

**IMPLEMENTASI DETEKSI BENTUK GEOMETRI DAN TRANSFORMASI
DIGITAL PADA ATAP TUMPANG TIGA MASJID AGUNG DEMAK
MENGUNAKAN OPENCV BERBASIS PYTHON**

Fatkhatun Nida¹, Aelia Hayuningsih², Andre Gunawan³, Tri Anggoro⁴

^{1,2,3,4}Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap

fathanida3@gmail.com¹, aeliahayuningsih450@gmail.com², andregunawan973@gmail.com³,
trianggoro1103@unugha.id⁴

Abstrak

Masjid Agung Demak merupakan salah satu bangunan bersejarah yang memiliki ciri khas berupa atap tumpang tiga dengan unsur geometri yang cukup menonjol. Bentuk-bentuk geometri tersebut dapat dianalisis melalui pendekatan pengolahan citra digital. Penelitian ini menerapkan OpenCV berbasis Python untuk mendeteksi bentuk geometri serta melakukan transformasi digital pada citra atap tumpang tiga Masjid Agung Demak. Tahapan yang dilakukan meliputi akuisisi citra, konversi grayscale, deteksi tepi menggunakan metode Canny, ekstraksi kontur, identifikasi bentuk geometri, serta transformasi citra berupa flip horizontal, flip vertical, dan scaling. Berdasarkan proses pengujian, sistem mampu menampilkan karakteristik bentuk yang menyerupai segitiga pada bagian puncak atap dan trapesium pada bagian tengah serta bawah atap. Transformasi yang diterapkan juga tetap mempertahankan karakteristik bentuk utama meskipun orientasi maupun ukuran citra mengalami perubahan. Hasil penelitian memberikan gambaran bahwa OpenCV dapat dimanfaatkan sebagai sarana pembelajaran pengolahan citra, computer vision, dan analisis geometri pada objek arsitektur budaya.

Kata Kunci: OpenCV, Python, Pengolahan Citra, Geometri, Masjid Agung Demak.

Abstract

The Great Mosque of Demak is one of Indonesia's most significant historical buildings, characterized by its distinctive three-tiered roof structure that incorporates prominent geometric elements. These geometric shapes can be analyzed through a digital image processing approach. This study implements OpenCV and Python to detect geometric shapes and perform digital transformations on images of the three-tiered roof of the Great Mosque of Demak. The research process consists of image acquisition, grayscale conversion, edge detection using the Canny method, contour extraction, geometric shape identification, and image transformations including horizontal flip, vertical flip, and scaling. Based on the testing results, the system was able to identify shape characteristics resembling triangles at the top section of the roof and trapezoids in the middle and lower sections. The applied transformations were also able to preserve the main geometric characteristics despite changes in image orientation and size. The findings indicate that OpenCV can be utilized as a learning tool for digital image processing, computer vision, and geometric analysis of cultural architectural objects.

Keywords: *OpenCV, Python, Digital Image Processing, Geometry, Great Mosque of Demak.*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi digital telah mendorong pemanfaatan pengolahan citra dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan, dokumentasi budaya, dan analisis arsitektur. Melalui pengolahan citra digital, objek yang sebelumnya hanya diamati secara visual dapat direpresentasikan dalam bentuk data digital sehingga lebih mudah dianalisis menggunakan komputer. Salah satu penerapannya adalah deteksi bentuk geometri melalui teknik computer vision menggunakan pustaka OpenCV berbasis Python.[2] Masjid Agung Demak dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki atap tumpang tiga yang menjadi ciri khas arsitektur tradisional Jawa. Struktur atap tersebut memperlihatkan pola geometri yang cukup jelas, terutama pada bagian yang menyerupai segitiga dan trapesium. Keberadaan bentuk-bentuk tersebut menarik untuk dikaji karena menunjukkan bahwa konsep geometri telah diterapkan pada bangunan tradisional jauh sebelum berkembangnya teknologi modern.[3], [4]

