

RANCANG BANGUN ALAT PENGHITUNG JUMLAH KOLONI BAKTERI STAPHYLOCOCCUS AUREUS DAN BACILLUS SUBTILIS PADA MIKROSKOP BERBASIS RASPBERRY PI

¹Achmad Akbar Marhananda, ²Sotyohadi, ST., MT, ³Ir. Kartiko Ardi Widodo., MT
ITN Malang, Malang, Indonesia
akbarmarhananda@gmail.com

Abstract – Alat penghitung jumlah koloni bakteri ini merupakan alat yang dirancang untuk mahasiswa Laboratorium Mikrobiologi Teknik Kimia untuk membantu praktikum terkait dengan penghitungan jumlah koloni pada bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis*. Konsep dari alat yang dibuat adalah kamera webcam logitech c270 akan menangkap gambar secara realtime kemudian dibaca oleh Raspberry Pi lalu akan muncul tampilan untuk memilih jenis bakteri apa yang akan dideteksi dan dilakukan pengolahan data untuk menghitung jumlah koloninya. Alat ini dibuat dengan tujuan mengoptimalkan mikroskop yang ada pada laboratorium Teknik Kimia dengan menggabungkan konsep pengolahan Citra Digital dan Mikroskop konvensional, sehingga saat praktikum ketika mencari bakteri pada mikroskop langsung dapat diketahui banyaknya koloni bakteri pada lensa mikroskop. Komponen utama adalah kamera webcam logitech c270, Raspberry Pi 3B, dan layar monitor sebagai keluaran. Pada sisi program digunakan library OpenCV dan pillow, sedangkan metode yang digunakan adalah *morphology*. Dengan metode *morphology* kita dapat mengetahui berapa banyak jumlah koloni dengan mengikuti perbedaan warna yang sudah dilakukan proses *filtering*.

Kata Kunci—komponen; *bacillus subtilis*, *Morphology*, *OpenCV*, *pillow*, *raspberry pi 3B*, *staphylococcus aureus*.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Laboratorium Mikrobiologi Teknik Kimia terdapat mikroskop elektronik atau mikroskop digital yang sudah tersambung kamera untuk mengidentifikasi Mikroba pada zat cair. Namun, kamera pada mikroskop ini sudah lama rusak dan tidak dapat digunakan. Mikroskop digital pada Teknik kimia Berfungsi sebagai penampil bakteri saja, bakteri tersebut akan tampil secara otomatis menggunakan aplikasi *scoopel*. Namun saat ini kamera tersebut rusak sehingga harus membeli kamera yang berasal dari pabrikan yang sama pada aplikasi *scoopel*. Karena hal ini mikroskop pada Teknik kimia untuk praktikum dilakukan secara manual dalam mengidentifikasi dan melakukan perhitungan mikroba pada lensa okuler. Oleh karena itu pada penelitian kali ini dirancang mikroskop canggih yang dilengkapi pengolahan citra digital sebagai bentuk *upgrade* atau peningkatan dari mikroskop sebelumnya. Alat yang dirancang merupakan alat yang bersifat *open-source* sehingga tidak

memerlukan aplikasi atau pabrikan khusus untuk perawatan jika nanti ada kerusakan.

Jenis mikroba yang dipilih untuk menjadi object penelitian adalah *Bacillus Subtilis* dan *Staphylococcus Aureus*. *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus Aureus* merupakan bakteri yang dapat kita jumpai disekitar kita. Seperti di tanah, dan air[1]. Oleh karena itu bakteri tersebut dipilih menjadi obyek dikarenakan mudah didapat dan juga untuk mendeteksinya dapat menggunakan metode pewarnaan gram. Pewarnaan gram dilakukan dengan tujuan memberikan warna ungu pada bakteri *bacillus subtilis*. *Bacillus subtilis* memiliki sifat gram positif, oleh karena itu ditandai dengan warna ungu[2].

Rancangan alat ini bertujuan untuk membantu pengidentifikasian mikroba dalam zat cair secara real time atau secara aktual, dimana alat ini menampilkan hasil identifikasi dan perhitungan pada monitor atau layar. Rancangan alat identifikasi mikroba ini merupakan alat yang dapat melakukan perhitungan jumlah mikroba, dan juga mengidentifikasi jenis mikroba yang ada dalam jangkauan kamera mikroskop. Dengan memanfaatkan pengolahan citra dengan metode *Morphology* dan *OpenCV* kita dapat menghitung jumlah, dan mengidentifikasi objek yang tertangkap pada kamera. Pada pembuatan alat ini Raspberry Phi 3 B+ digunakan sebagai mikrokontroler, Webcam Logitech c270 sebagai kamera untuk menangkap gambar secara real-time, layar monitor untuk menampilkan hasil perhitungan, dan mikroskop sebagai alat untuk melihat mikroba dalam zat cair. Untuk mengatur fokus dari webcam dapat ditambahkan lensa mikro sehingga titik fokusnya bisa kurang dari 3 cm dengan kualitas yang jernih. Hal ini bertujuan juga agar hasil pengambilan gambar menjadi jelas atau dengan kualitas yang bagus.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas maka dapat disimpulkan beberapa masalah yang dituangkan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana cara merancang software dan tampilan alat identifikasi mikroba?
2. Bagaimana cara merancang merakit dan memasang alat identifikasi pada mikroskop sehingga dapat berjalan dengan optimal?

