

Identifikasi Jenis Kelamin Berdasarkan Bitemark

1st Muhammad Rizky Hasbullah
School of Electrical Engineering
 Telkom University
 Bandung, Indonesia
 zolobogem@student.telkomuniversity.a
 c.id

2nd Jaspar Hasudungan
School of Electrical Engineering
 Telkom University
 Bandung, Indonesia
 Jhmanurung.telkomuniveristy.ac.id

3rd Bambang Hidayat
School of Electrical Engineering line 3:
 Telkom University
 Bandung, Indonesia
 bhidayat@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penentuan identifikasi jenis kelamin merupakan aspek krusial dalam ranah forensik, yang berfungsi mendukung proses penentuan identitas korban maupun pelaku kejadian. Salah satu metode yang kini mulai mendapat perhatian adalah analisis pola gigitan atau *bitemark*, karena pola tersebut dinilai memiliki perbedaan karakteristik antara pria dan wanita. Latar belakang penelitian ini berangkat dari keterbatasan teknik konvensional yang kerap kurang efektif untuk menentukan jenis kelamin secara cepat, khususnya ketika kondisi fisik korban tidak memungkinkan dilakukan identifikasi biometrik secara langsung. Pendekatan yang digunakan adalah penerapan teknologi pengenalan citra dengan memanfaatkan model *deep learning* YOLOv8, yang diintegrasikan ke dalam sistem aplikasi web berbasis Python. Sistem ini menerima masukan berupa citra *bitemark*, lalu memprosesnya melalui tahap klasifikasi guna memprediksi jenis kelamin. Proses pengembangan meliputi pelatihan model dengan 80 citra gigitan yang telah diberi label, optimasi model agar kompatibel di lingkungan Python, serta pembuatan antarmuka web untuk memudahkan identifikasi secara waktu nyata. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengklasifikasikan jenis kelamin dengan tingkat akurasi 75,00% pada pengujian terhadap 44 citra. Selain itu, integrasi dengan aplikasi web meningkatkan portabilitas dan efisiensi penggunaan. Penelitian ini diharapkan menjadi langkah awal dalam pengembangan sistem identifikasi forensik otomatis berbasis *bitemark*.

Kata kunci— YOLO,bitemark,CNN,forensic,python,web application

I. PENDAHULUAN

Indonesia tergolong sebagai negara dengan angka kriminalitas yang cukup tinggi, mencakup berbagai kasus seperti pemeriksaan, pembunuhan, pencurian, kekerasan, dan tindak kejahatan lainnya. Peristiwa-peristiwa tersebut sering kali menimbulkan korban, sehingga diperlukan proses identifikasi untuk mengetahui identitas korban, baik yang masih hidup maupun yang sudah meninggal dunia. Perkembangan ilmu kedokteran, khususnya bidang forensik, mendorong banyak peneliti mengembangkan teknologi yang mampu mempercepat dan meningkatkan efektivitas proses identifikasi [1]. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah melalui analisis jejak gigitan pada tubuh korban maupun pelaku. Dalam sejumlah kasus kriminal, gigitan

dapat muncul sebagai bentuk perlawanannya korban terhadap pelaku, atau justru sebagai serangan dari pelaku kepada korban [2].

Jejak gigitan dapat bervariasi bentuknya, mulai dari luka yang jelas menyerupai lengkungan rahang dan gigi, hingga luka samar yang memerlukan pemeriksaan lebih lanjut untuk memastikan bentuknya. Umumnya, gigitan terbentuk dari dua lengkungan utama, yaitu rahang atas (*maksila*) dan rahang bawah (*mandibula*), yang menghasilkan pola oval atau bulat. Setiap orang memiliki bentuk, ukuran, dan susunan gigi yang khas, sehingga pola gigitan yang dihasilkan juga berbeda-beda. Oleh sebab itu, gigitan kerap dianggap sebagai tanda identifikasi yang bersifat unik, mirip dengan sidik jari [3].