Beberapa penelitian sebelumnya umumnya membahas transformasi geometri atau kajian geometri arsitektur secara terpisah. Sementara itu, penelitian yang menggabungkan deteksi bentuk geometri dan transformasi digital pada objek budaya masih relatif terbatas.[3] Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menerapkan deteksi bentuk geometri dan transformasi digital pada citra atap Masjid Agung Demak menggunakan OpenCV berbasis Python sehingga dapat memberikan gambaran penerapan pengolahan citra pada objek arsitektur budaya.[5] Bentuk yang berhasil dideteksi kemudian dikenai transformasi digital berupa *flip horizontal*, *flip vertical*, dan *scaling* untuk menganalisis perubahan orientasi dan ukuran objek.[6], [7] Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pembelajaran geometri berbasis teknologi sekaligus mendukung visualisasi digital arsitektur budaya Indonesia. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya membahas geometri arsitektur tradisional atau transformasi citra secara terpisah, penelitian ini mengintegrasikan proses deteksi bentuk geometri dan transformasi digital dalam satu implementasi menggunakan OpenCV berbasis Python pada objek arsitektur budaya Indonesia.

Berdasarkan penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa kajian geometri pada bangunan tradisional telah banyak dilakukan melalui pendekatan etnomatematika dan analisis arsitektur.

Di sisi lain, penelitian mengenai pengolahan citra digital lebih banyak difokuskan pada deteksi tepi maupun transformasi citra menggunakan OpenCV. Namun, penelitian yang menggabungkan analisis geometri bangunan budaya dengan implementasi deteksi bentuk dan transformasi digital masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba menghubungkan kedua pendekatan tersebut melalui penerapan OpenCV untuk mendeteksi karakteristik geometri pada atap Masjid Agung Demak serta mengamati perubahan bentuk melalui transformasi digital.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen (experimental research) dengan pendekatan pengolahan citra digital menggunakan OpenCV berbasis Python. Metode eksperimen dipilih karena penelitian berfokus pada pengembangan dan pengujian sistem deteksi bentuk geometri serta transformasi digital pada citra atap tumpang tiga Masjid Agung Demak. Tahapan penelitian dimulai dari proses akuisisi citra sebagai sumber data utama.[8] Citra kemudian diproses melalui tahap preprocessing berupa konversi citra RGB menjadi grayscale untuk menyederhanakan informasi warna sehingga proses deteksi objek menjadi lebih efektif. Setelah itu dilakukan deteksi tepi menggunakan metode Canny Edge Detection dengan parameter threshold bawah sebesar 50 dan threshold atas sebesar 150 (`cv2.Canny(gray,50,150)`).[2], [6]

Pemilihan nilai threshold tersebut didasarkan pada hasil pengujian awal yang menunjukkan bahwa kombinasi nilai 50 dan 150 mampu menghasilkan garis tepi yang cukup jelas tanpa menghasilkan noise berlebihan. Nilai threshold yang terlalu rendah menyebabkan banyak tepi tidak penting ikut terdeteksi, sedangkan nilai yang terlalu tinggi menghilangkan beberapa bagian penting dari struktur atap.[6] Hasil deteksi tepi kemudian diproses menggunakan metode Contour Detection untuk memperoleh batas objek. Setiap kontur yang ditemukan selanjutnya dilakukan proses Polygon Approximation menggunakan algoritma Douglas-Peucker sehingga jumlah titik sudut dapat digunakan untuk mengklasifikasikan bentuk geometri seperti segitiga, persegi, persegi panjang, trapesium, jajar genjang, dan lingkaran.

Setelah proses deteksi bentuk selesai, dilakukan transformasi geometri berupa flip horizontal, flip vertical, dan scaling untuk mengamati perubahan orientasi dan ukuran objek.

Hasil setiap transformasi dianalisis secara visual untuk mengetahui konsistensi bentuk geometri yang terdeteksi setelah mengalami perubahan posisi maupun ukuran. Metode ini dipilih karena mampu mengintegrasikan konsep pengolahan citra digital, computer vision, dan geometri dalam satu sistem yang dapat digunakan untuk menganalisis unsur matematika pada arsitektur budaya Indonesia.

a. Diagram alur penelitian



Gambar 1. Alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Implementasi sistem deteksi bentuk geometri

