

Metode Thresholding Otsu untuk Klasifikasi Awal Vitiligo dan Hyperpigmentation Berdasarkan Luas Pixel

Rayhan Putra Alvaro¹, Reni Rahmadewi²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang
^{1,2}Jl. HS.Ronggo Waluyo Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang 41361, Indonesia

¹2210631160063@student.unsika.ac.id
²reni.rahmadewi@ft.unsika.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 07-12-2024
revisi : 15-01-2025
diterima : 23-05-2025
dipublish : 30-06-2025

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi kelainan pigmentasi kulit menggunakan metode Otsu Thresholding dan analisis jumlah pixel pada citra biner. Sistem dibuat dalam bentuk Graphical User Interface (GUI) MATLAB sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan input citra, cropping, pra-pemrosesan, segmentasi, dan klasifikasi. Dataset terdiri dari 30 citra yang mencakup 15 citra vitiligo dan 15 citra hiperpigmentasi. Tahap pra-pemrosesan dilakukan melalui konversi grayscale dan Gaussian smoothing untuk menstabilkan intensitas sebelum segmentasi otomatis oleh metode Otsu. Hasil segmentasi dianalisis melalui perhitungan jumlah pixel putih dan hitam untuk menentukan jenis kelainan. Hasil pengujian menunjukkan akurasi 100% untuk vitiligo dan 80% untuk hiperpigmentasi. Vitiligo lebih mudah terdeteksi karena memiliki kontras intensitas tinggi antara lesi dan kulit normal. Sebaliknya, hiperpigmentasi menunjukkan intensitas yang lebih bervariasi dan dipengaruhi pencahayaan, sehingga beberapa citra sulit disegmentasi dengan tepat. Secara keseluruhan, sistem mencapai akurasi 90% dan dapat digunakan sebagai pendekatan awal deteksi kelainan pigmentasi kulit.

Kata kunci : Pengolahan Citra, Otsu, Vitiligo, Hiperpigmentasi, Segmentasi.

PENDAHULUAN

Gangguan pigmentasi kulit seperti vitiligo dan hiperpigmentasi merupakan kondisi dermatologis yang sering dijumpai dan dapat menimbulkan dampak psikologis yang signifikan bagi penderitanya (Frisoli et

al., 2020), (Nurzaini, 2024). Vitiligo ditandai dengan hilangnya melanin sehingga menghasilkan bercak putih yang kontras, sedangkan hiperpigmentasi menyebabkan peningkatan produksi melanin yang membuat area kulit tampak lebih gelap

(Nautiyal & Wairkar, 2021). Oleh karena itu, identifikasi dini sangat penting untuk membantu proses diagnosis dan pemantauan perkembangan kondisi kulit tersebut.

Dalam beberapa tahun terakhir, metode digital image processing menjadi alternatif diagnostik non-invasif yang efektif, cepat, dan biaya rendah untuk menganalisis kelainan kulit (Li et al., 2020), (Sezgin & Sankur, 2004). Salah satu teknik segmentasi paling banyak digunakan adalah Otsu thresholding, yang menentukan nilai ambang optimal secara otomatis berdasarkan histogram citra (Sezgin & Sankur, 2004) a, (Tri Utami, 2017). Teknik ini terbukti mampu memisahkan area terang dan gelap secara efisien tanpa perlu penyesuaian manual.

Selain itu, pendekatan berbasis kuantifikasi piksel telah banyak digunakan dalam penelitian dermatologi untuk menilai tingkat sebaran area kulit yang mengalami perubahan warna (George et al., 2016), (Berndt et al., 2025). Penghitungan jumlah piksel putih dan hitam setelah segmentasi dapat memberikan informasi objektif mengenai dominasi area depigmentasi atau hiperpigmentasi pada citra. Metode ini juga cukup sederhana sehingga mudah diimplementasikan dalam perangkat lunak berbasis MATLAB maupun sistem komputerisasi lainnya (Wiharja & Harjoko, 2014), (Firzanah et al., 2024).

Dengan mengombinasikan Otsu thresholding dan perhitungan piksel, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi sederhana untuk membedakan kondisi vitiligo dan hiperpigmentasi berdasarkan citra kulit. Pendekatan ini menawarkan solusi praktis, mudah diterapkan, serta berpotensi menjadi alat bantu awal dalam

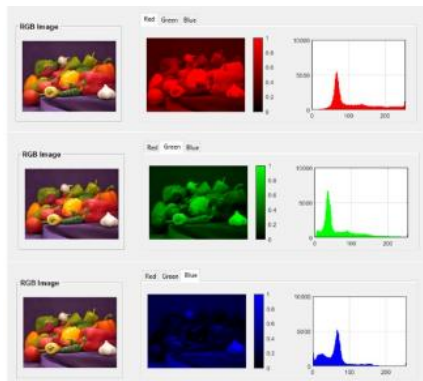
proses screening dermatologis sebelum pemeriksaan lanjut oleh dokter spesialis.

Cara penulisan acuan dalam naskah menggunakan nama belakang pengarang pustaka, tahun terbit pustaka dan disesuaikan dengan penunjukannya dalam naskah. Nama penulis dan tahun terbit ditulis di dalam kurung seperti(Boxall, 2013).