Meski demikian, penggunaan jejak gigitan sebagai bukti forensik masih menjadi perdebatan. Beberapa faktor, seperti elastisitas kulit, pergeseran jaringan, serta perubahan luka seiring berjalannya waktu, dapat memengaruhi ketepatan hasil identifikasi [4]. Walaupun masih menuai kontroversi, metode ini tetap menjadi bagian penting dalam investigasi kejadian, terutama ketika bukti lain sulit ditemukan. Bahkan, dalam kasus tertentu, pola gigitan dapat menjadi bukti kunci untuk mengungkap pelaku atau memperkuat tuduhan terhadap tersangka.

II. KAJIAN TEORI

Jenis kelamin seseorang, baik laki-laki maupun perempuan, dapat dikenali melalui bentuk lengkung gigi. Perbedaan lengkung ini umumnya mulai tampak jelas setelah melewati masa pubertas. Faktor-faktor yang memengaruhi bentuk lengkung gigi meliputi usia, jenis kelamin, ras, faktor genetik, serta kondisi lingkungan. Secara umum, bentuk lengkung gigi pria dan wanita memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Pria biasanya memiliki lengkung rahang berukuran lebih besar dengan bentuk yang cenderung meruncing (*tapered*), sedangkan wanita umumnya memiliki lengkung rahang yang lebih kecil dengan bentuk yang cenderung oval.

Berdasarkan bentuknya, lengkung rahang dapat dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu persegi (*squared*), meruncing (*taper*), dan lonjong (*ovoid*) [7]. Tipe meruncing memiliki bagian anterior yang sempit lalu melebar ke arah posterior, dengan jarak interkanin dan intermolar yang paling kecil dibandingkan tipe persegi maupun lonjong. Nilai

pengukurannya meliputi jarak interkanin $27,52 \pm 1,68$, jarak intermolar $47,26 \pm 2,30$, *canine depth* $5,72 \pm 1,07$, dan *molar depth* $27,17 \pm 2,13$.

Tipe lonjong memiliki bagian anterior yang membulat, dengan jarak interkanin $28,58 \pm 1,87$, jarak intermolar $49,67 \pm 2,04$, *canine depth* $5,12 \pm 0,95$, dan *molar depth* $26,48 \pm 2,03$. Sedangkan tipe persegi ditandai dengan sisi anterior yang sejajar, di mana insisif sentral dan lateral berada pada satu garis lurus. Pengukurannya mencakup jarak interkanin $28,84 \pm 1,71$, jarak intermolar $51,47 \pm 1,96$, *canine depth* $4,42 \pm 0,91$, dan *molar depth* $25,11 \pm 2,20$ [8].

Citra adalah gambaran, tiruan, atau representasi suatu objek yang terbentuk dari pantulan cahaya, kemudian difokuskan melalui lensa atau cermin dan ditangkap oleh kamera maupun sensor tertentu. Sebagai hasil dari proses perekaman data, citra dapat berupa bentuk optik seperti foto, sinyal analog seperti tayangan gambar pada layar televisi, ataupun format digital yang tersimpan langsung di media penyimpanan. Berdasarkan klasifikasinya, citra dibedakan menjadi tiga kategori utama, yaitu citra biner (*monokrom*), citra warna (*true color*), dan citra keabuan (*grayscale*) [9].

Image Processing mencakup berbagai komponen, mulai dari algoritma, teori mutakhir, hingga arsitektur sistem yang berperan dalam pembentukan, penangkapan, pengolahan, analisis, dan penyajian gambar, video, maupun sinyal multidimensi untuk beragam keperluan. Ruang lingkup kajian ini meliputi, namun tidak terbatas pada, bidang matematika, statistika, pemodelan persepsi, representasi data, pengkodean, pembentukan citra, penyaringan, serta aspek teknis lainnya. Penerapan pengolahan citra dapat dijumpai pada komunikasi gambar dan video, pencitraan elektronik, pencitraan di bidang biomedis, hingga penginderaan jauh (*remote sensing*). Dalam praktiknya, data yang digunakan berupa citra digital, yakni citra kontinu yang telah dikonversi menjadi bentuk diskrit pada koordinat spasial maupun tingkat intensitas cahaya melalui proses *sampling* dan *kuantisasi* [10].

