UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Citra Vena Near-Infrared Berbasis Fitur Morfologi untuk Pengelompokan Visibilitas dan Esti?masi Kandidat Titik Tusuk Vena
Kurnia Chairunnisa, Prof. Ir. Hanung Adi Nugroho, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM., SMIEEE.; Syukron Abu Ishaq Alfarozi,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRAK

Keberhasilan *venipuncture* dipengaruhi oleh visibilitas vena dan ketepatan pemilihan lokasi penusukan, terutama pada populasi dengan akses vena yang sulit dan rentan mengalami percobaan penusukan berulang. Keluaran segmentasi citra *near-infrared* (NIR) berupa *mask* hanya menunjukkan area vena, tanpa memberikan informasi terukur mengenai kemunculan struktur vena pada keseluruhan citra maupun karakteristik morfologi setiap segmen. Penelitian terdahulu telah memanfaatkan fitur morfologi untuk menganalisis struktur vaskular dan menentukan lokasi akses vena, tetapi alur pasca-segmentasi yang menghubungkan analisis tingkat citra dan tingkat segmen pada dataset tanpa label visibilitas dan anotasi area akses vena masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan alur analisis citra vena NIR yang mencakup segmentasi, ekstraksi fitur morfologi, pengelompokan visibilitas operasional, dan estimasi kandidat titik tusuk.

Penelitian menggunakan dataset CUBITAL yang terdiri atas 2016 citra NIR area kubital dengan subjek berusia 5–22 tahun. MFA-UNet dibandingkan dengan U-Net, Attention U-Net, dan TAU-Net untuk memilih model segmentasi yang paling sesuai sebagai dasar analisis lanjutan. Evaluasi dilakukan menggunakan IoU, Dice, *precision*, dan *sensitivity*. *Mask* hasil segmentasi diproses melalui *skeletonization*, *distance transform*, dan deteksi percabangan. Rasio area vena, panjang *skeleton*, dan kepadatan percabangan digunakan untuk pengelompokan visibilitas secara *unsupervised*, sedangkan lebar, panjang segmen, tortuositas, dan jarak terhadap percabangan digunakan untuk pemeringkatan kandidat melalui D-CRITIC dan TOPSIS.

MFA-UNet memberikan performa terbaik dengan IoU 0,8065, Dice 0,8675, *precision* 0,8741, dan *sensitivity* 0,8785. Pengelompokan menghasilkan dua kelompok yang diinterpretasikan sebagai visibilitas *poor* dan *good*. Kelompok *good* menghasilkan lebih banyak kandidat dibandingkan kelompok *poor*, yang menunjukkan konsistensi internal antara analisis tingkat citra dan tingkat segmen. Penilaian terbatas oleh empat validator perawat menunjukkan bahwa mayoritas citra dinilai layak berdasarkan keputusan mayoritas kuat, meskipun kesepakatan antarvalidator masih terbatas. Hasil pemeringkatan merupakan urutan kandidat berbasis morfologi dan tidak dimaknai sebagai keputusan klinis final.

Kata kunci—citra vena NIR, MFA-UNet, fitur morfologi, *clustering*, D-CRITIC–TOPSIS.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Analisis Citra Vena Near-Infrared Berbasis Fitur Morfologi untuk Pengelompokan Visibilitas dan Esti?masi Kandidat Titik Tusuk Vena
Kurnia Chairunnisa, Prof. Ir. Hanung Adi Nugroho, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM., SMIEEE.; Syukron Abu Ishaq Alfarozi,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

The success of venipuncture *is influenced by vein visibility and the accuracy of puncture site selection, particularly in populations with difficult vein access who are more prone to repeated puncture attempts. The segmentation output of near-infrared (NIR) images, in the form of a* mask*, only indicates the vein area without providing measurable information on the appearance of vein structures across the whole image or the morphological characteristics of each segment. Previous studies have used morphological features to analyze vascular structures and determine vein access sites, but a post-segmentation pipeline linking image-level and segment-level analysis on datasets without visibility labels and vein access annotations remains limited. This study aims to develop an NIR vein image analysis pipeline comprising segmentation, morphological feature extraction, operational visibility clustering, and puncture point candidate estimation.*

The study uses the CUBITAL dataset, consisting of 2,016 NIR images of the cubital region from subjects aged 5–22 years. MFA-UNet was compared with U-Net, Attention U-Net, and TAU-Net to select the most suitable segmentation model as the basis for further analysis. Evaluation was performed using IoU, Dice, precision, and sensitivity. The resulting mask *was processed through skeletonization, distance transform, and branch point detection. Vein area ratio, skeleton length, and branching density were used for unsupervised visibility clustering, while width, segment length, tortuosity, and distance to branch were used for candidate ranking through D-CRITIC and TOPSIS.*

MFA-UNet achieved the best performance with an IoU of 0.8065, Dice of 0.8675, precision of 0.8741, and sensitivity of 0.8785. Clustering produced two groups interpreted as poor *and* good *visibility. The* good *group produced more candidates than the* poor *group, indicating internal consistency between image-level and segment-level analysis. A limited assessment by four nurse validators showed that the majority of images were rated feasible based on a strong-majority decision, although inter-validator agreement remained limited. The ranking results represent a morphology-based candidate order and are not intended as a final clinical decision.*

Keywords—*NIR vein image, MFA-UNet, morphological features, clustering, D-CRITIC–TOPSIS.*