3. Bagaimana menghitung Mikroba pada Mikroskop dengan raspberry pi 3B+?

C. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang kamera digital untuk membantu mahasiswa Teknik kimia untuk melihat dan juga menghitung jumlah koloni mikrobakteri pada mikroskop

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. openCV

OpenCV (Computer Vision Open Source) merupakan sebuah *library* yang berisi fungsi pemrograman untuk pengolahan citra. OpenCV diatur oleh lisensi BSD dan dapat digunakan secara gratis, baik untuk keperluan akademis maupun komersial. OpenCV dapat diimplementasikan dalam berbagai bahasa pemrograman seperti C, C++, Python, Java, dan lain-lain. Selain itu, OpenCV dapat dijalankan pada berbagai sistem operasi seperti Windows, Linux, Android, iOS, dan Mac OS. Pada *library*, OpenCV menyediakan lebih dari 2500 algoritma yang telah dioptimalkan sehingga pengguna mudah dalam akses[3].



Gambar 1 Gambar Logo OpenCV

Agar kamera dapat diakses maka dibutuhkan suatu program atau dapat mengakses *library* yang memang menyediakan program tersebut. Oleh karena itu OpenCV merupakan *library* yang cocok karena sudah memuat program apa saja sesuai kebutuhan kita dalam mengakses kamera.

B. Threshold

Metode *Threshold* atau segmentasi citra memisahkan antara objek dengan latar belakang dalam suatu citra berdasarkan pada perbedaan tingkat kecerahannya atau gelap terangnya[4]. Daerah yang gelap akan dibuat semakin gelap atau hitam sempurna sedangkan daerah yang terang akan dibuat semakin terang sehingga menjadi putih sempurna. Daerah yang gelap akan bernilai 0 dan daerah yang terang akan bernilai 255[5].

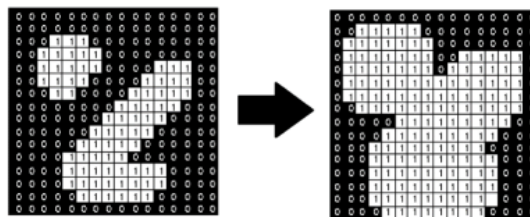


Gambar 2 Bakteri yang sudah di threshold

Gambar diatas merupakan gambar yang sudah diberi efek *Threshold*. Dimana efeknya adalah membuat warna gambar hanya bernilai putih dan hitam saja

C. Dilation

Dilasi adalah metode untuk memperluas bagian dari objek (citra biner) dengan menambahkan lapisan di sekitar objek. Ini dilakukan dengan mengubah titik-titik latar (0) yang bersebelahan dengan titik-titik objek (1) menjadi titik-titik objek (1).

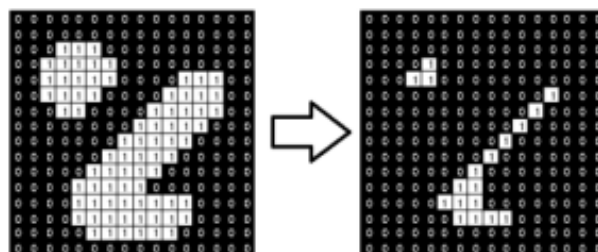


Gambar 3 Segmentasi Dilasi

Secara esensial dilasi dapat dilakukan dengan mengganti setiap titik (x,y) pada citra A dengan himpunan piksel B (dimana titik $(0,0)$ pada B ditempatkan pada (x,y)). Hal ini juga dapat dipahami dengan mengganti setiap titik (u,v) pada B dengan bayangan A. Dilatasi juga sering disebut dengan "penjumlahan Minkowski". Dalam konteks umum, dilasi mengasumsikan bahwa A adalah gambar yang akan diproses, sedangkan B adalah kumpulan piksel tertentu. Kumpulan piksel B ini sering disebut sebagai elemen struktural atau kernel.

D. Erosion

Erosi atau pengikisan adalah kebalikan dari dilatasi. Teknik ini bertujuan untuk memperkecil atau mengikis bagian tepi objek. Caranya dengan mengubah titik objek (1) yang berdekatan dengan titik latar (0) menjadi titik latar (0).

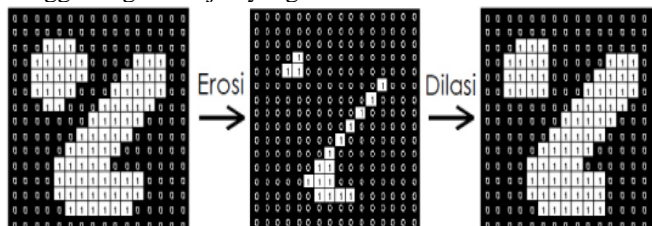


Gambar 4 Segmentasi Erosi

Dalam operasi erosi, biasanya diasumsikan bahwa A adalah citra yang akan diolah, dan B adalah himpunan piksel yang juga dikenal sebagai elemen struktur atau kernel.