TEORI

Teori pada penelitian ini membahas teori dasar yang berkaitan dengan pengolahan citra digital, teknik segmentasi menggunakan metode Otsu thresholding, serta konsep perhitungan piksel sebagai dasar analisis area pada citra medis. Selain itu, dibahas juga karakteristik kelainan pigmentasi kulit seperti vitiligo dan hiperpigmentasi yang menjadi fokus utama penelitian (Frisoli et al., 2020), (Nautiyal & Wairkar, 2021) . Teknologi segmentasi otomatis dan analisis piksel digunakan untuk memisahkan area kulit normal dan area kelainan secara lebih objektif, sehingga membantu proses klasifikasi awal berdasarkan proporsi piksel terang dan gelap pada citra hasil segmentasi (George et al., 2016), (Berndt et al., 2025). Kajian literatur dan penelitian terdahulu digunakan sebagai dasar analisis untuk memperkuat pendekatan algoritmik yang dilakukan dalam aplikasi GUI MATLAB yang dikembangkan pada penelitian ini.

Teori Pengolahan Citra Digital (Digital Image Processing)



Gambar 1. Contoh Pengolahan Citra Digital

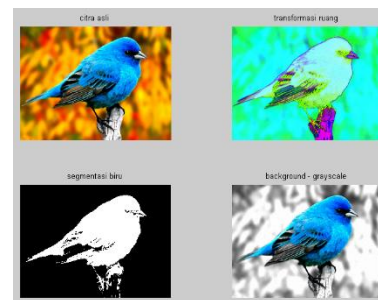
Pengolahan citra digital merupakan proses manipulasi dan analisis citra menggunakan teknik komputasi untuk meningkatkan kualitas informasi visual maupun mengekstraksi fitur penting dari suatu gambar (Wiharja & Harjoko, 2014). Citra digital didefinisikan sebagai representasi dua dimensi yang tersusun atas elemen-elemen gambar (piksel) yang masing-masing memiliki nilai intensitas tertentu. Nilai intensitas ini dapat disimpan dalam berbagai bentuk representasi, seperti citra RGB yang terdiri dari tiga kanal warna, citra grayscale dengan satu kanal intensitas, serta citra biner yang memuat dua nilai (0 dan 1) untuk membedakan objek dan latar belakang.

Dalam pengolahan citra, berbagai operasi dasar seperti filtering, smoothing, dan convolution digunakan untuk memanipulasi informasi visual. Filtering umum diterapkan untuk menonjolkan fitur tertentu atau mereduksi gangguan pada citra, sementara smoothing digunakan untuk meratakan intensitas dan mengurangi detail yang tidak diperlukan (Wiharja & Harjoko, 2014), (Firzanah et al., 2024). Citra juga dapat dianalisis berdasarkan histogram, yaitu distribusi frekuensi nilai intensitas yang menggambarkan karakteristik kecerahan

suatu gambar. Histogram sering dimanfaatkan dalam proses segmentasi dan thresholding (Sezgin & Sankur, 2004), (Pamungkas, 2017).

Citra digital sering terpengaruh oleh noise, seperti noise sensor atau pencahayaan tidak merata. Untuk mengatasi hal tersebut diterapkan teknik peredaman noise, salah satunya adalah Gaussian filter, yang bekerja dengan memberikan pembobotan berbasis distribusi Gaussian sehingga menghasilkan citra yang lebih halus tanpa menghilangkan struktur penting (Wiharja & Harjoko, 2014). Tahap-tahap ini menjadi dasar penting dalam penelitian yang menggunakan metode thresholding, termasuk Otsu thresholding yang banyak diterapkan dalam segmentasi citra (Sezgin & Sankur, 2004; Tri Utami, 2017).

Segmentasi Citra (Image Segmentation)



Gambar 2. Contoh Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan proses membagi citra menjadi beberapa bagian yang memiliki kemiripan karakteristik, seperti intensitas, warna, atau tekstur, sehingga area yang berkepentingan dapat dianalisis secara lebih spesifik (Pamungkas, 2017; Wiharja & Harjoko, 2014). Dalam analisis citra dermatologi, segmentasi berperan penting untuk membedakan antara area kulit normal dan area kelainan,

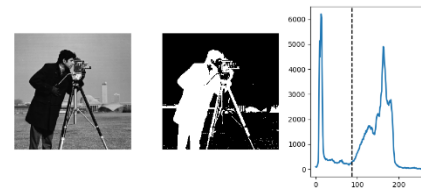
sehingga tahap analisis berikutnya—seperti ekstraksi fitur dan klasifikasi—dapat dilakukan dengan lebih akurat (George et al., 2016; Li et al., 2020).

Salah satu pendekatan segmentasi yang paling umum adalah thresholding, yaitu teknik pemisahan piksel berdasarkan nilai intensitas tertentu. Thresholding dapat dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu thresholding global dan thresholding lokal. Thresholding global menggunakan satu nilai ambang yang diterapkan pada seluruh citra dan sangat efektif jika citra memiliki pencahayaan yang seragam (Sezgin & Sankur, 2004). Sebaliknya, thresholding lokal atau adaptif menggunakan nilai ambang yang berbeda pada tiap wilayah citra, sehingga lebih mampu mengatasi variasi pencahayaan, bayangan, atau noise yang sering muncul pada citra kulit (Firzanah et al., 2024).

