

Mikroskop Digital, Otomatis, dan Portabel berbasis *Raspberry Pi* dengan Catu Daya DC

Cahyadi A. Hidayat¹, Sbelgcamp D. Simbolon¹, Gabriel J. Dilivio¹, Muhammad Muttaqin²,
Uri A. Ramadhani¹, Amir Faisal^{3*}, Bagas P. Prabowo⁴, Yusuf A. Rahman⁵

¹Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan 35365, Indonesia

²Teknik Informatika, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan 35365, Indonesia

³Teknik Biomedik, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan 35365, Indonesia

⁴Laboratorium Medik, Puskesmas Sukamaju, Bandar Lampung 35231, Indonesia

⁵Departemen Penyakit Dalam, RSUD Abdoel Moelock, Bandar Lampung 35112, Indonesia
amir.faisal@bm.itera.ac.id

INFO ARTIKEL

Alamat Web Artikel:

<https://journal.umy.ac.id/index.php/mt/article/view/18009>

DOI:

<https://doi.org/10.18196/mt.v5i1.18009>

Data Artikel:

Diterima:

13 Maret 2023

Direview:

27 Maret 2023

Direvisi :

01 Juni 2023

Disetujui :

03 Juni 2023

Korespondensi:

amir.faisal@bm.itera.ac.id

ABSTRAK

Mikroskop cahaya dapat digunakan untuk melakukan magnifikasi dan melihat objek mikroskopis seperti bakteri, virus, atau sel untuk tujuan diagnosis suatu penyakit. Dalam melakukan pengamatan berdasarkan jumlah sampel yang banyak, ahli laboratorium rentan terhadap kelelahan, kesalahan, dan subjektivitas pengamatan. Oleh karena itu, kamera digital, komputer mini *raspberry pi*, layar *liquid crystal display* (LCD), motor *stepper*, catu daya dan bahasa pemrograman *python* digunakan sebagai komponen pendukung mikroskop cahaya untuk mengakuisisi sampel laboratorium yang diamati dalam format digital sehingga dapat dilakukan operasi pengolahan citra pada *raspberry pi* dan ditampilkan hasilnya di layar LCD. Sedangkan motor *stepper* dan *driver* motor digunakan untuk menggeser meja sampel secara otomatis. Semua proses ini dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman *python*. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi beban pengamat dalam melihat dan menggeser *slide* sampel sebanyak 100 kali. Sistem akuisisi citra digital dan penggeseran meja sampel otomatis ini dirancang pada mikroskop cahaya portabel mampu meng-*capture* sampel pada kaca preparat menjadi citra digital, menggeser kaca preparat 100 kali, dan dilengkapi dengan catu daya 220 Volt sehingga dapat digunakan di fasilitas kesehatan manapun di Indonesia. Mikroskop digital, otomatis, dan portabel berbasis *platform* komputer mini *raspberry pi* ini dapat digunakan untuk melakukan pemeriksaan laboratorium berbagai penyakit seperti *tuberculosis*, malaria, atau leukimia dengan efisien dan efektif sehingga dapat mempermudah proses diagnosis penyakit dan dapat meningkatkan layanan kesehatan di berbagai daerah di Indonesia dan berkontribusi dalam penurunan dan eliminasi berbagai penyakit.

Kata Kunci: Mikroskop, *Raspberry Pi*, *Python*.

ABSTRACT

A light microscope can be used to magnify and view microscopic objects such as bacteria, viruses or cells for the purpose of diagnosing a disease. In making observations based on a large number of samples, laboratory experts are prone to fatigue, errors, and observational subjectivity. Therefore, digital cameras, raspberry pi mini computers, liquid crystal display (LCD) screens, stepper motors, power supplies and the python programming language are used as supporting components for light microscopes to acquire observed laboratory samples in digital format so that image processing operations can be carried out. on the raspberry pi and display the results on the LCD screen. Meanwhile, stepper motors and motor drivers are used to move the sample table automatically. All of these processes are carried out using the Python programming language. This is done with the aim of reducing the observer's burden in viewing and shifting the sample slides 100 times. This digital image acquisition system and automatic sample table shifting is designed on a portable light microscope capable of capturing samples on a slide into a digital image, shifting the slide 100 times, and is equipped with a 220 Volt power supply so it can be used in any health facility in Indonesia. This digital, automatic and portable microscope based on the Raspberry Pi mini computer platform can be used to efficiently and effectively perform laboratory tests on various diseases such as tuberculosis, malaria or leukemia so as to simplify the process of disease diagnosis and improve health services in various regions in Indonesia and contribute to the reduction and elimination of various diseases.

Keywords: Microscope, *Raspberry Pi*, *Python*.

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia terdapat 94.610 kasus malaria yang terjadi pada tahun 2021. Tingkat endemisitas Malaria di Indonesia sudah mengalami penurunan di banyak kabupaten kota di Indonesia, bahkan sudah mencapai 58% target eliminasi malaria. Dari 15 kabupaten kota yang terdapat di Provinsi Lampung terdapat 4 daerah endemis malaria, yaitu 3 daerah endemis rendah (kab. Pesisir Barat, kab. Lampung Selatan, kota Bandar Lampung) dan 1 daerah endemis sedang (kab. Pesawaran) [1].

