

# SiCitra: Aplikasi Berbasis Web untuk Pemrosesan Citra Digital Menggunakan OpenCV

Lutfi Riani<sup>1</sup>, Afnan Zahra<sup>2</sup>, Fadly Kurniawan<sup>3</sup>, Ihsan Lana Valenza<sup>4</sup>, Fadhlan Zaki Darmansah<sup>5</sup>, Gema Parasti Mindara<sup>6</sup>, Endang Purnama Giri<sup>7</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>*Jurusan Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, Fakultas Sekolah Vokasi, IPB University Kampus Bogor, Jl. Raya Pajajaran, Kota Bogor, Jawa Barat*

E-mail : lutfiriani@apps.ipb.ac.id<sup>1</sup>, afnanzahra@apps.ipb.ac.id<sup>2</sup>, dlyyfadly@apps.ipb.ac.id<sup>3</sup>, ihsanlanavalenza@apps.ipb.ac.id<sup>4</sup>, fadhlan\_zaki@apps.ipb.ac.id<sup>5</sup>, gemaparasti@gmail.com<sup>6</sup>, epgthebest@gmail.com<sup>7</sup>

*Abstract—This study discusses the design of SiCitra, a web-based application for digital image processing using the OpenCV library and waterfall method. The application provides image manipulation features such as color filtering, edge detection, image processing, rotation and flipping, emboss effects, brightness and contrast adjustment, text overlay, and color analysis through an intuitive interface. Testing demonstrated optimal performance, making it a practical solution for multimedia, education, and research needs without requiring additional software installation.*

*Abstrak—Penelitian ini membahas perancangan SiCitra, aplikasi berbasis website untuk pemrosesan citra digital menggunakan pustaka OpenCV dan metode waterfall. Aplikasi ini menyediakan fitur manipulasi citra seperti seperti filter warna, deteksi tepi, image processing, rotasi & flip, emboss effect, brightness & contrast, Text Overlay hingga analisis warna melalui antarmuka intuitif. Pengujian menunjukkan kinerja optimal, menjadikannya solusi praktis untuk kebutuhan multimedia, pendidikan, dan penelitian tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak tambahan.*

**Kata Kunci—** Pemrosesan Citra, Website, OpenCV, Metode Waterfall, Pengujian Black Box.

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong semakin luasnya pemanfaatan citra digital sebagai elemen utama dalam berbagai aplikasi multimedia. Penggunaan ini mencakup sektor kesehatan, pendidikan, hingga industri dan bisnis. Sebagai bagian dari multimedia, citra digital atau gambar memiliki peran krusial dalam menyampaikan informasi secara visual [1]. Informasi yang terkandung dalam citra dapat dipahami dengan cara yang berbeda oleh setiap individu. Hal ini menunjukkan bahwa makna dari sebuah citra bersifat subjektif, bergantung pada tujuan dan kebutuhan masing-masing orang. Namun terkadang citra juga mengalami penurunan kualitas yang menjadi penyebab gambar yang dihasilkan memiliki kualitas yang buruk [2]. Faktor-faktor seperti noise, resolusi rendah, atau kesalahan pencahayaan dapat menurunkan kualitas citra, yang berdampak pada kemampuan citra tersebut untuk menyampaikan informasi yang akurat dan jelas. Maka untuk memberikan solusi pada masalah tersebut diperlukan teknologi untuk identifikasi pola, pengenalan objek, dan mempermudah interpretasi visual bagi penggunaannya.

Dengan perkembangan teknologi web dan ketersediaan pustaka pemrosesan citra digital seperti *Open Source Computer Vision Library* (OpenCV), muncul peluang untuk mengembangkan aplikasi berbasis web yang mampu

menjalankan berbagai operasi pemrosesan citra digital. OpenCV adalah pustaka sumber terbuka yang dirancang khusus untuk mendukung berbagai operasi pemrosesan citra dan *computer vision*. Pustaka ini menyediakan beragam algoritma pemrosesan citra, termasuk, transformasi geometris, filtering, dan banyak lagi, yang telah dioptimalkan untuk kinerja yang efisien dan cepat. Dibandingkan pustaka lain seperti PIL atau SciPy di Python, OpenCV unggul dalam mendukung operasi real-time dan memiliki modul yang dioptimalkan untuk berbagai perangkat keras. Selain itu, OpenCV juga memiliki modul untuk deteksi objek menggunakan metode *computer vision* [3]. OpenCV juga mendukung integrasi dengan berbagai bahasa pemrograman. Didukung oleh kompatibilitas dengan berbagai bahasa pemrograman, termasuk Python, OpenCV telah menjadi salah satu pilihan utama dalam pengembangan aplikasi berbasis penglihatan komputer. Keunggulan OpenCV mencakup kemampuannya dalam memproses gambar dan video, mendeteksi objek, serta menyediakan beragam algoritma pengolahan citra yang efisien [4]. Selain itu OpenCV juga dapat beroperasi pada Linux, Windows, Android, iOS, dan lainnya [5]. Dalam penelitian ini, OpenCV dimanfaatkan untuk pengembangan aplikasi berbasis website untuk fitur pemrosesan citra tanpa memerlukan perangkat keras atau perangkat lunak tambahan.

Aplikasi ini dirancang sebagai solusi pemrosesan citra digital berbasis web yang memanfaatkan OpenCV untuk mendukung berbagai fungsi manipulasi gambar yang dapat diakses dari perangkat apa pun dengan koneksi internet. Dengan pendekatan ini, website dapat memberikan akses mudah bagi pengguna di berbagai kalangan, mulai dari pelajar yang sedang mempelajari dasar-dasar pemrosesan citra hingga profesional yang membutuhkan pemrosesan citra sebagai bagian dari pekerjaan mereka. Aplikasi berbasis website ini dapat menyediakan berbagai fitur pemrosesan citra digital, seperti filter warna, deteksi tepi, *image processing*, rotasi & flip, *emboss effect*, *brightness & contrast*, *Text Overlay* hingga analisis warna. Dengan kemudahan akses ini, pengguna dapat melakukan manipulasi citra langsung melalui antarmuka web.