YOLOv8 merupakan generasi terbaru dari rangkaian algoritma *object detection* YOLO yang dikembangkan oleh Ultralytics. Berbeda dari versi-versi sebelumnya, YOLOv8 menggunakan pendekatan *anchor-free*, sehingga tidak lagi mengandalkan *anchor boxes* dalam proses deteksi objek. Perubahan ini memungkinkan peningkatan baik dari sisi kecepatan maupun akurasi deteksi [11]. Model ini dirancang dengan fleksibilitas tinggi, sehingga dapat digunakan untuk berbagai tugas pada bidang visi komputer, seperti deteksi objek (*object detection*), segmentasi objek (*instance segmentation*), dan klasifikasi gambar (*image classification*) [12].

Salah satu keunggulan utama YOLOv8 terletak pada arsitekturnya yang ringan serta efisien. Model ini dikembangkan menggunakan kerangka kerja PyTorch, sehingga memudahkan proses integrasi maupun pelatihan ulang (*retraining*) pada dataset baru. Selain itu, YOLOv8 dilengkapi antarmuka sederhana melalui pustaka Ultralytics, yang memungkinkan pengguna melakukan pelatihan, validasi, hingga proses inferensi hanya dengan menuliskan beberapa baris kode.

Arsitektur YOLOv8 terdiri atas tiga komponen utama, yaitu *backbone*, *neck*, dan *head*.

Pada tahap awal, *backbone* berperan mengekstraksi fitur dari citra masukan. YOLOv8 memanfaatkan versi modifikasi

dari CSPDarknet, di mana blok konvolusi konvensional diganti dengan blok C2f (*Cross Stage Partial connections with 2 convolutions and feature fusion*). Perubahan ini bertujuan untuk menekan beban komputasi tanpa mengurangi kemampuan dalam mengekstrak fitur secara mendalam [13]. Di dalam *backbone* juga terdapat modul SPPF (*Spatial Pyramid Pooling – Fast*), yang berfungsi memperluas *receptive field* tanpa menambah biaya komputasi besar, sehingga model dapat menangkap informasi global seperti bentuk keseluruhan objek dan pola skala besar pada gambar [13].

Selanjutnya, *neck* bertugas menggabungkan fitur dari berbagai tingkat resolusi. YOLOv8 menggunakan kombinasi *Feature Pyramid Network* (FPN) dan *Path Aggregation Network* (PAN). FPN memfasilitasi aliran informasi dari lapisan dengan fitur semantik tinggi (*high-level semantic features*) menuju lapisan dengan detail rendah (*low-level fine details*), sedangkan PAN memastikan informasi dari lapisan bawah dapat diteruskan ke lapisan lebih dalam. Pendekatan ini memungkinkan deteksi objek berukuran kecil maupun besar dilakukan secara optimal, menghasilkan *feature map* multi-skala yang mengandung detail lokal sekaligus konteks global [13].

Bagian terakhir, *head*, dirancang dengan pendekatan *anchor-free*, berbeda dengan versi sebelumnya yang mengandalkan *anchor boxes*. Komponen ini secara langsung memprediksi koordinat pusat objek, dimensi, *confidence score*, serta label kelas. Pendekatan tersebut menyederhanakan proses *post-processing*, mengurangi jumlah parameter, dan sering kali mempercepat inferensi tanpa menurunkan akurasi [11], [12]. Selain itu, desain *anchor-free* membuat YOLOv8 lebih adaptif terhadap variasi bentuk dan rasio objek, sehingga ideal untuk skenario seperti deteksi *bitemark* yang memiliki ukuran dan bentuk sangat beragam.

III. METODE

Memberikan gambaran rancangan penelitian yang meliputi prosedur atau langkah-langkah penelitian, waktu penelitian, sumber data, cara perolehan data dan menjelaskan metode yang akan digunakan dalam penelitian [10 pts].

A. Desain Sistem

Sistem ini dirancang untuk mengidentifikasi jenis kelamin berdasarkan pola visual dari citra bitemark dengan menggunakan pendekatan machine learning. Sistem dikembangkan dalam platform Python dan diintegrasikan dengan aplikasi web agar lebih mudah digunakan oleh pengguna.