Diagnosis malaria paling umum yang menjadi baku emas (*gold standard*) saat ini adalah melalui pengamatan parasit malaria melalui sel darah merah pasien menggunakan mikroskop cahaya di laboratorium yang tersedia pada fasilitas-fasilitas kesehatan [2]. Beberapa kelebihan pemeriksaan ini yaitu biayanya cukup terjangkau dan mampu mengidentifikasi penyakit malaria dengan baik. Untuk mendeteksi parasit malaria terhadap sel darah merah normal, sel darah merah yang dihinggapi parasit perlu dihitung jumlahnya di antara sel darah merah total yang ada pada preparat hapusan darah kemudian hasilnya dijumlahkan sebagai persentase parasitemia. Namun pemeriksaan ini memerlukan beberapa tahapan dan hasilnya sangat ditentukan oleh kemampuan dari tenaga kesehatan yang terampil serta berpengalaman [3]. Pengamatan ini membutuhkan waktu yang lama dikarenakan parasit plasmodium memiliki ukuran yang sangat kecil serta diperlukan ketelitian yang tinggi untuk melakukan pemeriksaan minimal pada 100 lapang pandang untuk menghindari adanya kesalahan yang terjadi sesuai dengan pedoman penatalaksanaan kasus malaria [4].

Untuk membantu tenaga kesehatan dalam meringankan dan mempermudah diagnosis malaria berdasarkan sampel sel darah, Faradisa dkk mendesain aplikasi penyiapan hapusan darah pada kaca preparat dan pewarnaan menggunakan pewarna giemsa secara otomatis menggunakan Arduino [5]. Susanti dkk merancang aplikasi pergeseran meja preparat secara otomatis menggunakan mikrokontroler dan mikroskop monokuler dipasangkan dengan *webcam* lalu citra mikroskop diamati secara manual pada layar komputer atau laptop [6].

Otomatisasi diagnosis malaria memiliki keuntungan yang signifikan dan telah menjadi fokus utama berbagai penelitian [7]. Otomasi membantu standarisasi interpretasi hasil pemeriksaan, mengurangi biaya diagnostik dan membantu pekerja lapangan malaria menjadi lebih efisien sehingga dapat melayani lebih banyak pasien [8]. Ada beberapa upaya untuk mendeteksi sel malaria dari citra mikroskopis menggunakan pengolahan citra dan kecerdasan buatan [9] bahkan mengembangkan mikroskop terjangkau [10]. Pada tempat perawatan kesehatan di daerah pedesaan dengan sumber daya yang rendah, desain perangkat keras yang canggih ini sulit direplikasi atau terdapat kebutuhan perangkat keras yang mahal untuk menjalankan algoritma pembelajaran mesin [11, 12].

Untuk membantu diagnosis malaria pada fasilitas kesehatan terpencil maka perlu dirancang mikroskop digital, otomatis dan portabel. Mikroskop ini dapat dirancang menggunakan kamera, komputer mini, dan layar LCD berbasis *raspberry pi* sehingga mudah direplikasi dengan harga komponen yang terjangkau. Kamera digital digunakan untuk mendapatkan citra digital dari mikroskop cahaya yang ada di laboratorium medis sehingga citra tersebut dapat diolah menggunakan program *python* pada komputer mini *raspberry pi* dan datanya dapat disimpan pada media penyimpanan digital [13].

Kemudian untuk mengurangi kelelahan, kesalahan, dan subjektivitas pengamat dalam pemeriksaan berbasis mikroskop ini, pada mikroskop ini dapat dirancang aplikasi pengolahan citra untuk membedakan ada atau tidaknya parasit dan menghitung jumlahnya berdasarkan citra sampel sel darah merah maupun menggunakan aplikasi kecerdasan buatan *Convolutional Neural Network* untuk melakukan klasifikasi parasit malaria [14, 15]. Setelah hasil deteksi dan penghitungan jumlah parasit didapatkan kemudian citra yang telah diolah maupun jumlah parasitnya dapat ditampilkan pada layar LCD. Alat pendukung yang dipasang pada mikroskop cahaya ini bersifat portabel karena ukuran kamera, komputer mini, layar LCD, motor, serta komponen catu dayanya cukup kecil sehingga mudah untuk dipindahkan dari satu tempat ke tempat lainnya [16]. Sehingga alat ini tidak perlu dihubungkan pada komputer atau laptop dan dapat digunakan di fasilitas kesehatan yang tidak dilengkapi dengan komputer atau laptop.

Pada mikroskop digital, otomatis, dan portabel berbasis platform komputer mini *raspberry pi* ini dapat dirancang berbagai aplikasi pengolahan citra maupun kecerdasan buatan untuk melakukan

pemeriksaan laboratorium berbagai penyakit seperti *tuberculosis*, malaria, atau leukemia dengan efisien dan efektif sehingga dapat mempermudah proses diagnosis penyakit dan dapat meningkatkan layanan kesehatan terutama di berbagai daerah terpencil di Indonesia dan berkontribusi pada penurunan dan eliminasi berbagai penyakit.

2. METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan mikroskop digital ini selain kaca preparat, sampel hapusan darah, dan pewarna giemsa eosin adalah komponen elektronik seperti modul kamera *raspberry pi* rev 1.3 dengan resolusi 5 MP dapat merekam video dengan resolusi 1080p dan kecepatan 30fps, mikroskop cahaya binokuler E100 LED, komputer mini *raspberry pi* 4B, dan layar LCD *waveshare* 7 inchi. Komponen yang digunakan ini dipilih sebagai spesifikasi minimal untuk mendapatkan resolusi citra digital yang dapat diolah maupun diinterpretasikan pada tahap selanjutnya. Untuk perancangan pergeseran meja preparat otomatis diperlukan *driver* motor L298N, *motor stepper* NEMA 17, dan *vbelt*. Untuk keperluan pemrograman pada komputer mini *raspberry pi* ini digunakan bahasa pemrograman *python*.

Komputer mini *raspberry pi* merupakan sebuah mikrokontroler yang memiliki fungsi seperti komputer mini dengan *System On a Chip* (SOC) ARM yang dikemas dan diintegrasikan pada PCB. *Raspberry pi* menggunakan sistem operasi modifikasi khusus, yaitu *Raspbian Booster*. Komputer mini dengan kapasitas RAM 4GB ini dapat menjalankan berbagai aplikasi LibreOffice, multimedia, *programming*, dan dapat digunakan untuk mengakses internet. *Raspberry Pi* 4B memiliki 28 buah pin GPIO, 6 buah pin Ground (GND), 2 buah pin 3,3 volt, 2 buah pin 5,0 volt, 1 buah port USB2, 2 buah port USB3, 1 buah slot untuk *memory card*, 2 buah slot untuk kabel mikro HDMI, dan 1 buah slot untuk modul kamera.

Motor *stepper* ini merupakan sebuah motor listrik *Direct Current* (DC). *Driver* L298N ini digunakan untuk mengendalikan kecepatan dan arah dari perputaran yang akan dilakukan oleh motor. IC L298N ini berjenis *H-Bridge* sehingga mampu untuk mengendalikan beban-beban induktif seperti relai, solenoida, motor DC, dan motor *stepper*. *Driver* ini juga memiliki transistor dengan gerbang NAND sehingga mampu mempermudah penentuan arah dari putaran motor *stepper*. *Driver* ini memiliki tingkat presisi yang tinggi dalam mengendalikan sebuah motor.

Sedangkan komponen catu daya yang digunakan adalah *regulator* XL4015 dan catu daya S-120-12 dengan output tegangan 12 V dan arus 10 A. *Power supply* digunakan untuk memberi supply energi listrik ke setiap komponen elektronik yang dihubungkan. Perangkat elektronik dapat diberi *power supply* DC yang stabil sehingga mampu bekerja dengan maksimal, tetapi untuk sebuah alat yang memerlukan daya listrik yang lebih besar maka catu daya dari *power supply* DC ini tidak mencukupi. Oleh karenanya komponen catu daya dengan kapasitas lebih besar ini digunakan agar bisa dialiri oleh listrik PLN, yang merupakan arus bolak-balik atau *alternating current* (AC) dan untuk mengkonversi arus AC menjadi arus DC yang diperlukan oleh komponen berbasis *raspberry pi* ini.

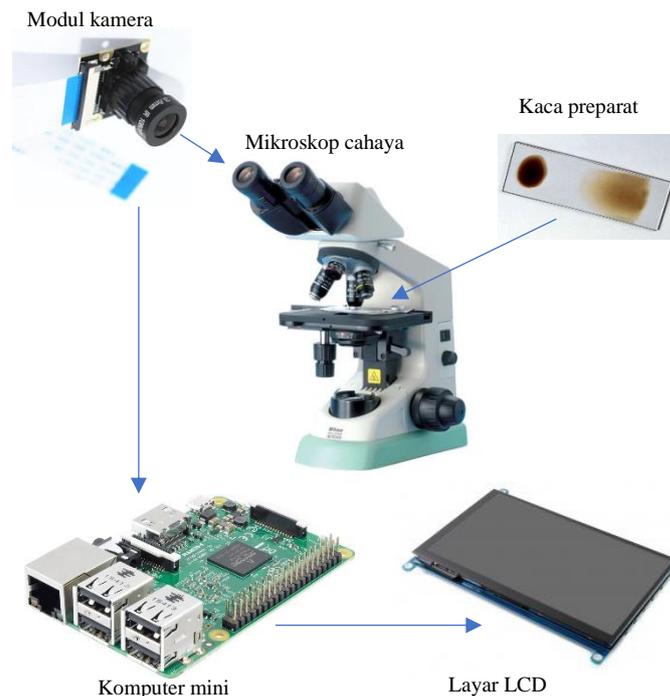
Regulator step down XL4015 merupakan pembatas arus dan tegangan dan memiliki efisiensi sebesar 85%. *Regulator* ini digunakan untuk menyesuaikan tegangan ataupun arus dari sebuah input listrik ke salah satu outputnya sesuai dengan kebutuhan daya yang diperlukannya. *Regulator* ini dapat menurunkan tegangan dari 12 V menjadi 5 V.



