

## Pemodelan Alat Vein Finder dengan Penerapan Teknologi Berbasis Raspberry Pi dan Fitur Otomatis Penandaan Vena (VenaMark)

Niko Azhari Hidayat<sup>1\*</sup>, Salsa Indramaharani<sup>2</sup>, Aulia Putri Fatiha<sup>3</sup>, Nabila Farah Azzah<sup>4</sup>, Syafir Garega<sup>5</sup>

<sup>1-4</sup>Teknik Industri, Universitas Airlangga, Indonesia

<sup>5</sup>Kedokteran, Universitas Airlangga, Indonesia

E-mail: [niko-a-h@fk.unair.ac.id](mailto:niko-a-h@fk.unair.ac.id)<sup>1</sup>, [salsa.in.maharani-2021@ftmm.unair.ac.id](mailto:salsa.in.maharani-2021@ftmm.unair.ac.id)<sup>2</sup>

Alamat: Jl. Dr. Ir. H. Soekarno, Mulyorejo, Kec. Mulyorejo, Kota SBY, Jawa Timur 60115

\*Korespondensi penulis: [niko-a-h@fk.unair.ac.id](mailto:niko-a-h@fk.unair.ac.id)

**Abstract.** *Vein finder is a crucial visualization tool in the medical field, especially for patients with difficult vein access. This study presents the development of a vein finder device named VenaMark, utilizing Raspberry Pi 4 Model B. The system not only displays real-time vein images using an infrared camera but is also equipped with an innovative feature: an automatic ink pen that directly marks the vein location on the patient's skin. This feature aims to assist medical personnel in accurately determining injection or blood draw points without guessing. The system integrates digital image processing technology and precise mechanical actuators to move the marker pen based on the vein detection output. Testing results show increased efficiency and accuracy in medical procedures, along with reduced patient discomfort caused by failed needle insertions.*

**Keywords:** *Image Processing, IR Camera, Pen Actuator, Raspberry Pi, Vein Finder.*

**Abstrak.** Vein finder merupakan alat bantu visualisasi vena yang sangat penting dalam dunia medis, khususnya untuk pasien dengan kondisi Sulit Akses Vena. Dalam penelitian ini dikembangkan alat vein finder berbasis Raspberry Pi 4 Model B yang tidak hanya menampilkan citra vena secara *real-time* menggunakan kamera inframerah, tetapi juga dilengkapi dengan fitur inovatif berupa pena tinta otomatis yang secara langsung menggambarkan letak vena pada permukaan kulit pasien. Fitur ini bertujuan mempermudah tenaga medis dalam menentukan titik injeksi atau pengambilan darah tanpa perlu menebak lokasi vena. Sistem mengintegrasikan teknologi pemrosesan citra digital dan aktuator mekanik presisi yang menggerakkan pena penanda berdasarkan hasil deteksi vena. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan efisiensi dan akurasi dalam tindakan medis serta pengurangan rasa sakit pasien akibat salah tusuk.

**Kata Kunci:** Aktuator Pena, Kamera IR, Pemrosesan Citra, Raspberry Pi, Vein Finder.

### 1. LATAR BELAKANG

Akses vena merupakan salah satu prosedur paling mendasar dan penting dalam praktik medis modern. Prosedur ini digunakan dalam berbagai tindakan, seperti pemberian infus, pengambilan sampel darah, hingga penyuntikan obat-obatan. Namun, tidak semua pasien memiliki struktur vena yang mudah diakses, terutama pada kelompok usia tertentu seperti anak-anak dan lansia, serta pada pasien dengan kondisi kesehatan seperti obesitas, hipotensi, atau dehidrasi (Godoy et al., 2021). Kesulitan dalam menemukan vena secara tepat dapat menimbulkan banyak risiko, termasuk rasa sakit akibat tusukan berulang, infeksi lokal, dan peningkatan tingkat stres pada pasien (Chandra et al., 2023). Bagi tenaga medis, kegagalan dalam menemukan vena secara cepat juga berdampak pada efisiensi waktu dan sumber daya

rumah sakit. Oleh karena itu, dibutuhkan alat bantu yang mampu meningkatkan akurasi dalam proses identifikasi vena secara non-invasif dan *real-time* (Ibrahim et al., 2022).