Pada penelitian ini dilakukan implementasi sistem deteksi bentuk geometri pada citra atap tumpang tiga Masjid Agung Demak menggunakan bahasa pemrograman Python dan pustaka OpenCV. Pemilihan OpenCV ini didasarkan pada kemampuan dalam melakukan pengolahan citra digital secara efisien, mulai dari pembacaan gambar, deteksi tepi, hingga pengenalan bentuk objek. (Thifaliani et al., 2024) Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk mengidentifikasi bentuk-bentuk geometri yang terdapat pada struktur atap Masjid Agung Demak sehingga dapat diketahui unsur matematika yang terkandung di dalam arsitektur bangunan tersebut. [10] Selain itu, hasil deteksi bentuk geometri akan digunakan sebagai dasar dalam penerapan transformasi digital berupa *flip* dan *scaling*. Proses deteksi dilakukan secara bertahap melalui pembacaan citra, konversi grayscale, deteksi tepi, deteksi kontur, dan klasifikasi bentuk geometri. [1], [2]

Tahapan tersebut dipilih karena mampu menyederhanakan informasi citra sehingga objek lebih mudah dikenali oleh sistem. Dengan adanya sistem deteksi ini, bentuk-bentuk geometri pada atap masjid dapat divisualisasikan secara digital dan dianalisis lebih lanjut melalui pendekatan pengolahan citra.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, proses deteksi bentuk sangat bergantung pada kualitas citra yang digunakan. Variasi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan keberadaan objek lain di sekitar atap dapat memengaruhi hasil deteksi kontur. Kedua, sistem hanya menggunakan metode contour detection sederhana sehingga bentuk yang terdeteksi belum sepenuhnya merepresentasikan struktur geometris secara detail. Ketiga, penelitian hanya menerapkan transformasi flip dan scaling sehingga belum mengeksplorasi transformasi lain seperti rotasi, translasi, dan shear. Keempat, pengujian dilakukan pada satu objek penelitian sehingga kemampuan generalisasi sistem terhadap bangunan budaya lain masih perlu diuji lebih lanjut. Keterbatasan ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan pengembangan penelitian selanjutnya agar sistem deteksi lebih fleksibel dan mampu diaplikasikan pada berbagai objek arsitektur budaya Indonesia.

b. Akuisisi citra

Akuisisi citra atau pengambilan data gambar yang akan digunakan sebagai objek penelitian. Akuisisi citra merupakan langkah penting karena kualitas gambar yang digunakan akan sangat mempengaruhi hasil deteksi bentuk geometri.[1] Pada penelitian ini menggunakan citra digital Masjid Agung Demak dengan fokus utama pada bagian atap tumpang tiga. Pemilihan objek tersebut didasarkan pada karakteristik arsitekturnya yang memiliki bentuk geometris yang cukup jelas dan mudah diamati. Gambar kemudian disimpan dalam format JPEG dan dibaca menggunakan fungsi OpenCV sehingga dapat diproses oleh sistem. Pada tahap ini belum dilakukan perubahan apa pun terhadap citra. Gambar masih berada dalam kondisi asli dan berfungsi sebagai sumber data utama penelitian.

```
deteksi_atap_demak.py 3 X
C:\Users\HP> Downloads > Projec Nida > Projec Nida > deteksi_atap_demak.py > ...
1 import cv2
2 import numpy as np
3
4 # MEMBACA CITRA
5 image = cv2.imread("masjid_demak.jpeg")
6
7 if image is None:
8     print("Gambar tidak ditemukan!")
9     exit()
10
11 original = image.copy()
12
13 # THRESHOLD
14 # Memperjelas objek bangunan
15 thresh = cv2.threshold(
16     blur,
17     120,
18     255,
19     cv2.THRESH_BINARY
20 )
21
```

Gambar 2. Implementasi kode python citra asli



Gambar 3. Citra asli masjid agung demak

Melalui tahap akuisisi citra, sistem memperoleh data visual yang akan digunakan pada tahapan pengolahan citra berikutnya.

c. Edge detection menggunakan metode canny

Tahap selanjutnya adalah mendeteksi tepi objek menggunakan metode Canny Edge Detection. Deteksi tepi berfungsi untuk menemukan batas-batas objek pada citra, karena bentuk geometri pada dasarnya tersusun dari garis-garis yang membentuk sisi suatu bangun. Dengan mengetahui lokasi garis tepi, sistem dapat lebih mudah mengenali bentuk geometri yang ada pada citra.[2] Dalam penelitian ini, metode Canny digunakan karena mampu menonjolkan batas objek atap secara lebih jelas dibandingkan metode deteksi tepi sederhana.[2] Selain itu, proses penyaringan noise membantu sistem memperoleh kontur yang lebih stabil untuk tahap klasifikasi bentuk. Hal ini menjadikan proses identifikasi bentuk lebih akurat dan efisien. Dalam kehidupan sehari-hari, deteksi tepi banyak digunakan pada sistem pengenalan pola, pemindaian dokumen, hingga aplikasi keamanan biometrik, di mana garis batas objek menjadi informasi utama yang harus dikenali[1].