E. Open Morphologi

Opening merupakan pengolahan citra gabungan dari dilasi dan erosi. Dimana citra terlebih dahulu dilakukan dilasi yang kemudian dilanjutkan dengan erosi. *Opening morphology* bertujuan untuk mengisi lubang kecil pada objek, menggabungkan objek yang berdekatan



Gambar 5 Segmentasi Morphologi

Operasi *opening morphology* juga cenderung akan memperhalus objek pada citra, namun dengan cara menyambung pecahan-pecahan (*fuses narrow breaks and thin gulf*) dan menghilangkan lubang-lubang kecil pada objek

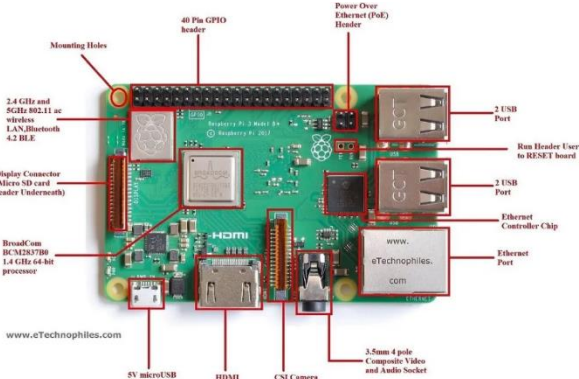
F. Kamera Webcam



Gambar 6 Webcam Logitech c270

Pada dasarnya kamera webcam beroperasi seperti kamera digital biasa. Webcam lebih umum digunakan pada komputer desktop dan digunakan untuk berbagai keperluan, seperti melakukan siaran langsung di platform media sosial, menjalankan panggilan video, atau hanya untuk mengambil gambar di desktop. Sistem ini menggunakan kamera Logitech C270, yang memiliki resolusi kamera hingga 3.0 megapiksel dan dapat menghasilkan video dengan resolusi hingga 720p (1280 x 720 px). Kamera ini juga dilengkapi dengan mikrofon dan terhubung melalui port USB 2.00 [6].

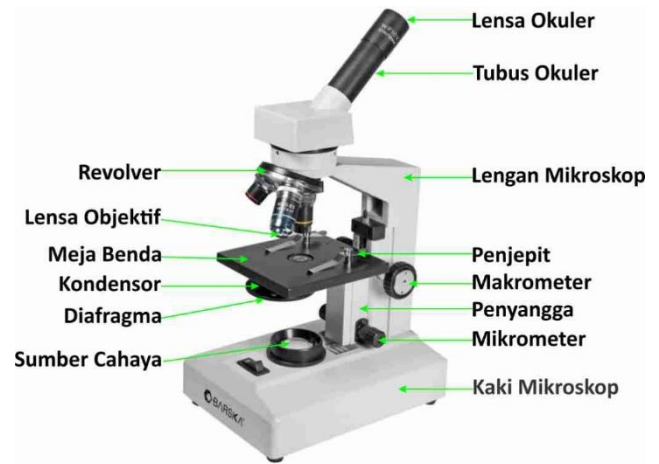
G. Raspberry Pi 3B



Gambar 7 Gambar Raspberry Pi

Raspberry Pi, yang merupakan sebuah komputer papan tunggal (Single Board Computer), memiliki ukuran yang hampir sama dengan kartu SIM[7]. Raspberry Pi menggunakan sistem operasi Raspbian. Ada berbagai seri Raspberry Pi, dengan seri terbaru yang disebut Raspberry Pi 4. Terdapat beberapa varian Raspberry Pi, termasuk varian A, B, A+, dan B+. Perbedaan mendasar antara seri dan varian Raspberry Pi terletak pada kapasitas memori, prosesor, komponen pendukung, dan lain-lain. Misalnya, Raspberry Pi 3 B+ memiliki kapasitas RAM sebesar 1 GB, prosesor Quadcore @1.4 GHz, koneksi WLAN, dan konsumsi daya sekitar 4W. Penyimpanan data pada Raspberry Pi tidak menggunakan hard disk, melainkan menggunakan kartu SD. Selain itu, Raspberry Pi dilengkapi dengan port USB, konektor HDMI, dan port ethernet.

H. Mikroskop



Gambar 8 Spesifikasi Mikroskop

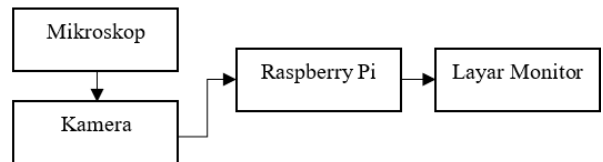
Mikroskop adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memeriksa objek yang berukuran sangat kecil agar dapat dilihat dengan mata manusia tanpa bantuan. Alat utama yang digunakan dalam mikroskop untuk pengamatan ini adalah lensa objektif dan lensa okuler. Mikroskop yang beroperasi dengan menggunakan cahaya disebut sebagai mikroskop optik. Dalam kategori mikroskop optik, terdapat dua jenis utama, yaitu mikroskop monokuler dan mikroskop binokuler. Mikroskop monokuler dilengkapi dengan satu lensa okuler, sementara mikroskop binokuler memiliki dua lensa okuler[8]. Pada Gambar 2.1 merupakan bagian-bagian mikroskop dan Tabel 2.1 merupakan keterangan dari fungsi pada bagian – bagian mikroskop.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini membahas mengenai cara kerja sistem dari diagram alur. Selain itu juga membahas tentang perancangan dari *software* dan *hardware* sistem.