Penelitian terdahulu dilakukan oleh Batubara tahun 2020, dengan judul “Perancangan Aplikasi Pengolahan Citra Digital Untuk Menentukan Bibit Unggul Biji Kopi dengan Metode Canny Edge Detection” dalam pengembangan sistem informasi yang dibangun hanya berfokus pada metode canny [6]. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Ari Kurniawan tahun 2020, dengan judul “Perancangan Perangkat Lunak Untuk Kebutuhan Manipulasi Sebuah Objek Citra Digital” dengan metode konvolusi dan metode perancangan RAD [7]. Sebagai kontribusi baru, penelitian ini merancang aplikasi berbasis web dengan menggunakan metode yang lebih komprehensif, termasuk Canny Edge Detection, metode konvolusi, transformasi warna dan geometris, serta efek khusus seperti emboss dan overlay teks melalui penggunaan OpenCV.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun aplikasi berbasis web dengan memanfaatkan OpenCV sebagai kerangka untuk pemrosesan citra digital. Pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan metode waterfall, yang mencakup tahapan perencanaan, analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, hingga pemeliharaan [8]. Melalui penelitian ini, diharapkan kontribusi yang diberikan tidak hanya mengisi kekosongan pada literatur tentang aplikasi web berbasis OpenCV tetapi juga memberikan dampak langsung pada kemudahan aksesibilitas dan pengayaan fitur bagi penggunaanya.

## II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

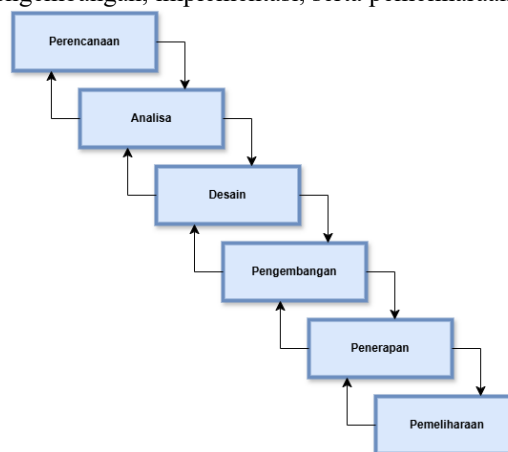
### A. Pengolahan Citra

Pengolahan citra atau image processing, adalah proses yang berfokus pada pengolahan dan analisis gambar dengan memanfaatkan persepsi visual [9]. Tujuan dari proses ini adalah meningkatkan kualitas citra agar dapat dipahami baik oleh manusia maupun oleh sistem komputer [10]. Pengolahan citra digital pada penelitian ini mencakup beberapa teknik dasar yang diterapkan melalui pustaka OpenCV untuk mencapai berbagai fungsi manipulasi dan analisis citra. Pengolahan citra dalam website ini meliputi beberapa operasi utama, yaitu:

- 1) Filter Warna: Menyaring dan mengubah warna citra untuk meningkatkan kualitas atau menyorot aspek-aspek spesifik pada gambar.
- 2) Deteksi Tepi: Menggunakan metode Canny Edge Detection dengan menggunakan filter konvolusi untuk mereduksi noise dan mengidentifikasi tepi pada gambar [11].
- 3) Transformasi Geometris: Melakukan operasi seperti rotasi dan pembalikan (flip) pada citra untuk mendukung fleksibilitas pengolahan gambar.
- 4) Penyesuaian Keceharan dan Kontras: Memodifikasi keceharan dan kontras citra untuk meningkatkan visibilitas dan ketajaman visual, terutama pada citra yang memiliki kualitas rendah.
- 5) Efek Emboss dan Overlay Teks: Menyediakan fitur tambahan untuk meningkatkan estetika atau memberikan informasi tambahan secara langsung pada citra melalui teks.

### B. Metode Waterfall

Penelitian ini menggunakan metode waterfall. Waterfall mempunyai kelebihan dalam mendapatkan hasil kerja sistem perangkat lunak yang baik karena melewati beberapa tahapan dalam pengembangan perangkat lunak [12]. Meliputi tahapan perencanaan, analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, serta pemeliharaan [13].



Gambar 1. Metode *Waterfall*

- 1) Perencanaan  
Tahap perencanaan ini untuk memahami kebutuhan pengguna. Kegiatan yang dilakukan meliputi penyusunan rencana proyek, anggaran, validasi, analisis risiko, pengaturan kualitas, penjadwalan pengembangan, manajemen konfigurasi, serta hal-hal terkait lainnya [14].
- 2) Analisa  
Tahap analisis berfungsi untuk memperoleh informasi, menyusun model, dan menentukan spesifikasi perangkat lunak yang diinginkan oleh klien atau pengguna. Data yang diperoleh dari klien atau pengguna ini akan digunakan sebagai acuan untuk tahap desain [14].
- 3) Desain  
Proses desain dikerjakan menggunakan aplikasi

Figma untuk pendesainan program perangkat lunak yang termasuk struktur data, arsitektur perangkat lunak, representasi antar muka dan pengkodean.

4) Pengembangan

Tahap pengembangan bertujuan untuk mengevaluasi persyaratan yang telah ditentukan pada tahap perencanaan, guna memastikan bahwa integrasi yang direncanakan sesuai dengan persyaratan yang telah diidentifikasi sebelumnya.