Program diawali dengan mengimpor library OpenCV (cv2) dan membaca citra Masjid Agung Demak menggunakan fungsi cv2.imread(). Selanjutnya, citra dikonversi menjadi grayscale menggunakan cv2.cvtColor() untuk menyederhanakan informasi warna sehingga proses pengolahan citra menjadi lebih efektif. Deteksi tepi dilakukan menggunakan metode Canny melalui fungsi cv2.Canny(gray, 50, 150). Parameter threshold 50 dan 150 digunakan untuk menghasilkan garis tepi yang jelas dengan tingkat noise yang rendah. Hasil deteksi tepi kemudian diproses menggunakan fungsi cv2.findContours() untuk memperoleh kontur objek yang menjadi dasar dalam proses identifikasi bentuk geometri. Kontur yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mendeteksi bentuk-bentuk geometri pada atap tumpang tiga Masjid Agung Demak.

```
import cv2

img = cv2.imread('masjid.jpg')
gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

edges = cv2.Canny(gray, 50, 150)

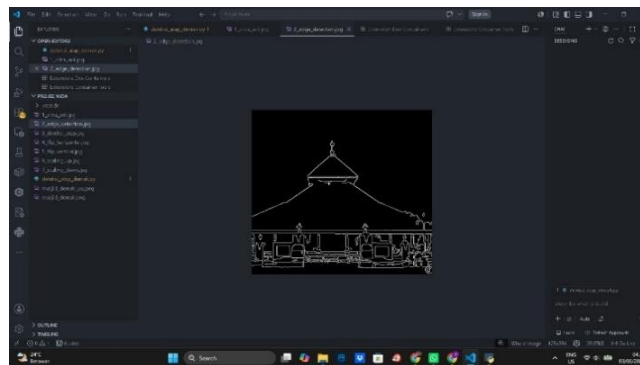
contours, _ = cv2.findContours(
    edges,
    cv2.RETR_EXTERNAL,
    cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE
)
```

Gambar4. Implementasi kode python

```
Run -- Search Sign In
deteksi_atap_demak.py X
C:\Users\Nida\Downloads>Projec Nida>Projec Nida> deteksi_atap_demak.py ...

21
22 # CANNY EDGE DETECTION
23 edges = cv2.Canny(thresh, 50, 150)
24
25 # CONTOUR DETECTION
26 contours, hierarchy = cv2.findContours(
27     edges,
28     cv2.RETR_EXTERNAL,
29     cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE
30 )
31
32 hasil_deteksi = image.copy()
33
34 # DETEKSI BENTUK GEOMETRI
35 for contour in contours:
36
37     area = cv2.contourArea(contour)
38
39     # Abaikan objek kecil/noise
40     if area < 5000:
41         continue
42
43     perimeter = cv2.arcLength(contour, True)
44
45     approx = cv2.approxPolyDP(
46         contour,
47         0.04 * perimeter,
48         True
49     )
```

Gambar 5. Implementasi kode python edge detection



Gambar 6. Hasil edge detection

1. Analisis Hasil Edge Detection

Berdasarkan Gambar 6, proses deteksi tepi dilakukan menggunakan metode Canny yang merupakan salah satu teknik dalam pengolahan citra digital untuk mengidentifikasi batas suatu objek berdasarkan perubahan intensitas piksel. Metode ini dipilih karena mampu mengekstraksi informasi visual secara efektif dengan proses komputasi yang relatif sederhana. Pada penelitian ini, citra yang dianalisis adalah atap tumpang tiga Masjid Agung Demak yang memiliki pola geometri yang cukup jelas sehingga sesuai untuk diterapkan proses deteksi tepi.