B. Mekanisme Pengambilan Data

Data diperoleh dari partisipan sebanyak lima laki-laki dan lima perempuan. Masing-masing partisipan menggigit media coklat batang untuk menghasilkan pola bekas gigitan yang khas dan juga kami menggunakan data uji sebelumnya. Setelah gigitan terbentuk, media diberi bedak agar pola lebih kontras, lalu difoto menggunakan kamera smartphone dengan pencahayaan dan jarak yang dikondisikan tetap. Setiap partisipan menghasilkan satu citra utama, kemudian dilakukan proses augmentasi sebanyak 8 kali menggunakan kontras, dan pencahayaan yang bervariasi. Total data pelatihan yang dipakai adalah 80 gambar, terdiri dari:

- 40 gambar laki-laki (5 orang × 8 gambar)
- 40 gambar perempuan (5 orang × 8 gambar)

Untuk pengujian, digunakan dataset terpisah sebanyak 44 citra tanpa proses augmentasi.

C. Proses Anotasi dan Pelatihan Model

Sebelum proses pelatihan dimulai, data citra terlebih dahulu diberikan anotasi menggunakan aplikasi LabelImg. Perangkat lunak ini berfungsi untuk menandai objek pada dataset citra *bitemark*, termasuk menentukan lokasi gigitan serta mengklasifikasikannya berdasarkan jenis kelamin, misalnya “*bitemark_pria*” atau “*bitemark_wanita*”. Hasil anotasi disimpan dalam format teks yang sesuai dengan kebutuhan YOLO agar dapat digunakan pada tahap pelatihan.

Setelah proses anotasi selesai, dataset dibagi menjadi 80% untuk *training* dan 20% untuk *validation*. Pembagian ini menghasilkan 64 citra *training* (terdiri dari 32 *bitemark* pria dan 32 *bitemark* wanita) serta 16 citra *validation* (8 *bitemark* pria dan 8 *bitemark* wanita). Tujuan dari pembagian ini adalah memastikan model tidak hanya mampu bekerja baik pada data yang telah dilihat selama pelatihan, tetapi juga dapat menggeneralisasi dengan baik terhadap data baru yang belum pernah ditemui sebelumnya.

Data yang telah dibagi kemudian digunakan untuk melatih model YOLOv8 (*You Only Look Once* versi 8), sebuah algoritma deteksi objek *real-time* yang mampu mengenali dan mengklasifikasikan objek hanya dalam satu kali inferensi. YOLOv8 dipilih karena kemampuannya mendekripsi objek berukuran kecil secara cepat dan efisien, sehingga cocok untuk skenario identifikasi cepat seperti klasifikasi jenis kelamin berdasarkan pola gigitan.

Dengan memadukan Python, LabelImg, dan YOLOv8, sistem ini dirancang untuk dapat mengidentifikasi pola visual *bitemark* secara otomatis dan dengan tingkat akurasi yang tinggi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

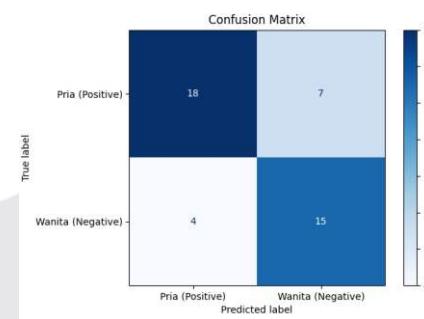
Pengujian aplikasi *Bitemark* berbasis web dilakukan untuk memverifikasi tingkat akurasi data yang dihasilkan sekaligus mengevaluasi sejauh mana aplikasi ini mampu memenuhi kebutuhan dokter gigi maupun dokter forensik. Pengujian ini dilaksanakan sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang, sehingga dapat dipastikan kompatibel untuk penggunaan di bidang forensik. Tahap pengambilan sampel dilakukan di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran (FKG Unpad) sebagai bagian dari proses uji coba serta validasi aplikasi. Selama tahap ini, turut hadir dokter gigi sebagai tenaga ahli pendamping guna memastikan seluruh prosedur dijalankan sesuai standar yang berlaku. Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan dengan melibatkan mahasiswa program Sarjana (S1) Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran (FKG Unpad), yang secara kebetulan pada saat itu sedang menjalani Praktikum terkait *Bite Marks*. Hal ini dimanfaatkan untuk melakukan pencetakan gigi guna mendukung proses pengujian dan validasi aplikasi *Bitemark* secara nyata sesuai konteks penggunaannya di bidang kedokteran gigi forensik.