A. Diagram Blok Hardware

Dibawah ini merupakan diagram blok dari sistem yang dibuat. Pada bagian ini dibahas juga dari setiap komponen yang digunakan.

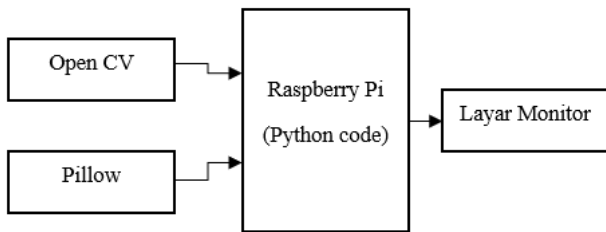


Gambar 9 Blok Diagram Hardware

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa komponen utama yang digunakan adalah Raspberry Pi 3 B. Data awal yang masuk adalah gambar mikroba dari mikroskop, kemudian dibaca oleh kamera. Kamera yang digunakan adalah webcam yang telah dipasang lensa mikro. Data gambar dari kamera tersebut di proses oleh Raspberry Pi untuk filtering dan pemrosesan lainnya. Hasil dari pemrosesan tersebut di tampilkan pada layar monitor.

B. Diagram Blok Software

Dibawah ini merupakan rancangan diagram blok dari system yang dibuat. Dan akan dibahas terkait dengan bagian dari diagram blok tersebut.

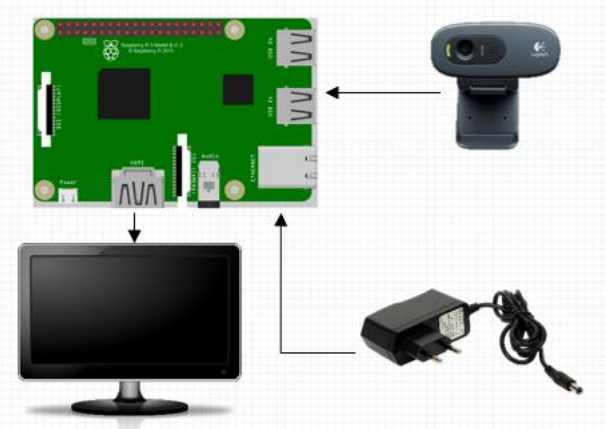


Gambar 10 Blok Diagram Software

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa bagian utama adalah Python code yang diproses pada raspberry pi. Library yang digunakan adalah Open CV, dan Pillow sedangkan untuk algoritmanya adalah BLOB

C. Perancangan Perangkat keras

Pada perancangan perangkat keras ini menggunakan beberapa komponen yaitu raspberry Pi, kamera, dan monitor sebagai Output.

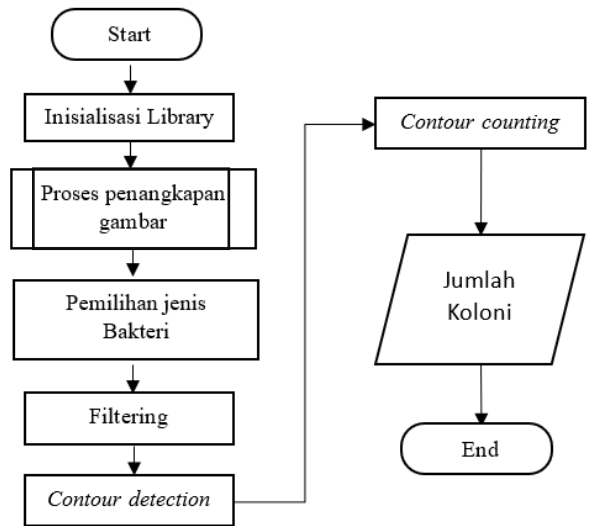


Gambar 11 Blok Diagram Hardware

Pada rangkaian ini Raspberry Pi dihubungkan dengan kamera Webcam C270 yang sudah dipasang lensa Mikro. Fungsi dari kamera ini adalah menangkap gambar yang kemudian diproses pada Raspberry Pi 3 B.

D. Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak ini berisikan flowchart proses dari system yang dibuat. Flowchart merupakan gambar dari pemetaan sebuah proses secara berurutan dengan tujuan mempermudah pemahaman dan mempermudah untuk dipelajari. Pada bagian flowchart ini membahas mengenai flowchart pengoperasian system, flowchart pengambilan Gambar merupakan flowchart untuk menangkap tampilan pada mikroskop dan mengkonversi menjadi ukuran pixel 360 x 480 agar kerja dari raspberry tidak terlalu berat. Flowchart berikutnya adalah flowchart BLOB untuk mendeteksi contour dari mikrobakteri dibawah ini menjelaskan flowchart pengoperasian sistem



Gambar 12 Flowchart Perangkat Lunak

Gambar akan ditangkap kemudian muncul tampilan untuk pilihan bakteri mana yang akan diidentifikasi. Setelah bakteri sudah dipilih maka akan di filter dengan dilasi dan erosi. Setelah itu masuk ke algoritma BLOB dan di deteksi kontur kemudian dihitung tiap konturnya. Setelah itu akan muncul jumlah mikroba yang ada pada layar monitor.