Dalam praktiknya, penentuan nilai threshold dapat dilakukan secara manual maupun otomatis. Penentuan manual cenderung kurang konsisten karena bergantung pada subjektivitas pengamat dan kondisi citra yang berbeda-beda. Sementara itu, metode thresholding otomatis secara matematis menghitung nilai ambang berdasarkan distribusi piksel, sehingga hasilnya lebih stabil, reproducible, dan tidak dipengaruhi faktor subjektif (Pamungkas, 2017; Sezgin & Sankur, 2004).

Salah satu metode thresholding otomatis yang paling banyak digunakan adalah metode Otsu, yang bekerja dengan menentukan nilai ambang optimal melalui analisis histogram untuk memaksimalkan separasi antara piksel terang dan gelap (Sezgin & Sankur, 2004; Tri Utami, 2017).

Metode Otsu Thresholding



Gambar 3. Contoh Otsu Thresholding

Metode Otsu adalah teknik thresholding otomatis yang digunakan untuk memisahkan objek dan background pada citra berdasarkan intensitas piksel. Metode ini bekerja dengan mencari nilai ambang (threshold) yang paling optimal tanpa perlu penentuan manual. Prinsip dasarnya adalah memilih threshold yang menghasilkan pemisahan dua kelas piksel yang paling homogen (Tri Utami, 2017).

Otsu mengevaluasi seluruh kemungkinan nilai threshold (0–255) dan menghitung intra-class variance, yaitu tingkat penyebaran intensitas dalam masing-masing kelas:

- Kelas 1: piksel dengan intensitas $< T$ (background)
- Kelas 2: piksel dengan intensitas $\geq T$ (foreground / objek)

Nilai T terbaik adalah nilai yang meminimalkan variansi intra-class, dirumuskan sebagai:

$$\sigma_w^2(t) = q_1(t)\sigma_1^2(t) + q_2(t)\sigma_2^2(t)$$

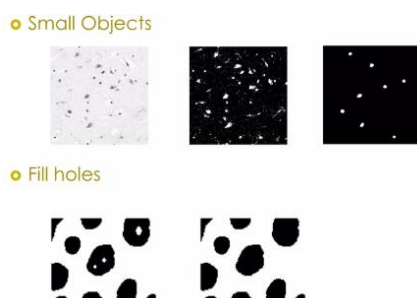
Gambar 4. Rumus Variasi Kelas Otsu Threshold

Semakin kecil variansi ini berarti masing-masing kelas semakin homogen, sehingga pemisahan antara objek dan background semakin jelas.

Dalam konteks citra kulit, metode Otsu memanfaatkan perbedaan intensitas antara area kulit normal dan area kelainan. Karena biasanya kedua area tersebut menghasilkan

puncak intensitas yang berbeda pada histogram (bimodal), Otsu dapat menentukan ambang pemisahan secara otomatis untuk mendeteksi area yang lebih gelap atau lebih terang dibandingkan kulit sekitar.

Morfologi Citra (Image Morphology)



Gambar 5. Contoh Morfologi Citra

Morfologi citra merupakan serangkaian operasi yang memanfaatkan bentuk dan struktur piksel untuk memperbaiki hasil segmentasi. Operasi morfologi bekerja menggunakan structuring element (SE) untuk memodifikasi bentuk objek pada citra biner. Tujuan utamanya adalah menghilangkan noise, memperbaiki bentuk objek, serta mengekstraksi bagian tertentu dari citra.

1. Operasi Dasar: Erosi, Dilasi, Opening, dan Closing

- **Erosi (Erosion)**
 Mengurangi ukuran objek dengan menghapus piksel-piksel pada tepi. Digunakan untuk menghilangkan noise kecil atau memisahkan objek yang saling menempel.
- **Dilasi (Dilation)**
 Menambah ukuran objek dengan menambahkan piksel pada tepi. Berguna untuk menutup celah kecil atau memperkuat area objek.

- **Opening**
 Kombinasi erosi diikuti dilasi. Fungsinya untuk menghilangkan objek kecil (noise) tanpa mengubah bentuk utama objek yang lebih besar.
- **Closing**
 Kombinasi dilasi diikuti erosi. Digunakan untuk menutup lubang kecil dan menyatukan bagian objek yang terputus.

2. Hole Filling (Pengisian Lubang)

Operasi ini digunakan untuk mengisi area kosong di dalam objek tertutup. Dalam konteks analisis citra kulit, hole filling membantu menghasilkan segmentasi yang lebih solid dan menghilangkan “lubang” yang tidak diinginkan pada area kelainan. Pada MATLAB, fungsi `imfill` menjalankan proses ini secara otomatis.

3. Noise Removal (Penghapusan Objek Kecil)

Beberapa area noise berukuran kecil dapat muncul akibat proses thresholding. Fungsi `bwareaopen` digunakan untuk menghapus objek-objek kecil di bawah ukuran tertentu, sehingga hanya area kelainan signifikan yang dipertahankan.

4. Boundary Extraction (Ekstraksi Batas)

Untuk menampilkan garis tepi objek, digunakan operasi boundary extraction. Fungsi `bwperim` mengekstraksi piksel perimeter (batas luar) dari area objek sehingga kontur kelainan dapat terlihat dengan jelas (Tivusi, 2022).