Gambar 1. Sampel Preparat Hapusan Darah yang Diberi Minyak Imersi Kemudian Diletakkan Pada Meja Preparat Mikroskop

Sampel preparat hapusan darah pasien malaria diwarnai dengan pewarna giemsa. Pewarnaan ini berfungsi untuk menandai sel darah merah. Larutan giemsa adalah larutan campuran dari eosin yang memiliki warna merah, metilen biru yang memiliki warna biru, dan metilen azur yang memiliki warna ungu. Setelah diberikan larutan giemsa maka sel darah merah akan terlihat berubah menjadi merah muda, sitoplasma parasit malaria akan terlihat berwarna biru dan inti parasit akan terlihat berwarna merah.

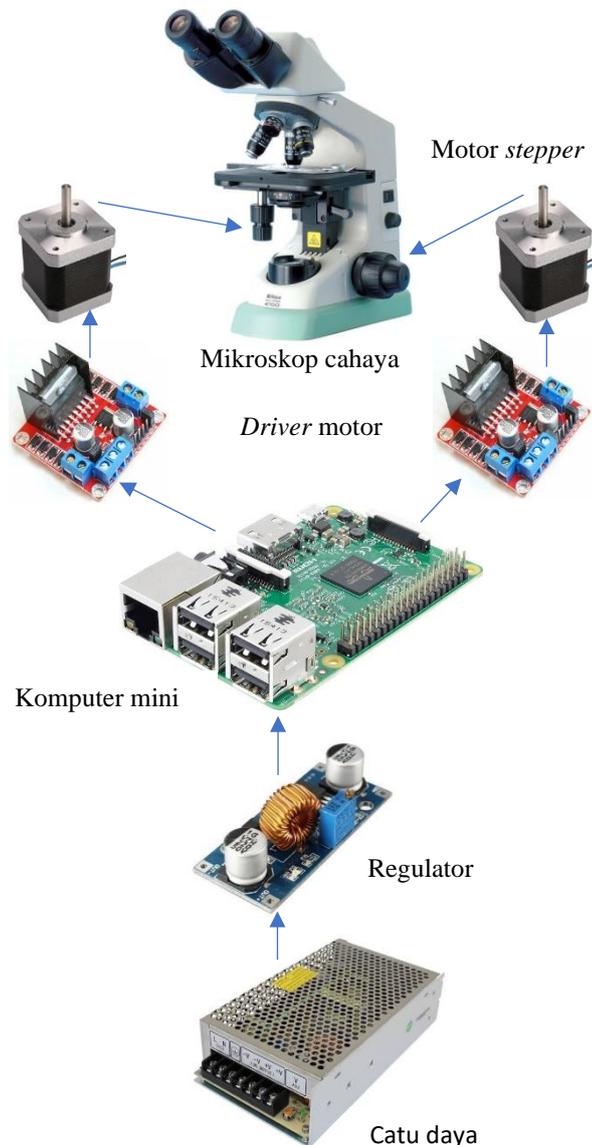
Setelah diwarnai dengan pewarnaan giemsa, sampel ini akan ditetesi minyak imersi oleh ahli laboratorium medik kemudian diletakkan pada meja preparat mikroskop menggunakan lensa objektif dengan magnifikasi 100 kali seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Fokus lensa diatur sehingga sampel dapat terlihat jelas di lensa okuler.



Gambar 2. Ilustrasi Keseluruhan Rangkaian Komponen Pendukung Mikroskop Digital

Gambar 2 menunjukkan keseluruhan rangkaian komponen yang diperlukan untuk mendapatkan citra digital dari sel darah merah mikroskopis. Sampel hapusan darah pada kaca preparat diletakkan pada meja preparat mikroskop untuk diamati menggunakan lensa mikroskop, kemudian kamera diletakkan berhadapan dengan lensa tersebut untuk mendapatkan citra digital dari sampel yang diamati. Kamera tersebut terhubung melalui kabel pita dengan komputer mini *raspberry pi* yang juga terhubung dengan layar LCD untuk menampilkan citra digital maupun hasil pengolahan citra tersebut. Kamera dihubungkan dengan *raspberry pi* melalui kabel FFC 15-pin MIPI Camera Serial Interface Plugs yang dapat terhubung langsung dengan *raspberry pi*. Sedangkan layar LCD terhubung melalui kabel HDMI ke mikro HDMI pada *raspberry pi*. Keseluruhan komponen ini dapat disimpan pada kotak berukuran $20 \times 20 \times 15 \text{ cm}^3$ sehingga dapat dikatakan cukup *compact* untuk dibawa ke tempat lain.

Untuk menggeser meja preparat secara otomatis, *driver* motor dan motor *stepper* digunakan dengan mengaitkannya melalui sabuk karet *vbelt* ke tuas penggerak meja preparat pada mikroskop. Dalam melakukan pergeseran meja preparat diperlukan presisi yang tinggi supaya didapatkan citra sejumlah 100 lapang pandang yang berkualitas baik [17]. Hal ini diharapkan dapat mengurangi beban kerja tenaga medis sehingga tidak perlu melakukan pemeriksaan secara manual dan berulang-ulang [18].