Metode Canny bekerja dengan mendeteksi perubahan intensitas yang signifikan pada citra. Piksel yang memiliki perbedaan intensitas tinggi akan dikenali sebagai tepi, sedangkan area dengan intensitas yang relatif seragam akan dianggap sebagai bagian dari objek maupun latar belakang. Sebelum proses deteksi dilakukan, citra terlebih dahulu dikonversi ke dalam bentuk grayscale untuk menyederhanakan informasi warna dan mengurangi kompleksitas data. Selanjutnya, digunakan threshold bawah sebesar 50 dan threshold atas sebesar 150 untuk menyaring noise serta mempertahankan garis-garis penting yang merepresentasikan struktur utama atap.

Hasil dari tahap ini berupa citra tepi (edge image) yang menampilkan batas-batas visual pada struktur atap Masjid Agung Demak. Garis tepi yang dihasilkan mampu memperlihatkan bagian puncak atap, sisi bangunan, serta batas antar tingkatan atap dengan cukup jelas. Informasi tersebut kemudian dimanfaatkan pada tahap berikutnya, yaitu Contour Detection dan klasifikasi bentuk geometri. Berdasarkan kontur yang berhasil diekstraksi, terlihat bahwa pola geometri yang dominan pada struktur atap adalah bentuk yang menyerupai segitiga dan trapesium. Temuan ini menunjukkan bahwa unsur geometri telah diterapkan dalam rancangan arsitektur tradisional Indonesia.[2] Melalui pendekatan pengolahan citra digital, karakteristik

tersebut dapat diidentifikasi secara lebih sistematis dan objektif. Selain memberikan informasi mengenai bentuk geometris bangunan, hasil penelitian ini juga memperlihatkan bahwa konsep matematika dapat ditemukan dan dianalisis pada objek budaya yang masih dilestarikan hingga saat ini.

2. Analisis Parameter Canny

Dalam penelitian ini digunakan parameter `cv2.Canny(gray,50,150)` dengan threshold bawah sebesar 50 dan threshold atas sebesar 150. Pemilihan parameter tersebut dilakukan berdasarkan beberapa percobaan awal terhadap citra atap Masjid Agung Demak.[2] Nilai threshold bawah berfungsi untuk mendeteksi tepi yang relatif lemah, sedangkan threshold atas digunakan untuk mempertahankan tepi yang benar-benar penting. Kombinasi kedua nilai tersebut dapat menghasilkan keseimbangan antara detail objek dan pengurangan noise sehingga kontur atap dapat dikenali dengan lebih baik pada tahap berikutnya.[11]

Metode Canny digunakan karena memiliki kemampuan mendeteksi tepi yang jauh lebih baik dibandingkan beberapa metode deteksi tepi dasar seperti Sobel dan Prewitt. Canny mampu menghasilkan garis tepi yang lebih tipis dan jelas serta memiliki mekanisme pengurangan noise melalui proses smoothing. Oleh karena itu metode ini dinilai lebih sesuai untuk mendeteksi struktur atap yang memiliki banyak garis dan sudut geometri.

Tabel parameter canny

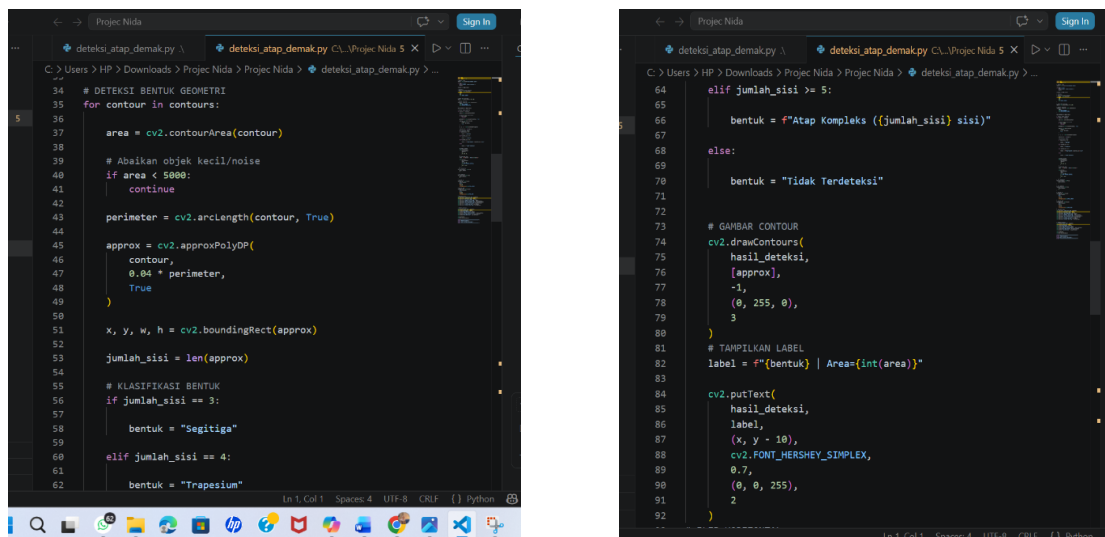
Threshold	Hasil
30-100	Banyak noise
50-150	Tepi jelas
100-200	Sebagian tepi hilang