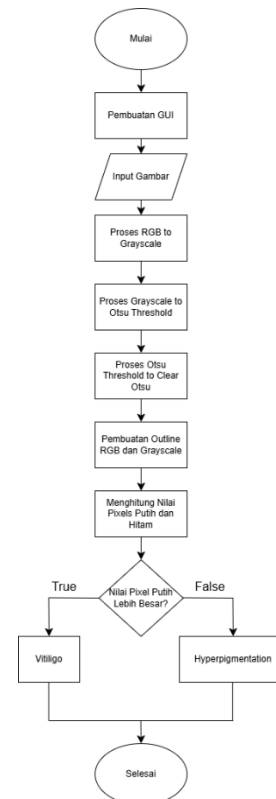
Pigmentasi Kulit dan Kelainannya (Vitiligo & Hiperpigmentasi)

Pigmentasi kulit ditentukan oleh jumlah dan distribusi melanin, yaitu pigmen

yang diproduksi oleh sel melanosit pada lapisan epidermis dan berfungsi memberikan warna serta melindungi kulit dari radiasi ultraviolet. Ketidakseimbangan produksi melanin memicu terjadinya kelainan pigmentasi, dua di antaranya adalah vitiligo dan hiperpigmentasi. Vitiligo muncul akibat hilangnya atau menurunnya aktivitas melanosit, sehingga menghasilkan area kulit yang tampak lebih terang dibandingkan kulit normal. Sebaliknya, hiperpigmentasi terjadi ketika melanin diproduksi secara berlebihan sehingga menimbulkan bercak kulit yang tampak lebih gelap. Perbedaan kontras intensitas antara kulit normal dengan area terang (vitiligo) atau area gelap (hiperpigmentasi) membuat kedua kondisi ini dapat dianalisis secara efektif melalui pengolahan citra, khususnya dengan pendekatan berbasis intensitas seperti thresholding dan segmentasi (Nautiyal & Wairkar, 2021; Nurzaini, 2024).

METODOLOGI

Metode penelitian ini menjelaskan tahapan yang digunakan dalam proses deteksi kelainan pigmentasi kulit menggunakan pendekatan pengolahan citra digital. Proses dilakukan secara berurutan mulai dari pengambilan data, pra-pemrosesan, segmentasi menggunakan metode Otsu, morfologi citra, hingga klasifikasi berdasarkan perbandingan jumlah piksel.



Gambar 6. Diagram Alir Metode Penelitian

Penyusunan Dataset

Data citra yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 30 citra kulit yang menunjukkan variasi kelainan pigmentasi, baik vitiligo maupun hiperpigmentasi. Seluruh citra diperoleh melalui proses pencarian data sekunder dari sumber terbuka dermatologi, dokumentasi klinis, serta foto kulit yang memiliki variasi perbedaan pigmen. Pemilihan 15 citra dilakukan dengan mempertimbangkan perbedaan intensitas warna, ukuran lesi, bentuk, serta kondisi pencahayaan untuk memastikan sistem diuji pada variasi kondisi yang representatif.

Pembuatan GUI (Graphical User Interface)

Tahap pembuatan GUI merupakan langkah awal dalam sistem deteksi kelainan pigmentasi kulit yang dikembangkan. GUI dibuat menggunakan MATLAB App Designer / GUIDE, dan berfungsi sebagai antarmuka interaktif yang memudahkan pengguna untuk melakukan seluruh proses analisis tanpa harus menjalankan perintah secara manual.

GUI ini menyediakan beberapa komponen utama, antara lain tombol untuk memilih citra, melakukan cropping, menjalankan proses analisis, serta beberapa panel tampilan untuk menunjukkan hasil seperti citra RGB, grayscale, hasil segmentasi Otsu, citra biner yang telah dibersihkan, overlay outline, dan hasil klasifikasi.

Pra-pemrosesan Citra

Setelah citra di-crop oleh pengguna, sistem melakukan tahap pra-pemrosesan untuk meningkatkan kualitas citra sebelum masuk ke proses segmentasi. Tahap pra-pemrosesan ini memastikan bahwa perbedaan intensitas antara kulit normal dan area kelainan dapat terdeteksi dengan lebih jelas oleh metode Otsu. Selain itu, tahapan ini juga penting untuk menyamakan karakteristik citra mengingat dataset berasal dari berbagai sumber, pencahayaan, dan kondisi fotografi.

1. Konversi Grayscale

Tahap pertama adalah mengonversi citra RGB menjadi citra grayscale. Konversi ini dilakukan dengan menggunakan rata-rata terhitung dari komponen merah (R), hijau (G), dan biru (B). Format grayscale dipilih sebagai dasar analisis karena:

- Metode Otsu bekerja berdasarkan distribusi nilai intensitas tunggal, bukan tiga kanal seperti RGB.
- Citra grayscale menyederhanakan proses segmentasi.
- Mengurangi beban komputasi karena hanya satu kanal diproses.
- Citra hasil konversi grayscale kemudian menjadi masukan utama bagi proses thresholding.