5) Penerapan

Tahap implementasi adalah proses penerapan yang berfokus pada pemrograman [15]. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Python, dengan dukungan pustaka OpenCV untuk pemrosesan citra serta framework Flask untuk pengembangan aplikasi berbasis web.

6) Pemeliharaan

Sebuah program mungkin mengalami perubahan setelah diserahkan kepada pengguna [16]. Perubahan dalam sistem dapat terjadi karena adanya kesalahan yang tidak terdeteksi saat pengujian atau karena perangkat lunak perlu menyesuaikan diri dengan lingkungan baru.

C. Pengujian Black Box

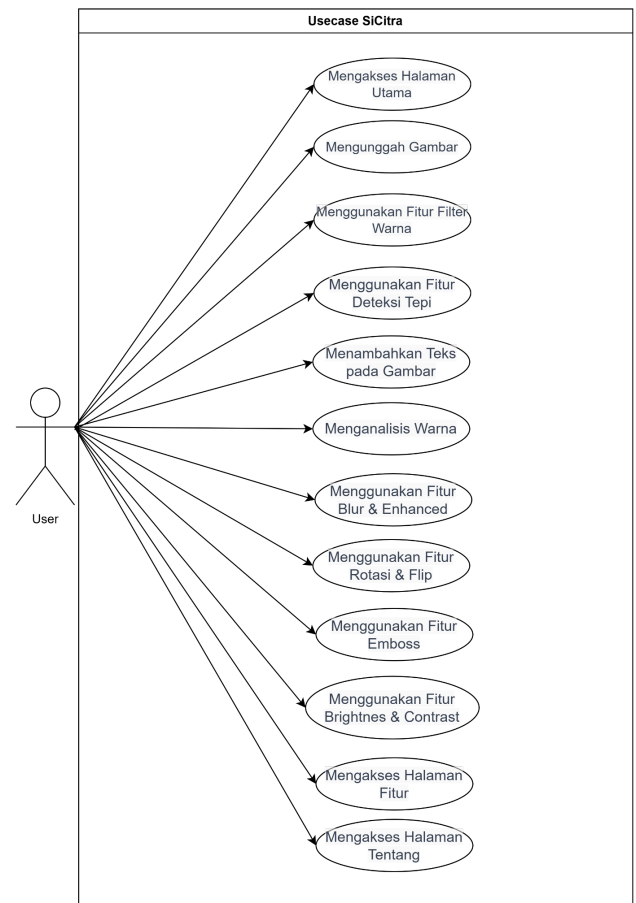
Pengujian sistem dilakukan untuk menilai apakah sistem yang telah dikembangkan sesuai dengan perencanaan dan dapat beroperasi sesuai dengan alur yang telah ditentukan sebelumnya [17]. Salah satu metode pengujian yang berfokus pada spesifikasi fungsi perangkat lunak dikenal sebagai *Black Box Testing* [18]. Pengujian ini digunakan untuk mengidentifikasi masalah sebagai berikut [19] : Fungsi yang tidak sesuai atau tidak tersedia

- 1) Kesalahan pada antarmuka
- 2) Masalah pada struktur data dan basis data
- 3) Gangguan pada fungsi
- 4) Kekeliruan dalam deklarasi dan terminasi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Use Case Diagram

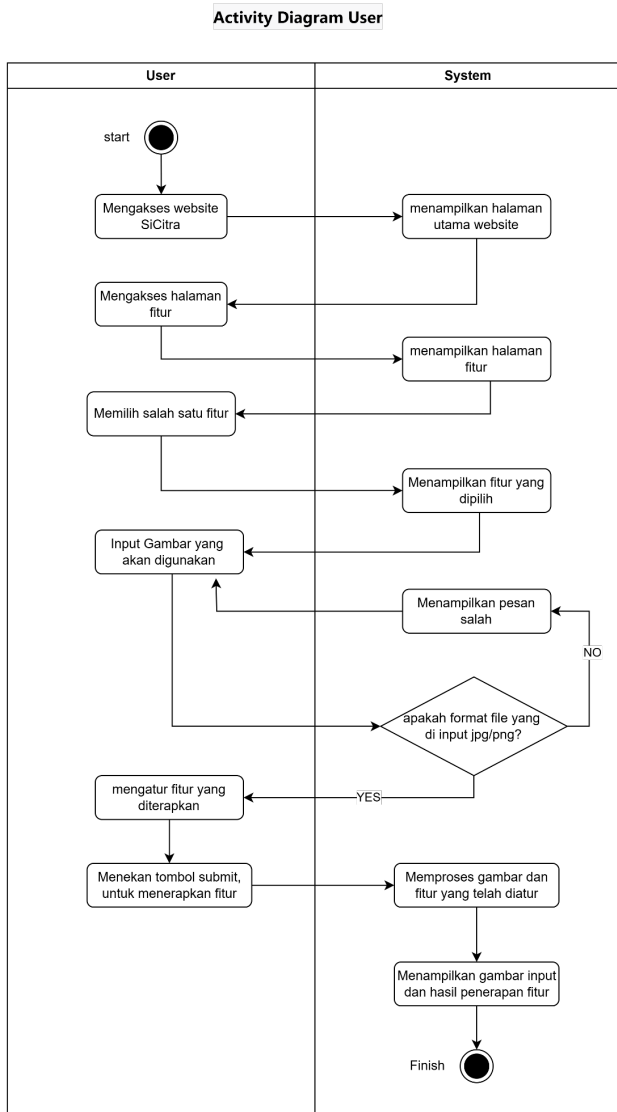
*Use Case Diagram* adalah model yang digunakan untuk menggambarkan perilaku sistem yang akan dikembangkan. Diagram ini menunjukkan interaksi antara satu atau lebih aktor dengan sistem. Fungsinya adalah untuk mengidentifikasi fitur-fitur yang tersedia dalam sistem serta menentukan siapa saja yang memiliki akses ke fitur tersebut. Secara sederhana, *use case* menggambarkan fungsi sistem dari perspektif pengguna [20]. Berikut adalah *Use Case Diagram* pada website SiCitra;