E. Sub Flowchart Pemilihan Bakteri

Pada sistem ini dilakukan tampilan awal yaitu tampilan untuk memilih bakteri yang dideteksi jumlahnya. Pilihan tersebut yaitu bakteri *staphylococcus aureus* dan *bacillus subtilis*

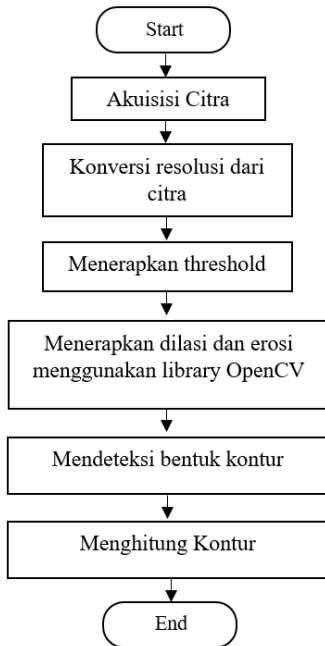


Gambar 13 Sub Flowchart Pemilihan Bakteri

Pada tahap ini kita harus membuat tampilan terlebih dahulu dengan memanfaatkan library pillow. Setelah itu kita menetapkan ukuran dan jenis font yang digunakan. Agar dapat dilihat dengan dengan baik maka diberi warna putih dan tulisan berwarna hitam. Setelah itu dilakukan pemilihan bakteri dengan mouse agar dapat mempermudah user.

F. Sub Flowchart Filtering

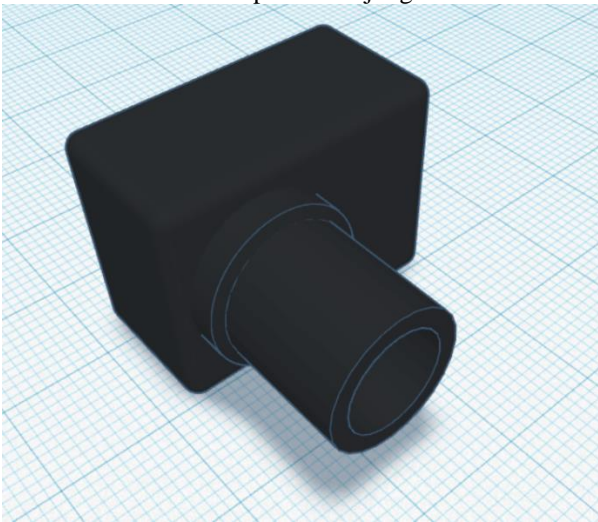
Pada sub flowchart ini dijelaskan terkait dengan filtering. Proses filtering sendiri dimulai dari threshold, dilasi, kemudian erosi, setelah itu ditampilkan pada layar monitor.



Gambar 14 Sub Flowchart Filtering

G. Desain Perangkat Keras

Perancangan mekanik pada alat yang dibuat ini menggunakan box plastic yang dipasang dengan pipa untuk lubang tempat ujung mikroskop. Kamera diletakkan didalam box dan lensa makro ditempatkan diujung lensa kamera



Gambar 15 Desain Perangkat keras

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang hasil pengujian dari alat mulai dari hardware hingga pengujian kepada software, dengan hasil berupa analisa dari setiap bagian yang diuji. Selain itu diuji juga secara bersamaan antara software dan hardware.

Berikut merupakan urutan dari beberapa pengujian yang dilakukan :

1. Pengujian nilai filter
2. Pengujian Software
3. Pengujian secara keseluruhan

A. Pengujian Kamera Pengambilan Gambar

Pada penelitian ini penulis menguji nilai dari filtering menggunakan metode morphology. Penulis menggunakan sampel bakteri staphylococcus aureus dan bacillus subtilis yang sudah disiapkan.



Gambar 16 Hasil Pengujian Sampel

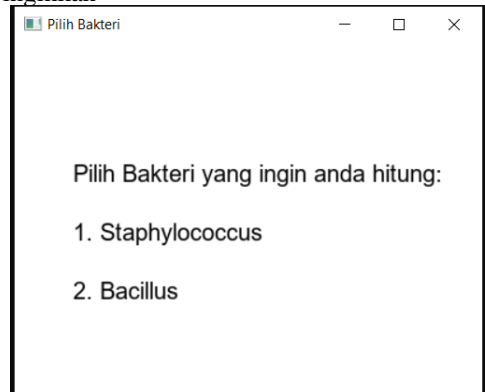
Dari pengujian didapatkan nilai masing masing proses filtering yang optimal adalah dengan threshold 150, minimal area 300, serta masing masing iterasi pada morfologi awal 2, dilasi 3, dan erosi 2.

B. Pengujian Software

Pada pengujian software dilakukan beberapa percobaan. Percobaan tersebut meliputi tampilan pemilihan mikrobakteri yang dihitung jumlah koloninya.