2. Smoothing / Noise Reduction

Setelah grayscale, citra diproses menggunakan Gaussian Filter. Filter ini berfungsi mengurangi noise acak seperti bintik kecil atau tekstur kulit halus yang dapat mengganggu proses segmentasi. Alasan penggunaan Gaussian Filter:

- Baik untuk meratakan intensitas tanpa menghilangkan struktur besar.
- Mengurangi efek shadow halus pada permukaan kulit.
- Membuat histogram grayscale lebih stabil sehingga nilai threshold Otsu lebih konsisten.
- Menghindari kesalahan segmentasi akibat bintik gelap atau terang yang bukan bagian dari kelainan kulit.
- Pengurangan noise sangat penting untuk dataset yang diambil secara manual karena kualitas foto dapat bervariasi antar-citra.

3. Segmentasi Citra Menggunakan Metode Otsu

Segmentasi merupakan tahap penting untuk memisahkan area kulit normal dan area kelainan berdasarkan perbedaan intensitas piksel. Pada penelitian ini, digunakan metode Otsu Thresholding, yaitu metode penentuan ambang otomatis yang bekerja dengan membagi

histogram citra menjadi dua kelas optimal: piksel gelap dan piksel terang. Metode ini sangat sesuai untuk mendeteksi kelainan pigmentasi seperti vitiligo (lebih terang) dan hiperpigmentasi (lebih gelap).

4. Ekstraksi Boundary dan Perbaikan Masking

Setelah proses segmentasi menghasilkan citra biner yang memisahkan area kulit normal dan area lesi pigmentasi, tahap berikutnya adalah melakukan ekstraksi boundary serta perbaikan struktur objek. Tahap ini bertujuan memastikan bahwa bentuk lesi yang terdeteksi benar-benar akurat, tidak terputus, dan bebas dari cacat segmentasi.

a. Ekstraksi Boundary (bwperim)

Boundary atau garis tepi dari objek lesi diekstraksi menggunakan fungsi `bwperim`, yang bekerja dengan membandingkan setiap piksel objek dengan piksel tetangganya. Jika piksel tersebut berada pada perbatasan antara area objek dan latar belakang, ia ditandai sebagai bagian dari boundary. Hasil dari langkah ini penting untuk:

- Menampilkan bentuk lesi secara jelas,
- Mengidentifikasi kontur lesi untuk analisis lanjutan,
- Menjadi dasar visualisasi yang menunjukkan area hasil segmentasi kepada pengguna.
- Boundary yang jelas membantu proses validasi apakah segmentasi sudah sesuai atau perlu diperbaiki.

b. Perbaikan Masking Menggunakan Morfologi

Walaupun thresholding Otsu menghasilkan pemisahan objek yang cukup baik, sering kali terdapat area berlubang, celah kecil, atau bagian yang terputus. Oleh karena itu dilakukan beberapa operasi morfologi:

c. Hole Filling (`imfill`)

Digunakan untuk mengisi lubang-lubang kecil di dalam objek akibat variasi warna kulit. Fungsi ini memastikan bahwa area lesi terisi penuh tanpa adanya titik kosong yang bukan bagian dari struktur asli.

d. Closing (dilation → erosion)

Digunakan untuk menutup celah kecil di tepi objek dan menghaluskan bentuk objek. Operasi ini membuat mask lebih solid dan konsisten.

e. Removing Small Objects (`bwareaopen`)

Menghapus noise kecil berupa bintik-bintik yang tidak termasuk dalam area lesi. Hal ini penting untuk mencegah area yang bukan kelainan teranalisis sebagai lesi.

Implementasi morfologi ini memastikan hasil segmentasi memiliki bentuk yang:

- Lebih halus,
- Tidak terpecah,
- Konsisten dengan struktur lesi sebenarnya.

f. Visualisasi Hasil Perbaikan

Setelah boundary diekstraksi dan mask diperbaiki, hasil akhir ditampilkan pada GUI. Pengguna dapat melihat garis tepi lesi pada citra RGB asli, sehingga memudahkan memahami batas area kelainan yang berhasil terdeteksi.

g. Perhitungan Piksel pada Citra Hasil Segmentasi

Tahap ini merupakan proses penting untuk menentukan jenis kelainan pigmentasi berdasarkan hasil segmentasi citra menggunakan metode Otsu. Setelah citra melalui tahap pra-pemrosesan dan segmentasi, diperoleh citra biner (binary image) yang hanya memiliki dua nilai piksel, yaitu 0 (hitam) dan 1 (putih). Setiap nilai piksel mewakili area dengan intensitas berbeda pada citra kulit.

Pada penelitian ini, perhitungan dilakukan dengan menjumlahkan jumlah piksel putih dan piksel hitam pada citra biner hasil segmentasi yang telah dibersihkan (menggunakan bwareaopen dan imfill).