Gambar 2. Use Case Diagram

B. Activity Diagram

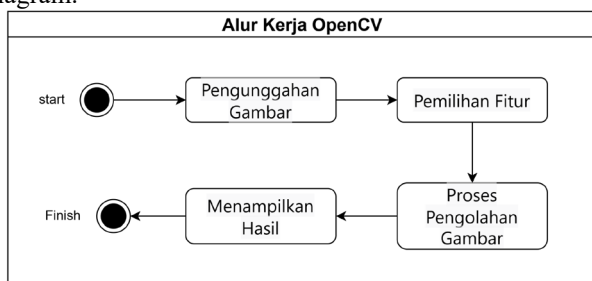
*Activity diagram* merupakan salah satu jenis diagram dalam pemodelan sistem yang digunakan untuk memvisualisasikan alur kerja atau urutan aktivitas dalam sebuah proses. *Activity diagram* adalah alat visual yang memungkinkan para pengembang perangkat lunak untuk menggambarkan urutan aktivitas dalam sistem dengan cara yang intuitif. Diagram ini menunjukkan bagaimana berbagai elemen dalam sistem berinteraksi dan bergerak satu sama lain [21]. Berikut adalah *Activity Diagram* pada website SiCitra;



Gambar 3. Activity Diagram User

C. Penerapan OpenCv

Open Source Computer Vision Library (OpenCV) merupakan pustaka open-source yang dirancang untuk mendukung pengolahan citra dan video secara real-time. Pada website SiCitra, OpenCV dimanfaatkan sebagai pustaka utama untuk menerapkan fitur-fitur pengolahan citra digital dalam aplikasi yang dikembangkan. Alur kerja penggunaan OpenCV telah divisualisasikan dalam bentuk diagram.



Gambar 4. Alur Kerja OpenCV

Diagram diatas menggambarkan alur kerja OpenCV mulai dari pengunggahan gambar hingga penyajian hasil kepada pengguna.

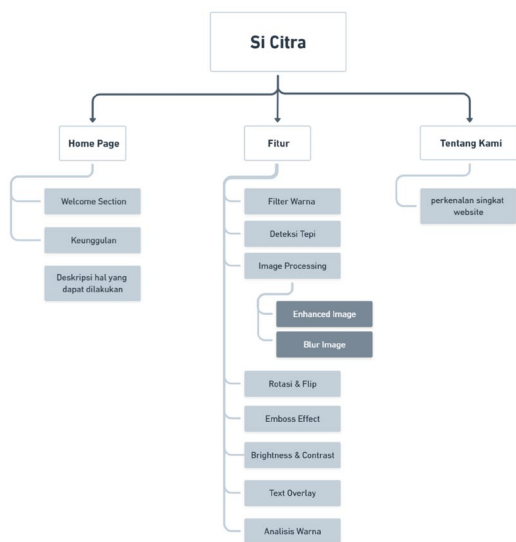
- 1) Pengunggahan gambar  
Gambar pertama-tama diunggah oleh pengguna melalui antarmuka aplikasi. Proses ini memanfaatkan fungsi OpenCV seperti 'cv2.imread()' untuk membaca dan memuat gambar ke dalam sistem. Tahap ini memastikan data gambar siap untuk diproses lebih lanjut.
- 2) Pemilihan fitur pengolahan citra  
Pengguna diberi pilihan untuk menerapkan berbagai fitur pengolahan citra, fitur yang dipilih oleh pengguna menerapkan fungsi-fungsi yang terdapat pada library OpenCV. seperti:
  - a. Filter Warna, mengubah ruang warna gambar (misalnya, BGR ke HSV) menggunakan 'cv2.cvtColor()'.
  - b. Deteksi Tepi, menerapkan algoritma Canny melalui 'cv2.Canny()' untuk mendeteksi batasan gambar.
  - c. Pengolahan Gambar (Image Processing), melibatkan fungsi seperti 'cv2.GaussianBlur()' untuk efek blur dan 'cv2.filter2D()' untuk penjernihan gambar.
  - d. Rotasi dan Flip, memanfaatkan fungsi 'cv2.rotate()' atau 'cv2.flip()' untuk memutar atau membalik gambar sesuai kebutuhan.
  - e. Efek Emboss, menggunakan kernel khusus untuk menghasilkan efek emboss dengan dimensi visual.
  - f. Penyesuaian *Brightness* dan *Contrast*, melakukan transformasi nilai piksel untuk meningkatkan kecerahan dan kontras.
  - g. Penambahan Teks (Text Overlay), menambahkan teks pada gambar menggunakan fungsi 'cv2.putText()' dengan pengaturan font dan warna.
  - h. Analisis Warna, menggunakan analisis histogram untuk menghitung distribusi warna dominan dalam gambar.
- 3) Proses pengolahan gambar  
Berdasarkan fitur yang dipilih, sistem akan memanggil fungsi-fungsi spesifik OpenCV yang didefinisikan pada setiap fitur untuk memproses gambar. Semua langkah pemrosesan dirancang untuk berjalan efisien dengan memanfaatkan algoritma bawaan OpenCV yang telah dioptimalkan.
- 4) Penyajian hasil  
Setelah pemrosesan selesai, gambar hasil modifikasi dikonversi ke format yang sesuai untuk ditampilkan di antarmuka aplikasi, seperti base64. Hasil akhir ditampilkan kepada pengguna, yang

dapat mengunduh gambar tersebut atau menerapkan fitur tambahan pada gambar yang sama.