1. Pemilihan Bakteri

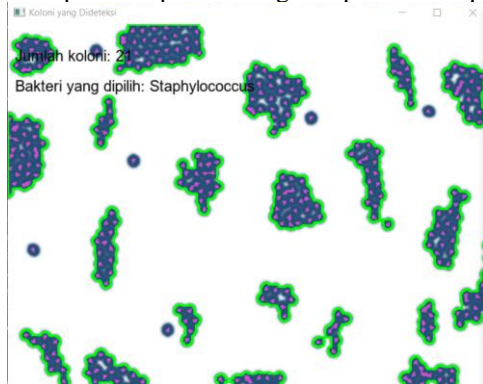
pada pemilihan bakteri ini dijalankan program untuk memilih bakteri. Cara memilih bakteri pada program ini adalah dengan melakukan proses klik atau menekan tombol kiri pada mouse di bagian tulisan bakteri yang kita inginkan



Gambar 17 Tampilan Proses Pemilihan Bakteri

2. Penghitungan Bakteri *Staphylococcus aureus*

Setelah memilih bakteri *Staphylococcus aureus* kita langsung dapat menjumpai bahwa bakteri tersebut dapat dihitung jumlah koloninya. Pada pengujian ini dihitung juga presentase dari keberhasilan dengan membandingkan jumlah koloni yang ada dengan jumlah koloni hasil perhitungan. Koloni yang dihitung adalah bakteri *Staphylococcus* dengan jumlah koloni 21 sampai 30. Area yang dicakupi pada percobaan ini adalah 80 µm x 60 µm banding 640 pixel x 480 pixel.



Gambar 18 Tampilan Bakteri *Staphylococcus aureus*

Dari beberapa sample pengujian didapatkan bahwa dapat berjalan dengan baik. Nilai rata rata error yang didapat adalah 10%

Tabel 1 Hasil pembacaan Bakteri *Staphylococcus aureus*

No	Jumlah Koloni		Error(%)
	Perhitungan Manual	Perhitungan Sistem	
1	21	21	0%
2	22	22	0%
3	23	23	0%
4	24	24	0%
5	25	25	0%
6	26	26	0%
7	27	27	0%
8	28	28	0%
9	29	29	0%
10	30	30	0%
Error rata-rata			0%

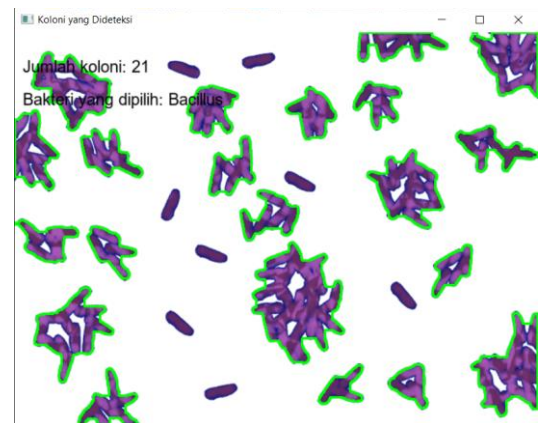
Berdasarkan hasil diatas dihitung jumlah error dengan rumus perhitungan sebagai berikut

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{pengukuran} - \text{pengujian}}{\text{pengujian}} \times 100$$

$$\text{Rata - rata Error} = \frac{\sum \text{Error}}{\sum \text{Pengujian}}$$

3. Penghitungan Bakteri *Bacillus Subtilis*

Setelah tadi mengukur bakteri *staphylococcus aureus* sekarang kita memilih bakteri *Bacillus Subtilis* kita langsung dapat menjumpai bahwa bakteri tersebut dapat dihitung jumlah koloninya. Pada pengujian ini sama dengan pengujian sebelumnya kita menghitung juga presentase dari keberhasilan dengan membandingkan jumlah koloni yang ada dengan jumlah koloni hasil perhitungan. Koloni yang dihitung adalah bakteri *Staphylococcus* dengan jumlah koloni 21 sampai 30. Area yang dicakupi pada percobaan ini adalah 80 µm x 60 µm banding 640 pixel x 480 pixel



Gambar 19 Tampilan Bakteri *Bacillus subtilis*

Dari beberapa sample pengujian dapat didapatkan bahwa dapat berjalan dengan baik. Nilai rata rata error yang didapat adalah 14,3%

Tabel 2 Hasil pembacaan Bakteri *Bacillus Subtilis*

No	Jumlah Koloni		Error(%)
	Perhitungan Manual	Perhitungan Sistem	
1	21	21	0%
2	22	22	0%
3	23	23	0%
4	24	24	0%
5	25	25	0%
6	26	26	0%
7	27	27	0%
8	28	28	0%
9	29	29	0%

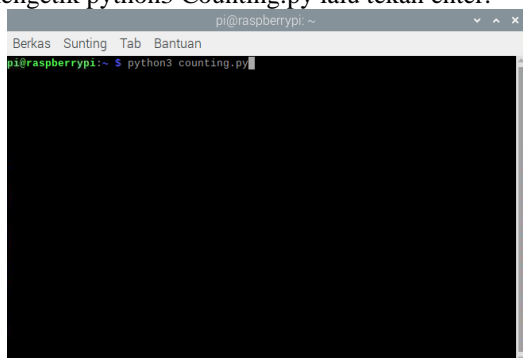
10	30	30	0%
Error rata-rata			0%

C. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian Keseluruhan sistem ini merupakan pengujian yang memiliki tujuan untuk menjawab seluruh pertanyaan yang ada menjadi jawaban pada penelitian ini. Dalam hal ini meliputi perangkat software dan hardware

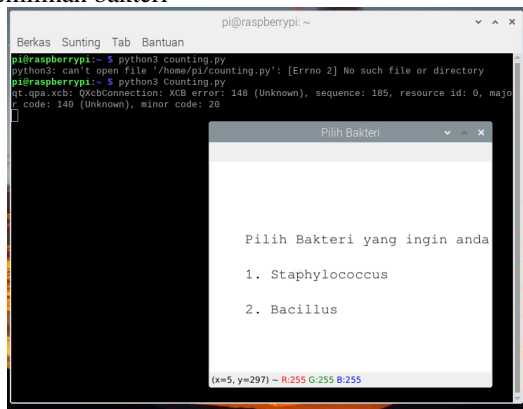
1. Pengujian Software pada Raspberry Pi

Pada pemasangan software ini diawali dengan menaruh software program pada directori home. Software yang disiapkan diberi nama Counting.py setelah itu kita buka terminal pada raspberry pi dan mengetik python3 Counting.py lalu tekan enter.