Hasil Berdasarkan dua tahap pengujian yang telah dilakukan, performa YOLOv8 dalam mendekripsi objek pada citra *bitemark* menunjukkan hasil yang cukup memadai, terutama pada kondisi pengujian optimal. Pada pengujian pertama, ketika model dihadapkan pada data uji yang bersih dan belum pernah dikenali sebelumnya, tingkat akurasi yang dicapai mencapai 91,43% dengan rata-rata waktu inferensi sekitar 6 detik per gambar, menandakan kemampuan model dalam melakukan generalisasi terhadap data baru yang masih relevan dengan data pelatihan. Sebaliknya, pada pengujian kedua yang menggunakan gambar dengan kualitas rendah, baik dari segi pencahayaan, ketajaman, maupun posisi objek, terjadi penurunan akurasi yang cukup signifikan hingga hanya mencapai 12%, disertai peningkatan kesalahan deteksi, terutama pada gambar dengan kualitas visual buruk. Meskipun demikian, model masih mampu mengidentifikasi objek utama pada sebagian besar gambar yang diuji.

YOLOv8 juga menghasilkan confidence score untuk setiap prediksi, yaitu skor gabungan antara probabilitas keberadaan objek dan probabilitas klasifikasinya. Nilai confidence ini dihitung dengan rumus:

$$C = P_o \times P_k \quad (2,1)$$

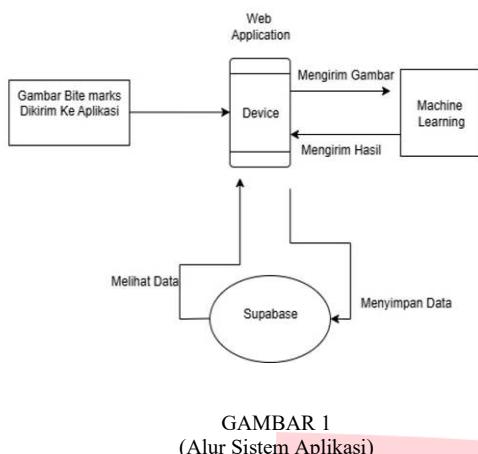
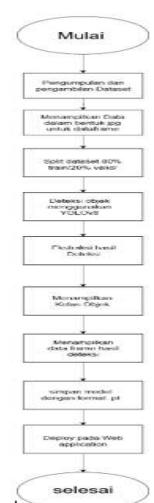
Dimana C adalah Confidence, P_o adalah probabilitas objek ada dan P_k adalah probabilitas kelas tertinggi jika objek ditemukan. Contohnya, jika model memprediksi probabilitas adanya *bitemark* sebesar 0,95 dan probabilitas bahwa *bitemark* tersebut berasal dari pria sebesar 0,92, maka nilai confidence-nya adalah 0,874. Nilai ini digunakan dalam proses Non-Maximum Suppression (NMS) untuk menyaring prediksi yang tumpang tindih dan mempertahankan deteksi dengan tingkat keyakinan tertinggi.



GAMBAR 3
(Hasil Confusion Matrix)

A. Deskripsi Umum Implementasi

Proses implementasi dimulai dari konversi rancangan sistem klasifikasi citra *bitemark* yang telah disusun pada tahap sebelumnya menjadi bentuk kode program yang terintegrasi. Model klasifikasi yang digunakan merupakan hasil pelatihan dengan pendekatan YOLOv8 yang sebelumnya dijalankan di lingkungan pelatihan yang lebih kuat menggunakan Laptop dengan GPU, kemudian hasil model yang telah terlatih dikompilasi dan dioptimasi agar dapat dijalankan secara efisien pada Python.