Efisiensi OpenCV tercermin dengan jelas dalam proses ini, terutama dari segi performa dan skalabilitas. Fungsi-fungsi yang tersedia pada library OpenCV membantu website ini untuk pengolahan citra secara cepat dan andal, sehingga mampu mengurangi kebutuhan komputasi tanpa mengurangi kualitas yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan OpenCV tidak hanya menghasilkan gambar dengan kualitas optimal, tetapi juga memberikan pengalaman interaktif yang responsif bagi pengguna, menjadikannya solusi yang efektif untuk berbagai keperluan aplikasi pengolahan citra.

*D. Sitemap*

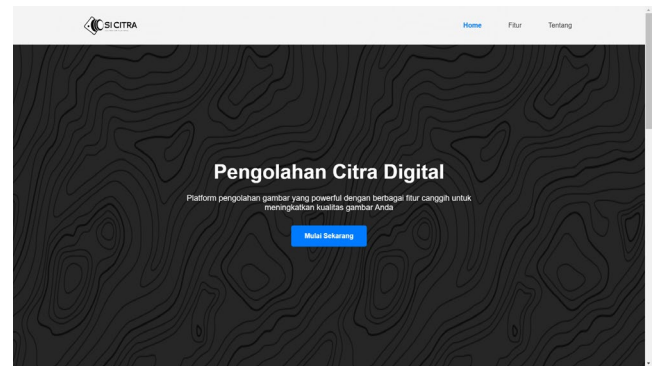
*Sitemap* adalah sebuah diagram yang menggambarkan struktur serta hirarki halaman dalam situs web atau aplikasi. Diagram ini memiliki peran penting dalam desain UI/UX karena memberikan gambaran menyeluruh, mempermudah perencanaan navigasi, dan memastikan seluruh konten terorganisasi dengan baik. Selain itu, sitemap mendukung efisiensi desain, memperkuat komunikasi antar tim, dan bermanfaat dalam tahap pengujian awal. Proses pembuatannya meliputi pengumpulan serta analisis konten, penyusunan hierarki, pembuatan visualisasi, hingga evaluasi dan revisi, sehingga membantu menyusun konten serta navigasi untuk menciptakan pengalaman pengguna yang optimal [22]. Berikut adalah *Sitemap* pada website SiCitra;



Gambar 5. Sitemap

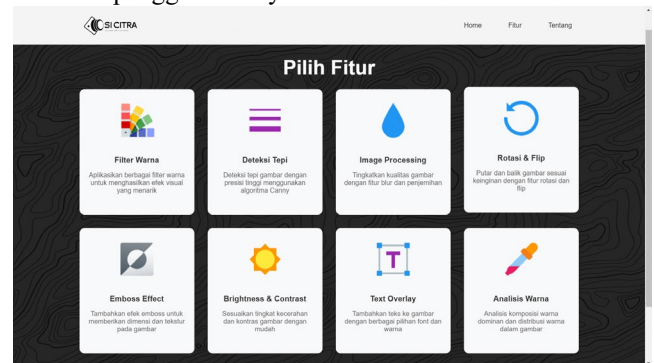
*E. Tampilan Website*

Berikut ini tampilan sistem website untuk pemrosesan citra digital yang dirancang, untuk memberikan gambaran lebih jelas tentang fungsionalitas dan antarmuka yang tersedia.



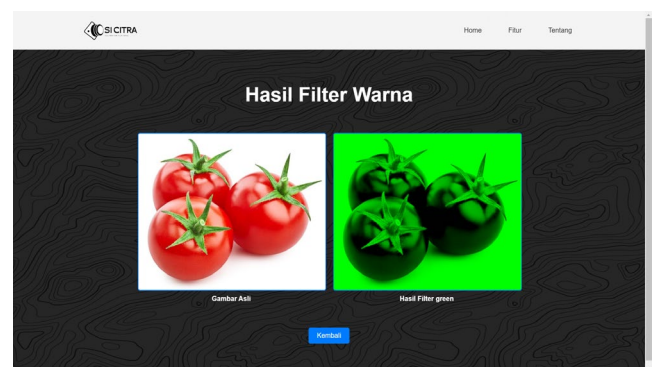
Gambar 6. Tampilan Beranda

Tampilan sistem website Pemrosesan citra digital pada gambar 6 terdapat tombol berwarna biru dengan tulisan "Mulai Sekarang" yang dapat diklik oleh pengguna untuk memulai penggunaan layanan website.



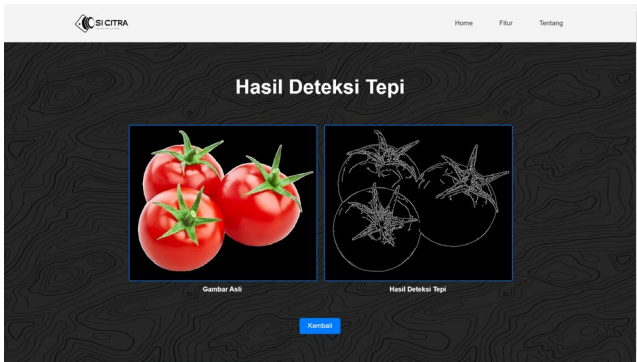
Gambar 7. Tampilan Fitur

Pada gambar 7 halaman website menampilkan fitur-fitur yang ada mulai dari fitur filter warna, deteksi tepi, *image processing*, rotasi & flip, *emboss effect*, *brightness & contrast*, *text overlay*, hingga analisis warna.