Gambar 22 Tampilan Terminal pada raspberry pi

Setelah itu maka muncul pop up yang dapat membawa kita untuk memilih bakteri apa yang akan kita hitung. Bagian tampilan ini adalah tampilan pemilihan bakteri



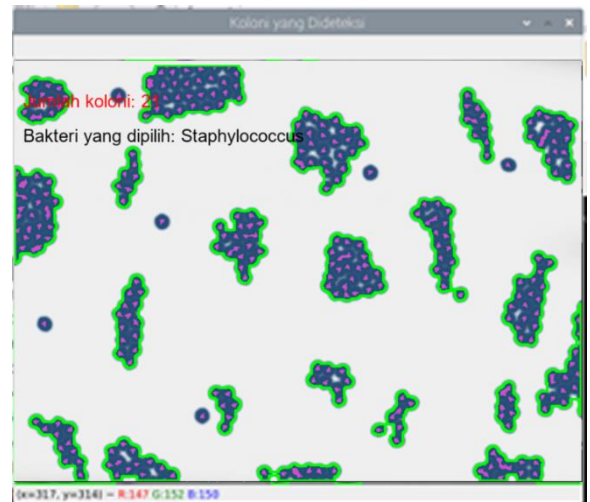
Gambar 21 Tampilan Pemilihan Pada Terminal Raspberry pi

Pada bagian ini kita dapat memilih bakteri mana yang kita inginkan untuk dideteksi. Selanjutnya membahas tentang pengujian kamera pada bagian pengujian kamera pada raspberry pi.

2. Pengujian pada bakteri staphylococcus aureus

Pengujian kali ini masuk pada tahap berjalannya kamera pada raspberry pi dan juga diujikan presentase dari jumlah koloninya. Pada pengujian ini dilakukan

pada bakteri staphylococcus aureus. Bakteri ini di lihat pada sampel dan diuji pada tangkapan kamera.



Gambar 23 Tampilan Bakteri Staphylococcus aureus pada raspberry pi

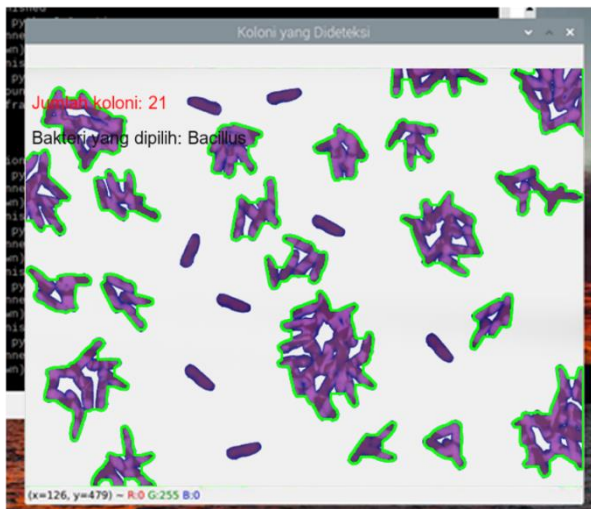
Berikut Hasil tabel dari percobaan yang telah dilakukan.

Tabel 3 Hasil pembacaan Bakteri Staphylococcus aureus pada raspberry pi

No	Jumlah Koloni		Error(%)
	Perhitungan Manual	Perhitungan Sistem	
1	21	21	0%
2	22	22	0%
3	23	23	0%
4	24	24	0%
5	25	25	0%
6	26	26	0%
7	27	27	0%
8	28	28	0%
9	29	29	0%
10	30	30	0%
Error rata-rata			0%

3. Pengujian pada bakteri Bacillus Subtilis

Pengujian kali ini masuk pada tahap berjalannya kamera pada raspberry pi dan juga diuji kan presentase dari jumlah koloninya. Pada pengujian ini dilakukan pada bakteri staphylococcus aureus. Bakteri ini di lihat pada sampel dan diuji pada tangkapan kamera



Gambar 24 Tampilan Bakteri *Staphylococcus aureus* pada raspberry pi

Tabel 4 Hasil pembacaan Bakteri *Staphylococcus aureus* pada raspberry pi

No	Jumlah Koloni		Error(%)
	Perhitungan Manual	Perhitungan Sistem	
1	21	21	0%
2	22	22	0%
3	23	23	0%
4	24	24	0%
5	25	25	0%
6	26	26	0%
7	27	27	0%
8	28	28	0%
9	29	29	0%
10	30	30	0%
Error rata-rata			0%