Metode perhitungan tersebut dilakukan sebagai berikut:

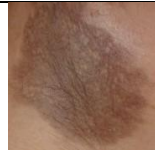
- **Piksel Putih (value = 1)**
Mewakili area yang lebih cerah pada kulit. Nilai ini cenderung dominan pada kondisi vitiligo, di mana terjadi kehilangan melanin sehingga lesi tampak lebih terang.
- **Piksel Hitam (value = 0)**
Mewakili area yang lebih gelap pada kulit. Nilai ini lebih dominan pada kondisi hiperpigmentasi, di mana terjadi peningkatan melanin sehingga area tampak lebih gelap.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil yang diperoleh dari implementasi sistem deteksi kelainan pigmentasi kulit menggunakan metode Otsu Thresholding dan analisis jumlah piksel pada citra biner. Seluruh pengujian dilakukan menggunakan

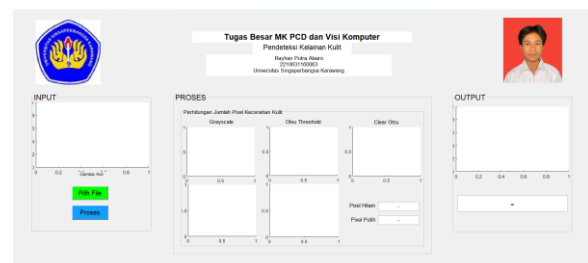
kumpulan data citra kulit sebanyak 30 data uji yang terdiri dari 15 citra vitiligo dan 15 citra hiperpigmentasi, yang diolah melalui GUI MATLAB yang telah dikembangkan.

Tabel 1. Datasheet Kelainan Kulit

Tipe Kelainan	Gambar	Jumlah
Vitiligo		15
Hyperpigmentation		15

A. Tampilan GUI

Sistem yang dibuat menampilkan beberapa area visual, yaitu citra asli, citra grayscale, hasil segmentasi Otsu, hasil biner yang sudah dibersihkan (clear Otsu), serta overlay boundary pada citra RGB dan grayscale. Dengan tampilan ini, pengguna dapat melihat secara langsung perubahan citra pada setiap tahap pemrosesan.



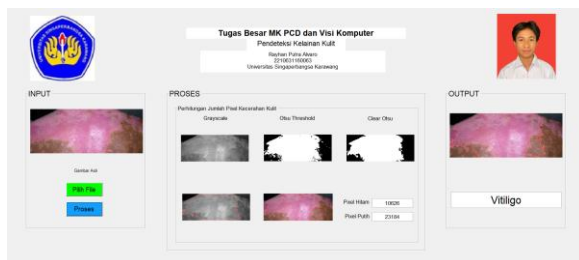
Gambar 7. Hasil Tampilan GUI Matlab

Saat gambar dimasukkan melalui tombol *Pilih File*, GUI menampilkan citra asli pada panel pertama. Saat di klik Proses, panel-panel berikutnya menampilkan tahapan

proses sesuai urutan: grayscale → biner Otsu → biner bersih → overlay outline → hasil klasifikasi. Tampilan hasil GUI ini menunjukkan bahwa sistem bekerja secara interaktif dan mudah digunakan.

B. Pengujian Kelainan Vitiligo

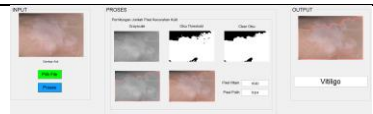
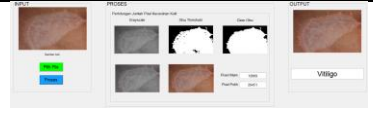
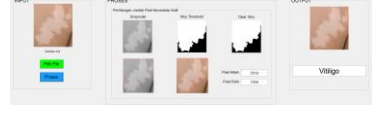
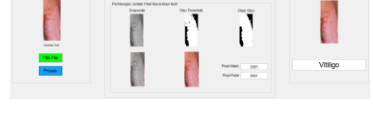
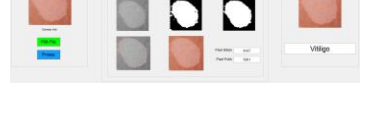
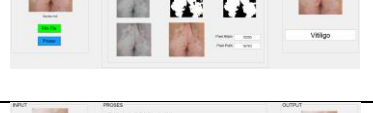
Pengujian dilakukan pada 15 citra vitiligo yang telah melalui tahapan pra-pemrosesan, segmentasi Otsu, morfologi, dan perhitungan piksel. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi area kehilangan pigmen (depigmentasi) yang merupakan ciri khas vitiligo, serta memastikan bahwa hasil segmentasi menghasilkan dominasi piksel putih sebagaimana karakteristik citra lesi vitiligo yang memiliki intensitas lebih terang dibandingkan kulit normalnya.

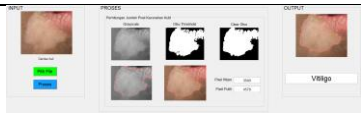


Gambar 8. Hasil Contoh Pengujian Kelainan Vitiligo

Tabel 2. Hasil Pengujian Keseluruhan Datasheet Vitiligo

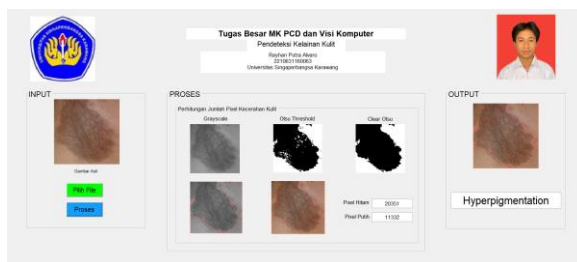
No	Gambar	Status
1		Berhasil
2		Berhasil

3		Berhasil
4		Berhasil
5		Berhasil
6		Berhasil
7		Berhasil
8		Berhasil
9		Berhasil
10		Berhasil
11		Berhasil
12		Berhasil
13		Berhasil