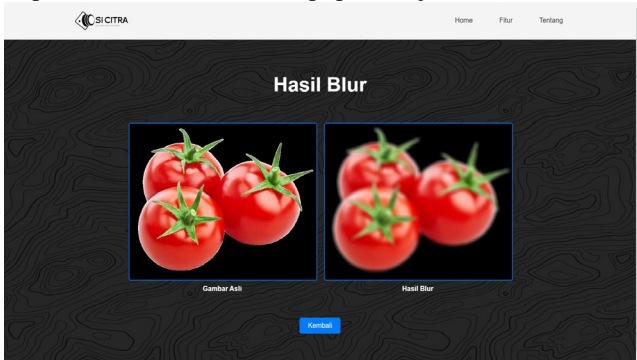
Gambar 8. Tampilan Fitur Filter Warna

Pada gambar 8 merupakan contoh tampilan hasil dari fitur dari filter warna yang dari gambar asli yang diberi filter warna hijau. Dimana pengguna bisa memilih untuk filter warna *original*, *grayscale*, *sepia*, *negative*, *red*, *green*, hingga *blue*.



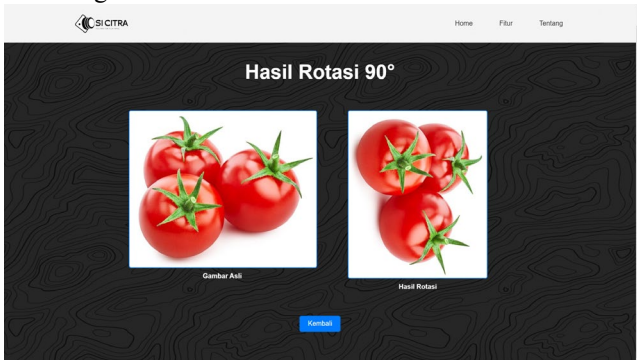
Gambar 9. Tampilan Fitur Deteksi Tepi

Pada gambar 9, halaman menampilkan contoh dari hasil implementasi fitur deteksi tepi pada objek



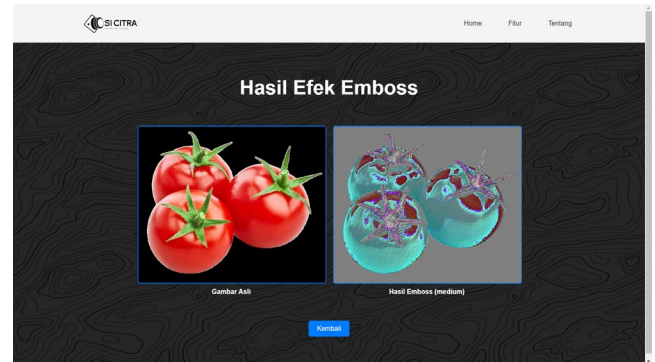
Gambar 10. Tampilan Fitur *Image Processing*

Pada gambar 10, halaman ini menampilkan contoh dari implementasi fitur *image processing* dengan penerapan efek blur. Selain itu, tersedia pula fitur untuk meningkatkan kualitas gambar.



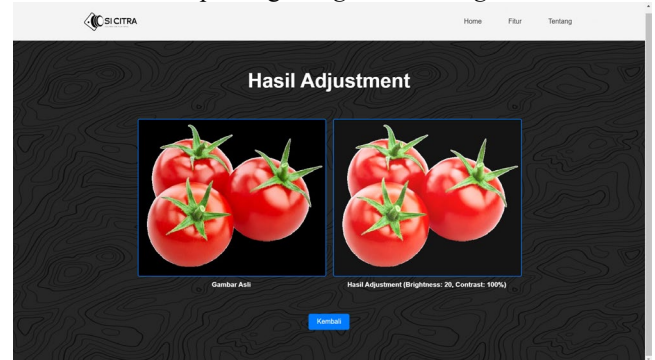
Gambar 11. Tampilan Fitur Rotasi

Pada Gambar 11, halaman ini menampilkan contoh hasil rotasi sebesar 90 derajat. Selain itu, pengguna juga dapat memilih opsi sudut rotasi lainnya, yaitu 180 dan 270 derajat. Untuk fitur flip, tersedia pilihan flip horizontal maupun flip vertikal.



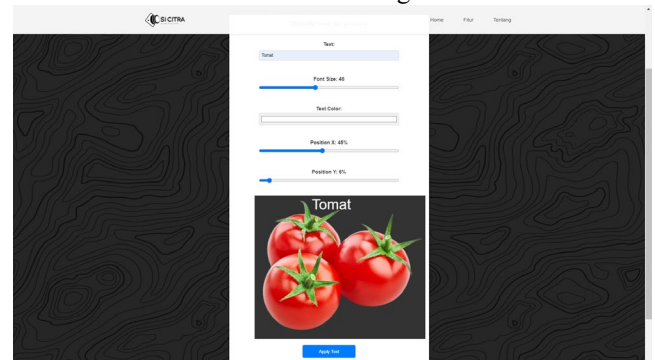
Gambar 12. Tampilan Fitur Efek Emboss

Pada Gambar 12, halaman ini menampilkan contoh hasil efek emboss dengan tingkat medium. Untuk pilihan efek emboss lain terdapat tingkat *light* dan *strong*.