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan dari semua pengujian yang telah dilakukan. Terdapat beberapa hal yang dapat diambil atau disimpulkan dari rancang bangun alat penghitung jumlah koloni bakteri *staphylococcus aureus* dan *bacillus subtilis* pada mikroskop berbasis raspberry pi. Berikut merupakan hasil kesimpulan yang didapat dari setiap pengujian:

1. Bentuk tampilan yang sudah dibuat dapat berjalan dengan baik. Pada saat pemilihan bakteri tidak ditemukan adanya error sehingga untuk mahasiswa yang melakukan praktikum dengan menjalankan

program dapat mengoperasikan tampilan awal dengan baik

2. Untuk membuat program tampilan kita dapat memanfaatkan library dari Pillow untuk memberikan teks dan juga menampilkan gambar blank putih.
3. Library OpenCV dapat digunakan sebagai filtering, kita dapat menggunakan dilasi, erosi dan morfologi menggunakan OpenCV
4. Hasil dari pembacaan jumlah koloni dapat tergolong baik dengan rentang error dibawah 1% untuk setiap pengujian pada PC dan pada raspberry pi
5. Tidak ditemukan lagging pada saat pembacaan dan penghitungan mikrobakteri. Hal ini dikarenakan adanya kompresi gambar ke 360x480 sehingga raspberry pi dapat menjalankan program dengan maksimal.
6. Penggunaan lensa mikro terbukti efektif dan dapat menangkap gambar dengan baik dan dapat menjadi pengganti untuk kamera digital lainnya.

B. Saran.

Pada penelitian yang telah dibuat ini, penulis jauh dari kata sempurna dan tidak luput dari kesalahan. Oleh karena itu diperlukan adanya pengembangan serta perbaikan pada sistem yang telah dibuat. Adapun saran dan masukan dari penulis untuk pengembangan sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menggunakan perangkat SBC dengan spesifikasi yang lebih tinggi seperti Raspberry Pi 4 dengan ram 8 GB. Agar proses alat dapat berjalan dengan cepat tanpa adanya pengurangan resolusi dari kamera
2. Dapat ditambahkan sistem identifikasi pada penelitian selanjutnya dengan beberapa metode yang ada.
3. Dapat juga ditambahkan objek mikrobakteri lain yang juga mudah ditemukan disekitar kita
4. Untuk tampilan dapat dioptimalkan sehingga pengguna lebih nyaman saat menggunakan program.
5. Dapat ditambahkan algoritma yang bersifat otomatis untuk perhitungan dilasi
6. Dapat diaplikasikan pada mikroskop dan juga melakukan perhitungan setiap luasan dengan manual.

VI. REFERENSI

- [1] N. Djaenuddin and A. Muis, "Karakteristik Bakteri Antagonis *Bacillus subtilis* Dan Potensinya Sebagai Agens Pengendali Hayati Penyakit Tanaman," *Pros. Semin. Nas. Serealia*, pp. 489–494, 2015.
- [2] D. Purwaningsih and D. Wulandari, "Uji Aktivitas Antibakteri Hasil Fermentasi Bakteri Endofit Umbi Talas (*Colocasia esculenta* L) terhadap Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*," *J. Sains dan Kesehat.*, vol. 3, no. 5, pp. 750–759, 2021, doi: 10.25026/jsk.v3i5.622.
- [3] J. Sigut, M. Castro, R. Arnay, and M. Sigut, "OpenCV Basics: A Mobile Application to Support the Teaching of Computer Vision Concepts," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 63, no. 4, pp. 328–335, 2020, doi: 10.1109/TE.2020.2993013.
- [4] A. S. R. Sinaga, "Implementasi Teknik Threshoding Pada

- Segmentasi Citra Digital,” *J. Mantik Penusa*, vol. 1, no. 2, pp. 48–51, 2017.
- [5] K. D. Srivathsa S, “Vehicle Detection and Counting of a Vehicle Using Opencv,” *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci. www.irjmets.com @International Res. J. Mod. Eng.*, no. 5, pp. 2582–5208, 1610, [Online]. Available: www.irjmets.com
- [6] D. S. Pamungkas and I. Febrianto, “Purwarupa Pemisah Tomat Dengan Kamera dan Algoritma K-NN,” *J. Appl. Electr. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–4, 2021, doi: 10.30871/jaee.v5i1.2978.
- [7] M. A. Silaban, *Institut teknologi nasional malang 2021*, no. 2. Malang, 2021.
- [8] A. C. Louk, H. I. Sutaji, and G. B. Suparta, “Pemutakhiran Mikroskop Cahaya Monokuler Menjadi Mikroskop Digital Untuk Pembelajaran

Siswa Sma / Sederajat,” *J. Fis. Sains dan Apl.*, vol. 2, no. 2, pp. 101–104, 2017, [Online]. Available: <http://ejurnal.undana.ac.id/FISA/article/view/551>

VII. BIODATA PENULIS



Achmad Akbar Marhananda, lahir di Probolinggo, 10 Maret 2000. Menyelesaikan Pendidikan terakhir di SMAN 1 Probolinggo pada tahun 2018. Menempuh Pendidikan di Institut Teknologi Nasional Malang pada tahun 2019. Aktif dalam komunitas kampus sebagai ITN Malang. Aktif menjadi asisten Laboratorium sistem embedded.