAN TROPIS PAPUA*, 04, 1–9.
- SUTARIAWAN, I. P. E., DATES, G. R., & ARYANTO, K. Y. E. 2018. Segmentasi Mata Katarak pada Citra Medis Menggunakan Metode Operasi Morfologi. *Jurnal Ilmu Komputer Indonesia*, 3(1), 23–31.
- SUTARIAWAN, I. P. E., DATES, G. R., & ARYANTO, K. Y. E. (2018). Segmentasi Mata Katarak pada Citra Medis Menggunakan Metode Operasi Morfologi. *Jurnal Ilmu Komputer Indonesia*, 3(1), 23–31.
- WHO, 2020. tuberculosis. Available at: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>> [Accessed 11 Mar. 2021].
- ZUIDERVELD, K. 2013. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization. In *Graphics Gems*. Academic Press, Inc.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-336156-1.50061-6>