14		Berhasil
15		Berhasil

C. Pengujian *Kelainan Hyperpigmentation*

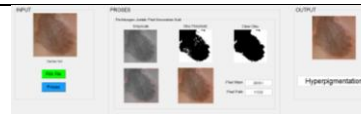
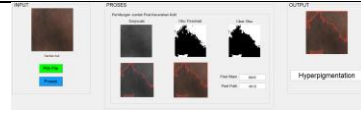
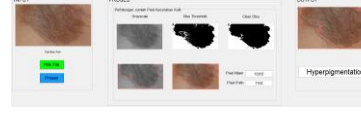
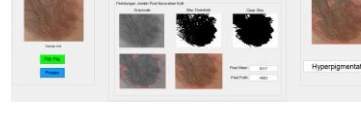
Pengujian terhadap citra dengan kelainan hyperpigmentation dilakukan menggunakan 15 dataset yang telah dipersiapkan pada tahap sebelumnya. Setiap citra melalui urutan proses yang sama, yaitu input gambar, cropping area lesi, pra-pemrosesan (grayscale dan Gaussian smoothing), segmentasi Otsu, hingga perhitungan jumlah piksel pada area gelap yang diidentifikasi sebagai hyperpigmented. Berdasarkan karakteristik visualnya, hyperpigmentation ditandai oleh area kulit yang memiliki intensitas lebih gelap dibandingkan kulit normal.

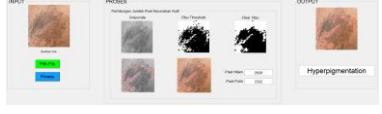
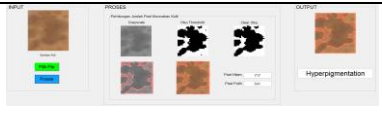
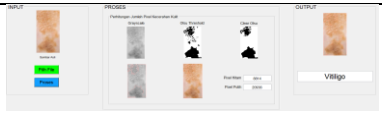


Gambar 9. Hasil Contoh Pengujian Kelainan Hyperpigmentation

Tabel 3. Hasil Pengujian Keseluruhan Datasheet Hyperpigmentation

No	Gambar	Status
----	--------	--------

1		Berhasil
2		Berhasil
3		Berhasil
4		Berhasil
5		Berhasil
6		Berhasil
7		Gagal
8		Berhasil
9		Berhasil
10		Gagal
11		Berhasil

12		Berhasil
13		Berhasil
14		Gagal
15		Berhasil

D. Analisis Hasil Tingkat Keberhasilan

Setelah dilakukan pengujian terhadap dua jenis kelainan kulit, yaitu vitiligo dan hyperpigmentation, diperoleh data tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan segmentasi dan identifikasi berdasarkan analisis jumlah piksel citra biner. Pengujian dilakukan terhadap total 30 data uji, masing-masing 15 citra vitiligo dan 15 citra hyperpigmentation.

Tabel 4. Hasil Persentase Pengujian

Kelainan	Berhasil	Gagal	Persentase
Vitiligo	15	0	100%
Hyperpigmentation	12	3	80%

Pada kelompok citra vitiligo, seluruh data menunjukkan hasil yang konsisten dengan karakteristik depigmentasi. Segmentasi menghasilkan area terang yang jelas sehingga klasifikasi dapat dilakukan dengan akurat. Dengan demikian, tingkat

keberhasilan sistem dalam mendeteksi vitiligo mencapai 100%, ditunjukkan oleh 15 dari 15 citra yang teridentifikasi dengan benar.

Pada kelompok hyperpigmentation, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mendeteksi area hiperpigmentasi pada sebagian besar data uji. Namun, terdapat beberapa citra yang memberikan hasil kurang akurat akibat faktor pencahayaan tidak merata, tekstur kulit yang kompleks, atau noise pada permukaan kulit yang mengganggu penentuan threshold. Dari 15 citra, sebanyak 12 citra terdeteksi dengan benar, sedangkan 3 citra tidak memenuhi kriteria segmentasi yang sesuai. Dengan demikian, tingkat keberhasilan untuk kelompok hyperpigmentation mencapai 80%.

Berdasarkan kedua hasil tersebut, tingkat akurasi keseluruhan sistem dalam mendeteksi kelainan pigmentasi kulit menggunakan metode Otsu Thresholding adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Persentase Keberhasilan Keseluruhan

Jumlah Datasheet	Berhasil	Gagal	Persentase
30	27	3	90%

Hasil ini menunjukkan bahwa metode Otsu Thresholding dikombinasikan dengan analisis jumlah piksel mampu memberikan performa yang cukup baik, terutama pada citra dengan kontras yang jelas antara area kelainan kulit dan kulit normal. Sistem bekerja optimal pada vitiligo yang memiliki perbedaan intensitas cukup tajam, namun pada hyperpigmentation akurasi sedikit menurun karena variasi warna lesi yang lebih kompleks.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah sistem deteksi kelainan pigmentasi kulit berbasis pengolahan citra digital yang menggunakan metode Otsu Thresholding dan analisis jumlah piksel untuk membedakan antara vitiligo dan hyperpigmentation. Melalui tampilan GUI MATLAB, proses input citra, cropping, pra-pemrosesan, segmentasi, hingga klasifikasi dapat dilakukan dengan mudah dan terstruktur sehingga memberikan pengalaman penggunaan yang intuitif. Berdasarkan hasil pengujian terhadap 30 citra, sistem menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dengan akurasi 100% pada citra vitiligo. Tingginya akurasi pada vitiligo disebabkan oleh karakteristik lesi vitiligo yang memiliki intensitas jauh lebih terang dibandingkan kulit normal, sehingga proses segmentasi Otsu dapat memisahkan area lesi dan non-lesi dengan sangat jelas melalui perbedaan dominan pada jumlah piksel putih.