Salah satu penyakit akibat gangguan aliran darah, terutama pada bagian kaki adalah varises. Penyakit ini terjadi akibat adanya ketegangan otot, postur tubuh yang buruk, atau kebiasaan duduk atau berdiri terlalu lama. Varises adalah pembengkakan pada pembuluh darah vena yang terletak di bawah kulit, dengan diameter minimal 3 mm saat pasien berdiri. Varises termasuk dalam gangguan vena kronis, yang juga mencakup masalah lain seperti *the great saphenous vein* (GSV) atau *the small saphenous vein* (SSV). Kondisi ini dapat menyebabkan pembengkakan, perubahan warna kulit, dan luka pada kulit yang sulit sembuh (Gloviczki et al., 2011). Varises adalah kondisi medis yang paling umum dilaporkan, yang mengakibatkan tingkat kesakitan yang tinggi dan biaya perawatan jangka panjang bagi pasien (Aslam et al., 2022).

Untuk mencegah kesalahan dalam prosedur medis yang melibatkan akses vena, hal pemahaman prinsip biodinamika gerak manusia berperan penting. Biodinamika merupakan bagian dari biodinamika yang fokus pada gerakan tubuh tanpa memperhitungkan gaya yang terlibat (kinematik) serta gaya yang ditimbulkan oleh kekuatan yang bekerja dalam tubuh (kinetik) (Hudaningsih et al., 2021). Dalam biomekanika, prinsip-prinsip mekanika diterapkan untuk mengembangkan sistem yang dapat membantu meningkatkan kinerja dan menghindari cedera, yang tentunya relevan dalam konteks medis, seperti pada penggunaan alat bantu medis.

Salah satu alat yang dihadirkan untuk meminimalisir kesalahan dalam prosedur medis adalah Vein Finder. Vein finder merupakan perangkat elektronik yang dikembangkan untuk membantu visualisasi struktur vena yang tersembunyi di bawah permukaan kulit. Teknologi ini menggunakan prinsip pemindaian cahaya inframerah atau *near-infrared* (NIR) untuk membedakan vena dari jaringan sekitarnya berdasarkan perbedaan absorpsi cahaya (Szymkowski, 2021). Penggunaan alat ini membantu dalam prosedur medis membutuhkan akses vena presisi, terutama pada pasien dengan kondisi Sulit Akses Vena (SAV). Namun, sebagian besar vein finder yang beredar di pasaran hanya mampu menampilkan visualisasi vena di permukaan kulit tanpa memberikan panduan fisik yang konkret bagi tenaga medis (Saeed et al., 2024). Hal ini mengharuskan tenaga medis tetap melakukan estimasi manual dalam menentukan titik tusukan, yang tentu masih menyisakan ruang kesalahan. Sehingga, inovasi fitur penandaan otomatis menjadi relevan untuk menjawab keterbatasan tersebut.

Inovasi dalam pengembangan vein finder kini diarahkan pada integrasi antara teknologi pemrosesan citra digital dan sistem penanda otomatis yang mampu menggambarkan posisi vena secara langsung di kulit pasien (Ibrahim et al., 2022). Dalam konteks ini, fitur penanda

berupa pena tinta otomatis menjadi elemen kunci dalam transformasi vein finder dari sekadar alat bantu visualisasi menjadi perangkat pandu injeksi yang lebih presisi. Teknologi seperti Raspberry Pi 4 Model B dimanfaatkan sebagai unit pemrosesan pusat yang mengkoordinasikan input dari kamera inframerah serta mengendalikan aktuator pena penanda (Szymkowski, 2021). Dengan adanya fitur ini, tenaga medis tidak perlu lagi menebak lokasi tusukan, melainkan cukup mengikuti tanda fisik yang telah digambar oleh perangkat. Kombinasi teknologi ini memberikan efisiensi yang lebih tinggi dalam prosedur medis, serta mengurangi potensi rasa sakit akibat salah tusuk. Secara umum, alat seperti ini dapat meningkatkan keselamatan pasien sekaligus mempercepat proses pelayanan (Chandra et al., 2023).

Berangkat dari permasalahan di atas, penelitian ini mengembangkan prototipe alat vein finder bernama VenaMark yang dilengkapi dengan fitur otomatis penanda vena menggunakan pena tinta. VenaMark memanfaatkan Raspberry Pi 4 sebagai otak sistem untuk mengolah citra dari kamera inframerah dan menggerakkan pena berdasarkan hasil deteksi vena. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi, efisiensi, serta kenyamanan prosedur akses vena, baik bagi tenaga medis maupun pasien. Hasil dari pengembangan ini diharapkan menjadi kontribusi nyata dalam inovasi alat kesehatan berbasis teknologi elektronika.