Gambar 3. Ilustrasi Keseluruhan Rangkaian Komponen Pendukung Mikroskop Digita Ilustrasi Rangkaian Komponen *Driver Motor* dan *Motor Stepper* Beserta Komponen *Catu Daya* untuk Mendukung Pergeseran Meja Preparat Mikroskop Otomatis

Gambar 3 menunjukkan rangkaian sistem kendali motor *stepper* yang terhubung dengan tuas penggeser meja preparat pada mikroskop melalui sabuk karet *vbelt*. Terdapat dua buah motor *stepper* yang akan memutar tuas penggeser meja preparat secara horizontal dan vertikal. Karena diperlukan pengambilan citra minimal sejumlah 100 lapang pandang dari satu tampilan *cover glass* 20 x 20 mm, maka tuas penggerak meja preparat horizontal akan diputar sebanyak 50 kali dan meja preparat vertikal akan diputar sebanyak 2 kali atau meja preparat akan digeser secara horizontal 50 kali dan secara vertikal 2 kali. Motor *stepper*, komputer mini *raspberry pi*, dan *driver motor* dihubungkan menggunakan kabel *jumper*.

Perancangan catu daya pada sistem mikroskop digital dan otomatis ini dilakukan dengan menggunakan tenaga listrik tegangan tiga fasa 220 V yang digunakan di berbagai daerah di Indonesia [19]. Pada perancangan catu daya sistem ini digunakan komponen yang mudah didapatkan di pasaran menyesuaikan dengan kebutuhan dari masing-masing komponen yang ada.

Pada perancangan catu daya pada sistem ini digunakan komponen utama berupa *power supply* S-120-12 dengan voltase 12 Volt dan arus 10 A dan modul trafo *stepdown* untuk menyesuaikan kebutuhan arus dan tegangan yang dibutuhkan oleh komponen komputer mini *raspberry pi*, motor *stepper*, dan *driver* motor yang digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Mikroskop Digital

Pengujian pengambilan citra dari sampel sel darah merah pasien yang telah diberi pewarnaan giemsa eosin pada mikroskop cahaya yang dilengkapi komponen elektronik berbasis komputer mini *raspberry pi* dilakukan di Puskesmas Sukamaju ini dapat menghasilkan citra digital sel darah merah dengan kualitas citra sangat baik seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Mikroskop dengan Input Sampel Sel Darah Merah Terhubung Dengan Kamera Digital, Komputer Mini, dan Layar LCD Dimana Terlihat Citra Hasil Perbesarannya. Komponen *Driver* Motor dan Motor *Stepper* Juga Digunakan untuk Memutar Dua Tuas Untuk Menggeser Meja Preparat Secara Horizontal dan Vertikal Secara Otomatis yang Juga Dilengkapi Dengan Catu Daya DC

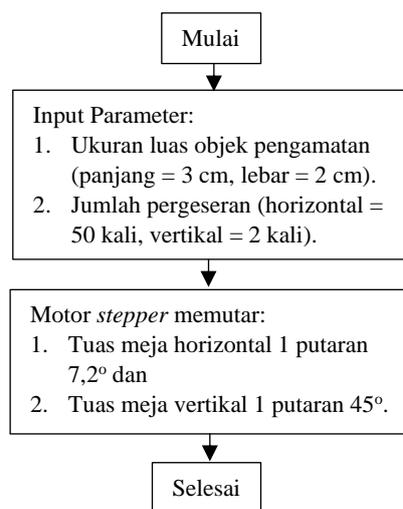
Pengujian fungsionalitas dari perangkat elektronik dapat dilihat pada Tabel 1 merupakan pengujian yang berguna untuk menguji fungsi dari setiap komponen perangkat keras yang digunakan dapat berjalan dengan baik. Pengujian fungsionalitas perangkat elektronik ini meliputi pengujian terhadap komputer mini *raspberry pi*, modul kamera dan layar LCD.

Tabel 1. Pengujian Fungsionalitas Perangkat Elektronik

Rincian Pengujian	Kondisi Awal	Pengoperasian	Hasil Pengujian
<i>Raspberry pi</i>	Perangkat kamera digital terhubung ke <i>port</i> kamera pada komputer mini <i>raspberry pi</i>	Hidupkan perangkat <i>raspberry pi</i> dan tunggu sampai proses <i>booting</i> selesai dan muncul tampilan di layar LCD	<i>Raspberry pi</i> berhasil <i>booting</i> dan masuk ke layar LCD
Kamera	<i>Interface</i> kamera pada komputer mini <i>raspberry pi</i> sudah diaktifkan	Jalankan program <i>python</i> untuk pengambilan citra, tunggu sampai program mengambil citra dan simpan ke <i>folder</i> yang diinginkan	Kamera berhasil menangkap gambar dan menyimpan gambar ke direktori yang sudah ditentukan