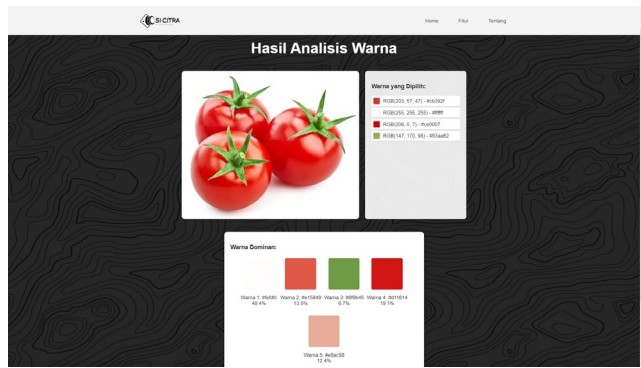
Gambar 13. Tampilan Fitur Adjustment

Pada Gambar 13, halaman ini menampilkan contoh hasil penyesuaian dengan tingkat kecerahan sebesar 20% dan kontras sebesar 100%. Pengguna dapat mengatur nilai kecerahan dan kontras dalam rentang 0-100%.



Gambar 14. Tampilan Fitur *Text Overlay*

Pada Gambar 14, halaman ini menampilkan contoh *text overlay* bertuliskan "Tomat." Pengguna dapat mengatur teks yang akan disisipkan pada gambar, termasuk warna dan posisi teks tersebut.



Gambar 15. Tampilan Fitur Analisis Warna

Pada Gambar 15, halaman ini menampilkan contoh hasil analisis warna yang terdapat pada gambar yang diunggah oleh pengguna. Warna dominan akan muncul secara otomatis, sedangkan untuk warna lain yang ingin dianalisis, pengguna dapat mengklik area gambar yang diinginkan, dan hasil warna tersebut akan ditampilkan.

F. Pengujian Sistem

Pada tahap ini penulis melakukan pengujian terhadap website menggunakan *Black Box Testing*. *Black Box Testing* adalah metode pengujian yang bertujuan untuk mengidentifikasi kesalahan dalam sistem aplikasi, termasuk kesalahan pada fungsi atau hilangnya menu aplikasi tertentu [23].

Tabel 1. *Black Box Testing*

No	Testing	Test Case	Hasil yang diharapkan	Hasil	Kesimpulan
1	Masuk halaman beranda	Klik "Home" pada navbar	Tampil halaman beranda	sesuai	valid
2	Memilih halaman fitur	Klik "Fitur" pada navbar	Tampil halaman fitur-fitur untuk pemrosesan citra	sesuai	valid
3	Memilih fitur filter warna	Klik "Filter Warna"	Tampil halaman filter warna	sesuai	valid
4	Memilih fitur deteksi tepi	Klik "Deteksi Tepi"	Tampil halaman deteksi tepi	sesuai	valid
5	Memilih fitur image processing	Klik "Image Processing"	Tampil halaman image processing	sesuai	valid

6	Memilih fitur rotasi & flip	Klik "Rotasi & Flip"	Tampil halaman rotasi & flip	sesuai	valid
7	Memilih fitur emboss effect	Klik "Emboss Effect"	Tampil halaman emboss effect	sesuai	valid
8	Memilih fitur brightness & contrast	Klik "Brightness & Contrast"	Tampil halaman brightness & contrast	sesuai	valid
9	Memilih fitur text overlay	Klik "Text Overlay"	Tampil halaman text overlay	sesuai	valid
10	Memilih fitur analisis warna	Klik "Analisis Warna"	Tampil halaman analisis warna	sesuai	valid

IV. KESIMPULAN

Website untuk pemrosesan citra digital yang dikembangkan menggunakan pustaka OpenCV berhasil menyediakan fitur-fitur seperti filter warna, deteksi tepi, rotasi, flip, penyesuaian kecerahan dan kontras, serta analisis warna. Pengujian menggunakan metode *Black Box* menunjukkan bahwa semua fungsi berjalan sesuai spesifikasi. Dengan antarmuka yang sederhana dan mudah diakses, aplikasi ini memberikan solusi praktis untuk pemrosesan citra digital tanpa memerlukan instalasi perangkat tambahan.

Aplikasi berbasis web ini tidak memerlukan instalasi tambahan dan dapat diakses dari berbagai perangkat yang terhubung ke internet, sehingga memudahkan pengguna dalam mengakses website pemrosesan citra digital kapan saja dan di mana saja. Keunggulan ini menjadikan website ini lebih praktis, efisien, dan dapat diakses oleh berbagai kalangan, mulai dari pelajar hingga profesional di berbagai bidang. Dengan efisiensi dan fleksibilitas yang ditawarkan oleh OpenCV, website ini diharapkan dapat mendukung kebutuhan di berbagai bidang seperti pendidikan, industri kreatif, dan analisis visual, sekaligus menjadi kontribusi signifikan dalam pemanfaatan teknologi berbasis web untuk pemrosesan citra digital.

DAFTAR PUSTAKA

[1] F. SIDIK, H. SUNANDAR, AND I. PEDAHULUAN, "PERANCANGAN APLIKASI PENGOLAHAN CITRA MENINGKATKAN KUALITAS FOTO RONTGEN MENGGUNAKAN METODE MEDIAN FILTERING," VOL. 3, NO. 6, 2016.