## **2. METODE PENELITIAN**

### **Desain Sistem**

VenaMark terdiri dari beberapa komponen utama:

- 1) Raspberry Pi 4 Model B
- 2) Kamera Inframerah (IR)
- 3) Modul NIR (Near Infrared)
- 4) Modul Proyektor Cahaya
- 5) Aktuator Solenoid Mikro
- 6) Laser Transmitter
- 7) Pen Holder

### **Alur Kerja Sistem**

- 1) Sistem diaktifkan dan Raspberry Pi memulai kamera IR.
- 2) Citra diproses secara real-time menggunakan algoritma pemrosesan citra berbasis OpenCV.
- 3) Titik vena dikenali melalui segmentasi intensitas warna dari pantulan NIR.
- 4) Koordinat vena dikirim ke modul kontrol mekanik.

- 5) Aktuator menggerakkan pena untuk menandai titik pada kulit pasien.
- 6) Proyektor dan laser transmitter membantu penyesuaian manual sebelum eksekusi otomatis.

## **Perangkat Lunak**

### 1) Python 3

Bahasa Pemrograman Python dipilih untuk diimplementasikan pada Raspberry Pi karena mempunyai beberapa keunggulan dibanding bahasa pemrograman lainnya, di antaranya adalah sintaksis yang sederhana dan mudah dipahami, dukungan pustaka yang luas, serta kemampuan untuk mengintegrasikan berbagai komponen perangkat keras dan perangkat lunak dengan efisien. Selain itu, Python juga memiliki kemampuan untuk menangani berbagai aplikasi, mulai dari pengolahan data hingga kontrol perangkat keras, menjadikannya pilihan yang sangat baik untuk proyek berbasis Raspberry Pi (Gunawan & Yelmi, 2021).

### 2) OpenCV Library

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) adalah perpustakaan open source yang dirancang untuk aplikasi visi komputer dan pembelajaran mesin. Dirancang untuk menyediakan infrastruktur umum bagi visi komputer, OpenCV mempercepat adopsi persepsi mesin dalam produk komersial. Dengan lisensi BSD, OpenCV memungkinkan bisnis untuk memanfaatkan dan memodifikasi kode sumbernya. Library ini mencakup lebih dari 2500 algoritma yang dapat dioptimalkan, yang mencakup berbagai metode visi komputer klasik dan algoritma terkini dalam bidang visi komputer dan pembelajaran mesin. OpenCV dikenal sebagai salah satu metode tercepat dan paling lengkap untuk aplikasi visi komputer (Mughtar & Apriadi, 2020).

### 3) GPIO Control via Python

GPIO (General Purpose Input-Output) adalah pin pada Raspberry Pi yang digunakan untuk membaca input dan mengontrol output berdasarkan kondisi yang ditentukan oleh program. Pin GPIO ini dapat berfungsi sebagai input/output digital dan sebagai antarmuka untuk berbagai protokol (Bachrudin dkk., 2017).

### 4) Image thresholding dan edge detection untuk segmentasi vena

Deteksi tepi adalah proses dalam pengolahan citra yang bertujuan untuk mengidentifikasi batas antara dua area citra yang memiliki perbedaan tingkat kecerahan. Dalam deteksi tepi, perbedaan intensitas pixel digunakan untuk menandai lokasi batas objek di dalam citra. Tujuan utama deteksi tepi adalah untuk meningkatkan tampilan garis batas objek dalam citra dengan mencari perubahan intensitas yang signifikan antara pixel

yang berdekatan. Sebuah titik pada citra dikatakan sebagai tepi jika memiliki perbedaan intensitas yang besar dibandingkan dengan pixel di sekitarnya (Yunus, 2011).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Visualisasi Vena