3.2. Gerakan Meja Preparat Otomatis

Komponen motor *stepper* akan menjalankan perintah pemrograman dari *raspberry pi* untuk memutar tuas, sehingga terjadi pergerakan pada meja preparat. Perancangan pergeseran meja preparat ditentukan dengan mengkonversi jarak horizontal dan vertikal pada meja preparat pada derajat putaran tuas untuk menggeser meja preparat tersebut. Dengan jarak horizontal, $x = 3$ cm untuk sampel pada meja preparat dapat dicapai melalui 360° putaran tuas dengan memutar motor *stepper* sejumlah 50 kali, sedangkan jarak $y = 2$ cm dapat dicapai melalui 90° tuas dengan memutar motor *stepper* sejumlah 2 kali. Sehingga dapat ditentukan bahwa satuan jarak pergeseran pada sumbu x adalah $0,6$ mm dan pada sumbu- y adalah 1 cm. Sedangkan satuan sudut untuk memutar tuas satu kali pada sumbu x adalah $7,2^\circ$ dan pada sumbu- y adalah 45° . Dari sini didapatkan bahwa untuk mendapatkan 100 lapang pandang dapat dilakukan dengan memutar tuas meja preparat horizontal setiap $7,2^\circ$ dengan total 50 kali putaran dan memutar tuas meja preparat vertikal setiap 45° dengan total 2 kali putaran.



Gambar 5. Diagram Alir Algoritma Pergeseran Meja Preparat

Tabel 2. Prosedur Pengujian Pergeseran Meja Preparat

Nama Pengujian	Prosedur	Indikator Keberhasilan
Pergeseran Meja Preparat	Menyiapkan mikroskop	Mampu melakukan pengambilan citra 100 lapang pandang
	Memasang <i>v</i> belt dari motor <i>stepper</i> ke tuas pengeser meja preparat pada mikroskop	
	Menjalankan program	
	Melihat posisi dari pergeseran meja preparate	

Prosedur pengujian pada Tabel 2 dilakukan untuk memastikan bahwa alat bekerja sesuai input yang dimasukkan pada program. Dimana mikroskop akan bekerja dengan menggerakkan meja preparat sebanyak 50 kali secara horizontal dan 2 kali secara vertikal dan tiap gerakan yang dihasilkan akan ditangkap oleh kamera dimana citra hasil akuisisinya dapat disimpan pada media penyimpanan dan juga diproses menggunakan operasi pengolahan citra maupun kecerdasan buatan yang diperlukan pada tahap berikutnya.

3.3. Gerakan Meja Preparat Otomatis

Kebutuhan daya dari setiap komponen yang dirancang ini diuraikan pada Tabel 3 [27]. Oleh karena setiap komponen disusun secara paralel, maka didapatkan kebutuhan tegangan total sebesar

12 V, kebutuhan arus sebesar 9,55 A dan kebutuhan daya total sebesar 48,8-Watt dan diperlukan catu daya dengan kapasitas 12 V 10 A.

Tabel 3. Kebutuhan Daya Komponen Elektronik

Nama Komponen	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
<i>Raspberry Pi</i> 4B	5	3	15
Motor <i>stepper</i> NEMA 17	5	1,2	6
Motor <i>driver</i> L298N	5	2	10
Kipas DC	12	2	1,8

Pengukuran nilai aktual tegangan pada beberapa komponen catu daya dilakukan menggunakan multimeter digital yang dihubungkan secara paralel dengan komponen yang akan diukur. Pengukuran nilai aktual arus pada beberapa komponen catu daya dilakukan dengan menggunakan multimeter digital yang dihubungkan secara seri dengan komponen yang akan diukur. Pengukuran aktual nilai daya pada beberapa komponen dilakukan dengan menghitung menggunakan perkalian antara nilai arus dan tegangan yang didapatkan pada setiap komponen.

Tabel 4. Nilai Rata-Rata Hasil Pengukuran Tegangan Komponen

Nama Komponen	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
<i>Raspberry Pi</i> 4B	5,49	3,43	18,94
Motor <i>stepper</i> NEMA 17	3,3	1,72	5,68
Motor <i>driver</i> L298N	5,37	2,54	13,64
Kipas DC	12,14	0,35	4,25

Dari hasil pengukuran pada Tabel 4, terdapat perbedaan hasil pengukuran tegangan dan arus dengan nilai spesifikasi yang tertulis di data spesifikasi setiap komponen. Hal ini disebabkan oleh nilai efisiensi setiap komponen yang tidak mencapai 100% dan juga nilai hambatan pada kabel. Jika dilihat dari data pengukuran yang didapatkan, nilai keperluan tertinggi ada pada kipas DC yaitu sebesar 12,14 V yang masih dipenuhi oleh catu daya karena nilai tegangan output pada catu daya maksimum adalah 12,5 V seperti ditunjukkan pada Tabel 5. Keperluan tegangan dari sistem adalah sebesar 12,14 V, karena jika disusun secara paralel maka kebutuhan tegangan tidak dijumlahkan melainkan dihitung dari keperluan tegangan tertinggi yaitu pada kipas DC sebesar 12,14 Volt.