- [2] S. Syamsuddin, "Aplikasi Peningkatan Kualitas Citra Menggunakan Metode Median Filtering Untuk Menghilangkan Noise," no. 1, 2019.
- [3] T. C. A.-S. Zulkhaidi, E. Maria, and Y. Yulianto, "Pengenalan Pola Bentuk Wajah dengan OpenCV," *J. Rekayasa Teknol. Inf. JURTI*, vol. 3, no. 2, p. 181, Jun. 2020, doi: 10.30872/jurti.v3i2.4033.
- [4] Y. Anzari, F. Novriadi, N. Rahmawati, R. N. Aktan, F. H. Aminuddin, and T. Djauhari, "DETEKSI OBJEK REAL TIME DENGAN YOLOV4-TINY DAN ANTARMUKA GRAFIS MENGGUNAKAN OPENCV PYTHON," *SENTRI J. Ris. Ilm.*, vol. 3, no. 6, pp. 2711–2727, Jun. 2024, doi: 10.55681/sentri.v3i6.2893.
- [5] R. J. Subita, Ihsan Hibatur Rahman, Muhamad Rizki Pratama, Arya Bima Fauzan, Angga Novka Alana, and Nunik Pratiwi, "Pengujian Identifikasi Jumlah Kerumunan Face Recognition Menggunakan Haar Cascade Classifier," *J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 2, no. 01, pp. 58–65, Jan. 2023, doi: 10.56127/jukim.v2i01.432.
- [6] S. A. Batubara, "Perancangan Aplikasi Pengolahan Citra Digital Untuk Menentukan Bibit Unggul Biji Kopi dengan Metode Canny Edge Detection," *JURIKOM J. Ris. Komput.*, vol. 7, no. 3, p. 421, Jun. 2020, doi: 10.30865/jurikom.v7i3.2206.
- [7] A. Kurniawan, "Perancangan Perangkat Lunak Untuk Kebutuhan Manipulasi Sebuah Objek Citra Digital".
- [8] S. A. Nuswantoro, "The Risks and Mitigations Software Development Projects in Indonesia".
- [9] M. R. V. Aditya, N. L. Husni, D. A. Pratama, and A. Silvia, "Penerapan Sistem Pengolahan Citra Digital Pendeteksi Warna pada Starbot," vol. 14, no. 02.
- [10] A. Chairi and R. Mukhaiyar, "Sistem Kontrol Color Sorting Machine Dengan Pengolahan Citra Digital," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 387–396, Jul. 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i1.393.
- [11] N. N. S. Abdul Rahman, N. Mohd Saad, A. R. Abdullah, and N. Ahmat, "A REVIEW OF VISION BASED DEFECT DETECTION USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUES FOR BEVERAGE MANUFACTURING INDUSTRY," *J. Teknol.*, vol. 81, no. 3, Apr. 2019, doi: 10.11113/jt.v81.12505.
- [12] S. D. Ali, S. A. Utiahman, and I. M. Utiahman, "Perancangan Sistem Informasi Potensi Wisata Desa Lokototy Berbasis Website," *J. Inform. Upgris*, vol. 9, no. 2, Dec. 2023, doi: 10.26877/jiu.v9i2.16967.
- [13] A. Suryadi and Y. S. Zulaikhah, "Rancang Bangun Sistem Pengelolaan Arsip Surat Berbasis Web Menggunakan Metode Waterfall," no. 1, 2019.
- [14] M. Badrul and R. Ardy, "Penerapan Metode Waterfall pada Perancangan Sistem Informasi Pendaftaran Siswa Baru," vol. 5, 2021.
- [15] F. Rahmat, F. Alfarizi, D. Maulana, M. R. Ramadhan, and F. N. Hasan, "Implementasi Metode Waterfall Pada Web Company Profile Yayasan Mega Gotong Royong," *J. Inform. Upgris*, vol. 10, no. 1, pp. 5–10, Jun. 2024, doi: 10.26877/jiu.v10i1.19039.
- [16] D. N. Kholifah, J. Jefi, K. Solecha, and M. A. Fai, "Perancangan Program Absensi Karyawan Berbasis Web Menggunakan Metode Waterfall Pada PT Kedai Sayur Indonesia," *Indones. J. Softw. Eng. IJSE*, vol. 8, no. 1, pp. 115–124, Jun. 2022, doi: 10.31294/ijse.v8i1.13025.
- [17] O. Musa, S. D. Ali, and S. A. Utiahman, "Sistem Informasi Layanan Pengaduan Perjudian Berbasis Web," *J. Inform. Upgris*, vol. 8, no. 2, Jan. 2023, doi: 10.26877/jiu.v8i2.14066.
- [18] C. Vikasari, "Pengujian Sistem Informasi Magang Industri dengan Metode Blackbox Testing Boundary Value Analysis," *Syntax J. Inform.*, vol. 7, no. 1, pp. 44–51, Jun. 2018, doi: 10.35706/syji.v7i1.1291.
- [19] M. Nurudin, W. Jayanti, R. D. Saputro, M. P. Saputra, and Y. Yulianti, "Pengujian Black Box pada Aplikasi Penjualan Berbasis Web Menggunakan Teknik Boundary Value Analysis," *J. Inform. Univ. Pamulang*, vol. 4, no. 4, p. 143, Dec. 2019, doi: 10.32493/informatika.v4i4.3841.
- [20] K. Hafidz, M. D. Irawan, and H. D. Nawar, "Sistem Penginputan Data Bahan Pokok pada Pasar Tradisional Sumatera Utara Berbasis Website di Disperindag Sumut," *Sudo J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 3, pp. 98–107, Jul. 2022, doi: 10.56211/sudo.v1i3.27.
- [21] S. I. P. Sari, B. U. Pandiangan, and Z. Alfian, "Implementasi Situs Web dan Aplikasi Web Stock Opname Dengan Menerapkan SDLC Waterfall Pada PT. Revo Mandiri Pinapan," vol. 2, no. 2, 2024.
- [22] H. R. Sitorus, A. Ibrahim, Y. Utama, and H. Novianti, "Perancangan Prototype UI/UX Website Softcoffee Dengan Penerapan Metode Design Thinking".
- [23] Uminingsih, M. Nur Ichsanudin, M. Yusuf, and S. Suraya, "PENGUJIAN FUNGSIONAL PERANGKAT LUNAK SISTEM INFORMASI PERPUSTAKAAN DENGAN METODE BLACK BOX TESTING BAGI PEMULA," *STORAGE J. Ilm. Tek. Dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, May 2022, doi: 10.55123/storage.v1i2.270.