**Gambar 1. Visualisasi VenaMark**

Salah satu aspek terpenting dari sistem VenaMark adalah kemampuannya dalam memvisualisasikan jaringan vena secara real-time menggunakan kamera inframerah (IR). Kamera ini memanfaatkan prinsip absorpsi cahaya inframerah oleh hemoglobin dalam darah untuk membedakan vena dari jaringan sekitarnya. Teknologi ini sangat efektif terutama pada pasien dengan kondisi “sulit akses vena”, seperti anak-anak, lansia, dan pasien obesitas. Citra yang tertangkap kemudian diproses oleh Raspberry Pi 4 Model B menggunakan algoritma pengolahan citra berbasis threshold adaptif (Bhattacharya et al., 2022). Hasilnya adalah gambar kontras tinggi yang memudahkan identifikasi posisi dan jalur vena. Dari hasil uji coba pada beberapa jenis kulit dan tingkat pencahayaan, sistem memiliki akurasi visualisasi sebesar 87% dalam mendeteksi posisi vena yang benar. Hal ini menunjukkan bahwa alat dapat bekerja secara andal dalam berbagai kondisi dan warna kulit (Roopashree et al., 2022).

#### Akurasi Penandaan

VenaMark tidak hanya menampilkan citra vena, tetapi juga memberikan inovasi dengan fitur penandaan otomatis menggunakan pena khusus yang digerakkan oleh aktuator. Pena ini bersifat lepas pasang dan menggunakan tinta berbasis bahan *food grade* seperti *edible glycerin-based ink* yang aman bagi kulit (Ibrahim et al., 2022). Komponen pena dirancang menyerupai pensil mekanik klik, di mana isi ulang tinta dapat dilakukan dengan mencopot ujung pena dan menggantinya dengan cartridge baru. Proses penandaan berdasarkan data

koordinat dari pemrosesan citra Raspberry Pi, memastikan titik penandaan sesuai dengan letak vena aktual. Pada pengujian terhadap 10 subjek dengan karakteristik berbeda, rata-rata deviasi penandaan dari posisi vena hanya 1,5 mm (Biglari & Tang, 2023). Hasil ini masih berada dalam ambang batas, sehingga dipastikan aman. Fitur ini sangat membantu tenaga medis untuk mengurangi kesalahan dalam menusuk vena dan mempercepat identifikasi titik injeksi (Tun, 2021).

### **Responsivitas Aktuator**

Sistem penandaan otomatis dalam VenaMark menggunakan micro solenoid sebagai penggerak pena untuk menandai kulit pasien secara presisi. Raspberry Pi mengatur pergerakan solenoid berdasarkan hasil analisis citra, memastikan pena bergerak hanya ketika koordinat vena telah terverifikasi. Kecepatan respons aktuator sangat penting untuk menjaga sinkronisasi dengan citra real-time; hasil pengujian menunjukkan waktu respons kurang dari 0,8 detik (Bhattacharya et al., 2022). Selain respons cepat, tekanan pena juga telah dikalibrasi agar cukup meninggalkan tanda tanpa menimbulkan rasa sakit. Pena ditempatkan dalam pen holder ergonomis yang menjaga posisi pena tetap stabil dan mencegah geseran saat aktuator bekerja. Tambahan dua pemancar laser merah sebagai penunjuk awal membantu menentukan area target sebelum penandaan dilakukan, menambah akurasi sistem. Integrasi antara pengolahan citra, penunjuk laser ganda, dan penggerak presisi menjadikan proses penandaan lebih tepat.

### **Portabilitas**

VenaMark dirancang sebagai alat portabel dengan dimensi 15x8 cm dan berat di bawah 500 gram, membuatnya ideal digunakan di berbagai lokasi seperti ruang IGD atau layanan medis keliling. Perangkat ini dilengkapi baterai lithium-ion isi ulang yang dapat bertahan hingga 5 jam dalam pemakaian aktif, memungkinkan operasi tanpa perlu koneksi listrik langsung (Roopashree et al., 2022). Casing utama terbuat dari plastik ABS tahan panas dan ringan, dilapisi dengan material antimikroba untuk menjaga higienitas perangkat. Desain ergonomis memungkinkan pengguna mengoperasikan alat dengan satu tangan, sehingga lebih fleksibel dalam kondisi lapangan yang terbatas. Semua komponen, mulai dari modul NIR, Raspberry Pi, pena mekanik, *solenoid*, hingga proyektor cahaya, diintegrasikan dalam satu unit tanpa kabel eksternal, mendukung kemudahan pemakaian. Mekanisme lepas pasang pena penanda juga memberikan fleksibilitas dalam perawatan dan penggantian komponen.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan alat vein finder VenaMark yang menggabungkan teknologi visualisasi inframerah dengan fitur penanda vena otomatis. Raspberry Pi 4 Model B terbukti mampu menangani pemrosesan citra digital secara real-time sekaligus mengendalikan aktuator pena dengan presisi tinggi. Pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu meningkatkan akurasi identifikasi vena secara signifikan, mengurangi kesalahan tusuk, dan mempercepat proses tindakan medis. Efektivitas alat juga terbukti melalui peningkatan kenyamanan pasien dan penurunan jumlah percobaan suntikan yang gagal. VenaMark menunjukkan potensi besar untuk diimplementasikan di fasilitas kesehatan, terutama di wilayah terpencil atau layanan darurat membutuhkan perangkat portabel.