Sebaliknya, pengujian pada 15 citra hyperpigmentation menunjukkan akurasi 80%, di mana beberapa citra gagal teridentifikasi dengan benar. Kegagalan ini terutama disebabkan oleh karakteristik hyperpigmentation yang lebih kompleks dibandingkan vitiligo. Pada banyak citra, area hiperpigmentasi tidak memiliki perbedaan intensitas yang tegas terhadap kulit normal, sehingga histogram citra tidak menunjukkan pemisahan yang jelas untuk thresholding otomatis. Selain itu, ketidakteraturan tekstur kulit, variasi ukuran lesi, pencahayaan yang tidak merata, dan adanya bayangan menyebabkan piksel gelap tidak selalu merepresentasikan area hiperpigmentasi. Kondisi ini membuat metode Otsu kurang optimal dalam menentukan ambang pemisahan sehingga

jumlah piksel hitam tidak selalu dominan sebagaimana yang diharapkan untuk citra hiperpigmentasi.

Secara keseluruhan, sistem mampu mencapai akurasi total 90% dalam mendeteksi dua jenis kelainan pigmentasi berdasarkan analisis piksel, yang menunjukkan bahwa metode ini cukup efektif sebagai deteksi awal. Namun demikian, hasil pengujian juga menunjukkan bahwa citra hyperpigmentation memerlukan pendekatan yang lebih adaptif terhadap variasi intensitas dan kondisi pencahayaan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan penggunaan metode yang lebih baik agar performa deteksi pada citra hyperpigmentation dapat meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Berndt, R.-D., Takenga, C., Preik, P., Siripurapu, T., Fuchsluger, T., Lutter, C., Arnold, A., & Lutze, S. (2025). AUTOMATIC ESTIMATION OF REGION OF INTEREST AREA IN DERMATOLOGICAL IMAGES USING DEEP LEARNING AND PIXEL-BASED METHODS: A CASE STUDY ON WOUND AREA ASSESSMENT. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 16(4), 01–19.
<https://doi.org/10.5121/ijai.2025.16401>
- Firzanah, R. S., Anugrani, Z., Al Khalil, I., Al Ayyubi, T., Makassar, N., Raya, J. M., Tambung, P., Tamalate, K., Makassar, K., & Selatan, S. (2024). *Implementasi Metode Thresholding untuk Segmentasi Citra Digital Kupu-Kupu dalam Lingkungan Pengembangan Visual Studio Code*. 6(1).

- Frisoli, M. L., Essien, K., & Harris, J. E. (2020). *Annual Review of Immunology Vitiligo: Mechanisms of Pathogenesis and Treatment* (p. 621). <https://doi.org/10.1146/annurev-immunol-100919>
- George, Y., Aldeen, M., & Garnavi, R. (2016). Pixel-based skin segmentation in psoriasis images. *2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 1352–1356. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7590958>
- Li, L.-F., Wang, X., Hu, W.-J., Xiong, N. N., Du, Y.-X., & Li, B.-S. (2020). Deep Learning in Skin Disease Image Recognition: A Review. *IEEE Access*, 8, 208264–208280. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3037258>
- Nautiyal, A., & Wairkar, S. (2021). Management of hyperpigmentation: Current treatments and emerging therapies. In *Pigment Cell and Melanoma Research* (Vol. 34, Number 6, pp. 1000–1014). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/pcmr.12986>
- Nurzaini, M. (2024, March 25). *Pigmentasi, Kenali Gangguan yang Bisa terjadi dan Penanganannya*. www.alodokter.com. <https://www.alodokter.com/pigmentasi-kenali-gangguan-yang-bisa-terjadi-dan-penanganannya>
- Pamungkas, A. (2017, April 8). *Segmentasi Citra dengan Metode Thresholding*. [Pemrogramanmatlab.Com](http://pemrogramanmatlab.com). <https://pemrogramanmatlab.com/2017/04/08/segmentasi-citra-dengan-metode-thresholding/>
- Sezgin, M., & Sankur, B. (2004). Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation. *Journal of Electronic Imaging*, 13(1), 146 – 165. <https://doi.org/10.1117/1.1631315>
- Tivusi. (2022, November 29). *Pengertian dan Jenis-Jenis Operasi Morfologi pada Citra*. www.Trivusi.Web.Id. <https://www.trivusi.web.id/2022/10/operasi-morfologi.html>
- Tri Utami, A. (2017). *IMPLEMENTASI METODE OTSU THRESHOLDING UNTUK SEGMENTASI CITRA DAUN*.
- Wiharja, Y. P., & Harjoko, A. (2014). Pemrosesan Citra Digital untuk Klasifikasi Mutu Buah Pisang Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan. *IJEIS*, 4(1), 57–68.