Karena konsumsi daya terbesar yang dibutuhkan pada sistem ini diperoleh pada pengukuran daya adalah sebesar 61,52 W (Tabel 5), sedangkan kapasitas total dari catu daya sebesar 120 W. Hal ini juga dapat di supply oleh catu daya karena efisiensinya adalah sebesar 80% yang berarti daya yang dihasilkan oleh catu daya adalah sebesar 96 W. Nilai tersebut cukup untuk memenuhi keperluan daya dari komputer mini.

Tabel 5. Nilai Rata-Rata Hasil Pengukuran Aktual Pada Catu Daya

Nama Komponen	Tegangan (V)	Daya (W)
Catu Daya	12,50	61,52

4. KESIMPULAN

Sampel preparat hapusan darah yang diletakkan di bawah lensa objektif dapat terlihat hasil magnifikasinya di lensa okuler dan dapat ditangkap oleh kamera digital serta ditampilkan pada layar LCD dengan baik. Meja preparat dapat bergeser terhadap sumbu horizontal dan vertikal, dimana gerakan terjadi sebanyak 50 kali ke arah sumbu x positif sejauh 0,03 cm. Kemudian ia dapat bergerak ke arah sumbu-y positif sebanyak 1 kali dengan jarak 1 cm, dan terakhir bergerak sebanyak 50 kali ke arah sumbu-x negatif sejauh 0,03 cm. Sistem catu daya DC yang dirancang pada mikroskop digital dan otomatis ini dialiri oleh sumber listrik AC dari PLN yang stabil sehingga komponen elektroniknya dapat beroperasi dengan baik. Oleh karenanya, hasil perancangan mikroskop digital

dan otomatis berbasis *platform* komputer mini *raspberry pi* yang mudah direplikasi dan memiliki harga terjangkau ini dapat digunakan untuk melakukan pemeriksaan laboratorium untuk berbagai penyakit seperti *tuberculosis*, malaria, atau leukimia dengan efisien dan efektif sehingga dapat mempercepat proses diagnosis penyakit dan dapat meningkatkan layanan kesehatan di Indonesia dan berkontribusi dalam penurunan dan eliminasi berbagai penyakit yang ada.

Citra digital sampel hapusan darah yang sudah dapat ditampilkan di layar LCD dengan baik selanjutnya dapat diolah menggunakan operasi pengolahan citra [21-23] ataupun kecerdasan buatan seperti *Convolutional Neural Network* (CNN) [24-27] pada *platform raspberry pi* menggunakan bahasa pemrograman *python* sehingga hasil pendeteksian parasit ataupun penghitungan jumlah parasit pada sampel dapat ditampilkan pada layar LCD. Untuk memudahkan pengguna dalam mengoperasikan perangkat lunak pada komputer mini ini maka diperlukan juga perancangan *Graphical User Interface* yang juga dapat ditampilkan pada layar LCD. Jika pada fasilitas kesehatan tidak terdapat sumber listrik AC dari PLN maka alat ini tidak dapat digunakan. Alternatifnya dapat dirancang sistem catu daya DC menggunakan baterai yang memenuhi kebutuhan catu daya komponen, yaitu 12 V 10 A.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit, Kemenkes RI, "Buku Saku Tata Laksana Kasus Malaria". 2020.
- [2] Y. Jusman, S. Riyadi, A. Faisal, S. N. Aqmariah, M. Kanafiah, Z. Mohamed, R. Hassan, "Classification system for leukemia cell images based on Hu moment invariants and support vector machines" 2021 11th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE), pp. 137-141.
- [3] A. W. Setiawan, Y. A. Rahman, A. Faisal, M. Siburian, N. Resfita, M. W. G., R. Setiawan, "Deteksi malaria berbasis segmentasi warna citra dan pembelajaran mesin," Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK) vol. 8, no. 4, hal. 769-776, 2021.
- [4] Yohannes, S. Devella, dan K. Arianto, "Deteksi Penyakit Malaria Menggunakan *Convolutional Neural Network* Berbasis *Saliency*," JUITA: Jurnal Informatika, vol. 8, hal. 37-44, 2020.
- [5] I. S. Faradisa, Taufikurrahman, E. Nurcahyo, "Aplikasi Arduino untuk Otomatisasi Apusan Darah Tepi dan Pengecatan Menggunakan Pewarna Giemsa." Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri (SENIATI) 2016.
- [6] I. Susanti, S. Handayani, R. Ekowatiningsih, B. Prasetyorini, E. A. Yusnita, D. A. Ardianto, S. K. Widjaya, "Pengembangan Mikroskop dengan Mikrokontroler dan Cahaya Monokromatik Untuk Mendeteksi Parasit Malaria," Jurnal Teknologi Laboratorium, vol. 6, no. 2, hal. 75-82, 2017.
- [7] Scherr, T.F., Gupta, S., Wright, D.W. and Haselton, F.R. Mobile phone imaging and cloud-based analysis for standardized malaria detection and reporting. *Scientific reports*, 6(1), pp.1-9, 2016.
- [8] Muthumbi A, Chaware A, Kim K, Zhou KC, Konda PC, Chen R, et al. Learned sensing: jointly optimized microscope hardware for accurate image classification. *Biomed Opt Express*. 2019;10(12):6351-6369. doi:10.1364/BOE.10.006351.
- [9] Gordon, P.D., De Ville, C., Sacchetti, J.C. and Coté, G.L. A portable brightfield and fluorescence microscope toward automated malarial parasitemia quantification in thin blood smears. *PLoS one*, 17(4), e0266441, (2022).
- [10] Cybulski JS, Clements J, Prakash M. Foldscope: Origami-Based Paper Microscope. *PLOS ONE*. 2014;9(6):1-11. doi:10.1371/journal.pone.0098781.
- [11] Oliveira AD, Prats C, Espasa M, Zarzuela Serrat F, Montañola Sales C, Silgado A, et al. The Malaria System MicroApp: A New, Mobile Device-Based Tool for Malaria Diagnosis. *JMIR Res Protoc*. 2017;6(4):e70. doi:10.2196/resprot.6758.
- [12] Switz, N.A., D'Ambrosio, M.V. and Fletcher, D.A. Low-cost mobile phone microscopy with a reversed mobile phone camera lens. *PLoS one*, 9(5), p.e95330, 2014.