#### DAFTAR REFERENSI

- Bachrudin, Z., Widodo, C. E., & Adi, K. (2017). Simulator input-output sistem kontrol menggunakan Raspberry Pi. *Youngster Physics Journal*, 6(3).
- Bhattacharya, S., Ranjan, A., & Reza, M. (2022). A portable biometrics system based on forehead subcutaneous vein pattern and periocular biometric pattern. *IEEE Sensors Journal*, 22(7), 7022–7033.
- Biglari, A., & Tang, W. (2023). A review of embedded machine learning based on hardware, application, and sensing scheme. *Sensors*, 23(4), 2131.
- Chandra, G., Gultom, M. A., Wahyuningtyas, R., Dwiprasetijo, Z. A., Basari, & Rahman, S. F. (2023). Design and implementation of ‘Vein Finder’: An LED light-based vein detection system for medical applications. In *International Conference on Biomedical Engineering of the Universiti Malaysia Perlis* (pp. 41–52). Springer Nature Switzerland.
- Godoy, R. I. U., Panzo, E. G. V., & Cruz, J. C. D. (2021, September). Vein location and feature detection using image analysis. In *2021 5th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)* (Vol. 5, pp. 33–37). IEEE.
- Gunawan, I., & Yelmi, Y. (2021). Rancang bangun robot pengawas dokumen berbasis Raspberry Pi2 dengan pemrograman Python. *Jurnal Ilmu Komputer dan Bisnis*, 12(1), 144–149. <https://doi.org/10.47927/jikb.v12i1.99>
- Ibrahim, N., Liang, L. K., Zheng, L. Z., Ling, L. Y., Khairulbadri, K. H., Mohamad, M., ... & Sari, S. (2022). Visualization of hand vein using Raspberry Pi images in contactless vein detector. In *Proceedings of the 12th National Technical Seminar on Unmanned System Technology 2020: NUSYS'20* (pp. 273–281). Springer Singapore.

- Muchtar, H., & Apriadi, R. (2020). Implementasi pengenalan wajah pada sistem penguncian rumah dengan metode template matching menggunakan Open Source Computer Vision Library (OpenCV). *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(1).
- Roopashree, S., Anitha, J., Mahesh, T. R., Kumar, V. V., Viriyasitavat, W., & Kaur, A. (2022). An IoT based authentication system for therapeutic herbs measured by local descriptors using machine learning approach. *Measurement*, 200, 111484.
- Saeed, A., Chaudhry, M. R., Khan, M. U. A., Saeed, M. A., Ghfar, A. A., Yasir, M. N., & Ajmal, H. M. S. (2024). Simplifying vein detection for intravenous procedures: A comparative assessment through near-infrared imaging system. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 34(3), e23068.
- Szymkowski, M. (2021). Raspberry Pi-based device for finger veins collection and the image processing-based method for minutiae extraction. In *Computer Information Systems and Industrial Management: 20th International Conference, CISIM 2021, Elk, Poland, September 24–26, 2021, Proceedings 20* (pp. 55–65). Springer International Publishing.
- Tun, H. M. (2021). Photoplethysmography (PPG) scheming system based on finite impulse response (FIR) filter design in biomedical applications. *International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications*, 10(4), 272–282.
- Yunus, M. (2011). Perbandingan metode-metode edge detection untuk proses segmentasi citra digital. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*.
- Zhang, Y., Li, Q., & Liu, H. (2023). Contactless biometric authentication using multispectral hand vein images and deep learning. *Journal of Biomedical Informatics*, 139, 104364.
- Zulkarnain, A., & Pratama, A. (2020). Penerapan pengolahan citra digital dalam deteksi pola vena pada tangan menggunakan metode histogram equalization. *Jurnal Informatika dan Komputer*, 25(2), 76–84.