GAMBAR 1
(Alur Sistem Aplikasi)GAMBAR 2
(Flowchart Machine Learning)

B. Tabel

Tabel dinomori secara berurutan. Letak penulisannya di atas tabel yang dijelaskan. Contoh: Tabel 1(a)a

TABEL 1
(CONFUSION MATRIX)

CONFUSION MATRIX	ACTUAL POSITIVE	ACTUAL NEGATIVE
PREDICTED POSITIVE	TRUE POSITIVE (TP)	FALSE POSITIVE (FP)
PREDICTIVE NEGATIVE	FALSE POSITIVE (FP)	TRUE NEGATIVE (TN)

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1.1)$$

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1.2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (1.3)$$

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian model, dari total 44 citra uji yang digunakan, sistem mampu melakukan prediksi dengan benar pada 33 citra. Dari jumlah tersebut, 18 citra merupakan *bitemark* pria, sedangkan 15 lainnya adalah *bitemark* wanita. Tingkat akurasi yang dicapai oleh model deteksi *bitemark* ini sebesar 75,00%, dengan nilai presisi mencapai 72% dan nilai *recall* sebesar 81,82%. Temuan ini menunjukkan bahwa metode yang diterapkan dalam penelitian, yaitu penggunaan algoritma YOLOv8 untuk mendeteksi pola *bitemark* pada citra, mampu memberikan kinerja yang cukup baik, meskipun hasilnya belum memenuhi target yang ditetapkan, yakni 85%.

Jika diperhatikan, nilai *recall* sebesar 81,82% yang lebih tinggi dibandingkan nilai presisi 72% menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mendeteksi *bitemark* positif, yaitu mengenali *bitemark* yang sebenarnya merupakan milik pria, meskipun tidak selalu tepat dalam memprediksi apakah *bitemark* tersebut milik pria atau wanita. Hal ini juga terlihat dari jumlah prediksi benar yang lebih banyak pada kelas pria (18 gambar) dibandingkan kelas wanita (15 gambar). Salah satu kemungkinan penyebabnya adalah kualitas data *training* untuk kelas pria yang lebih baik dibandingkan data *training* untuk kelas wanita.

Untuk aplikasi *web*nya, Aplikasi *web* yang dikembangkan sudah menyediakan antarmuka yang mudah digunakan. Fitur-fitur seperti registrasi, *login* (dengan *display name*), *logout*, unggah gambar, tampilan hasil prediksi (termasuk *confidence score* dan waktu proses), serta riwayat prediksi pengguna, semuanya berfungsi dengan baik. Integrasi dengan Supabase juga berhasil mendukung manajemen pengguna dan penyimpanan data secara terstruktur.

REFERENSI

- [1] A. Kalangit, "Peran Ilmu Kedokteran Forensik Dalam pembuktian Tindak Pidana Pemeriksaan Sebagai Kejahatan Kekerasan seksual," *E-Clinic*, vol. 1, no. 1, 2013, doi: 10.35790/ecl.1.1.2013.4861.
- [2] N. Nafi'iyah and R. Wardhani, "Sistem Identifikasi Jenis Kelamin Manusia Berdasarkan Foto Panoramik," in *Seminar Nasional Hasil Penelitian Masyarakat*, 2016, pp. 120–125.
- [3] Iswara, Raja A. F. W., et al. *Pengantar Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal*. Edited by Ali, Agussalim, et al, Eureka Media Aksara, 2023.
- [4] "Bitemark analysis: A NIST scientific foundation review," in *Forensic Science Anthology*, 2025, doi: 10.21428/088056e6.0816871d.
- [5] E. Kristanto, "Analisis Jejas Gigitan pada Kasus Forensik Klinik", *eG*, vol. 8, no. 1, Jan. 2020.
- [6] Mamile, Husein, "Analisis Bite Mark Dalam Identifikasi PelakuKejahatan", Tugas Akhir, Universitas Hasanuddin, 2015
- [7] Lukman D, "Buku Ajar Ilmu Kedokteran Gigi Forensik", Jakarta: Sagung Seto, Hal 1-4, 115-133, 2006
- [8] Olmez, S. and Dogan, S, "Comparison of the arch forms and dimensions in various malocclusions of the Turkish population", (December), pp.158–164.
- [9] Badrinarayanan, V., Kendall, A., & Cipolla, R. (2017). SegNet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for image segmentation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(12), 2481–2495.