- [13] G.O.F. Parikesit, M. Darmawan, and A. Faisal, "Quantitative low-cost webcam-based microscopy", *Optical Engineering*, Vol 49, Issue 11, page 113-205, 2010.
- [14] A. W. Setiawan, A. Faisal, N. Resfita, and Y. A. Rahman, "Detection of Malaria Parasites using Thresholding in RGB, YCbCr and Lab Color Spaces." *International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic)*, 2021.
- [15] M. Muttaqin, M. C. Untoro, A. Febrianto, A. Faisal, A. W. Setiawan, B. P. Prabowo, Y. A. Rahman, "CNN Classification of Malaria Parasites in Digital Microscope Images Using Python on Raspberry Pi", *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 108–120, Feb. 2023.
- [16] V. Vadde, S. Shivkumar, A. Kulkarni, "An Innovative Wireless Digital Microscope for Enhanced Malaria Detection and Telepathology in Remote Villages." *2015 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)*.
- [17] N. K. C. Pratiwi, N. Ibrahim, Y. N. Fu'adah, dan S. Rizal, "Deteksi Parasit Plasmodium pada Citra Mikroskopis Hapusan Darah dengan Metode Deep Learning," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 9, no. 2, hal. 306, 2021.
- [18] Y. Jusman, E. Samudra, S. Riyadi, S. N. Aqmariah, M. Kanafiah, A. Faisal, R. Hassan, Z. Mohamed, "Comparison of texture and shape features performance for leukemia cell images using support vector machine" *1st International Conference on Electronic and Electrical Engineering and Intelligent System (ICE3IS)*, 2021.
- [19] Rohan Sangameswaran, MAIScope: A low-cost portable microscope with built-in vision AI to automate microscopic diagnosis of diseases in remote rural settings, *ArXiv: Electrical Engineering and Systems Science, Image and Video Processing*, 12 Aug 2022.
- [20] Raspberrypi.com, "Raspberry Pi 4 Tech Specs", 2023. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>. [Accessed: 01-Jun-2023].
- [21] Jung Yoon, Woong Sik Jang, Jeonghun Nam, Do-CiC Mihn, and Chae Seung Lim, An Automated Microscopic Malaria Parasite Detection System Using Digital Image Analysis, *Diagnostics*. 11(3), 527, March 2021.
- [22] Neha C Poojari, Pallavi K, Prapthi P Rai, Rahil Abdullah, Ankitha K, Detection of Malarial Parasites in Blood using Image Processing, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 7. Issue 08, 2019.
- [23] Umi Salamah, Riyanarto Sarno, Agus Zainal Arifin, Anto Satriyo Nugroho, Ismail Ekoprayitno Rozi, Puji Budi Setia Asih, Segmentation of Malaria Parasite Candidate from Thickblood Smear Microscopic Images using Watershed and Adaptive Thresholding, *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*, vol. 10, No. 2-4, Jul. 2018.
- [24] K. I. Djahari dan G. Hermawan, "Implementasi Metode Principal Component Analysis dan Support Vector Machines dalam Mendeteksi Plasmodium Malaria pada Citra Sampel Darah," *Teknik Informatika – Universitas Komputer Indonesia*, 2016.
- [25] M. Hamid, P. Mudjirahardjo, dan E. Yudaningtyas, "Penerapan Fitur Warna Untuk Identifikasi Plasmodium Falciparum pada Sediaan Apus Darah Menggunakan MK-Means dan Jaringan *Backpropagation*," *MATICS: Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 8, no. 2, hal. 73–77, 2016.
- [26] S. K. Mishra, "Human Malaria Detection and Stage Classification using Random Forest Classifier," vol. 6, no. 6, hal. 214–218, 2021.
- [27] Ghazala Hcini, Imen Jdey, Hela Ltifi, Improving Malaria Detection Using L1 Regularization Neural Network, *Journal of Universal Computer Science*, vol. 28, no. 10, 1087-1107, 2022.