Tabel 1. Analisis parameter canny

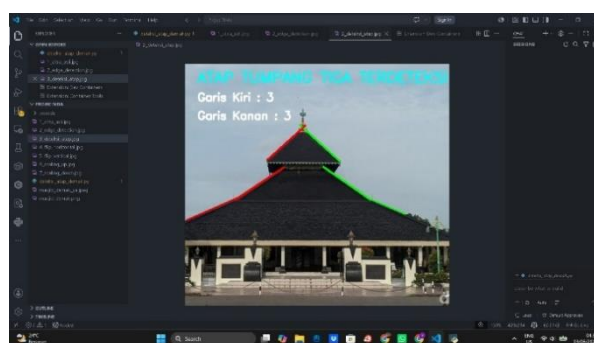
Berdasarkan beberapa percobaan awal, kombinasi threshold 50 dan 150 digunakan karena mampu menghasilkan kontur yang paling jelas pada objek atap.

d. Deteksi dan klasifikasi bentuk

Tahap deteksi dan klasifikasi merupakan bagian utama dari penelitian ini. Pada tahap ini sistem berusaha mengenali jenis bangun geometri berdasarkan jumlah sisi yang dimiliki oleh suatu objek.[3] Tujuan klasifikasi adalah untuk mengetahui bentuk-bentuk geometri yang terdapat pada struktur atap Masjid Agung Demak serta menghubungkannya dengan konsep matematika yang terdapat dalam arsitektur tradisional. Sistem ini melakukan aproksimasi polygon terhadap setiap kontur yang ditemukan. Jumlah titik sudut hasil aproksimasi digunakan sebagai dasar penentuan jenis bangun geometri.



Gambar 7. Implementasi deteksi bentuk



Gambar 8. Hasil Deteksi dan Klasifikasi Bentuk Geometri

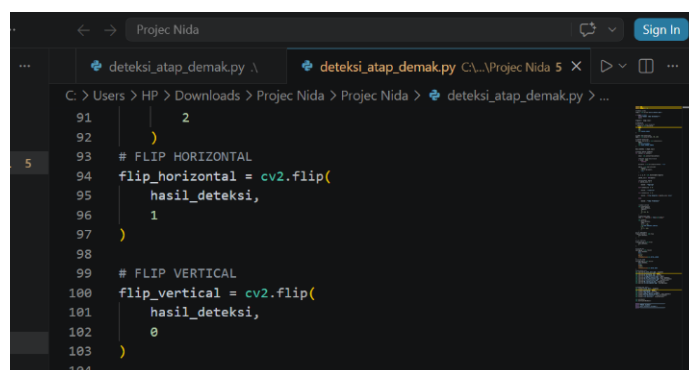
Dari hasil klasifikasi bentuk, sistem dapat mengidentifikasi bentuk segitiga pada bagian atap paling atas dan bentuk trapesium pada bagian atap tingkat tengah dan bawah.[7], [12] Hasil ini sesuai dengan karakteristik arsitektur atap tumpang tiga Masjid Agung Demak yang

secara visual tersusun oleh bentuk-bentuk geometri tersebut. Meskipun demikian, beberapa bagian kontur belum dapat dikenali secara sempurna karena adanya pengaruh pencahayaan, tekstur bangunan, serta kompleksitas latar belakang citra. Kondisi ini menyebabkan sistem lebih efektif mendeteksi area utama atap dibandingkan detail geometri yang lebih kecil. Oleh karena itu, metode contour detection yang digunakan masih memiliki keterbatasan dalam membedakan bentuk yang memiliki karakteristik sisi yang hampir serupa.

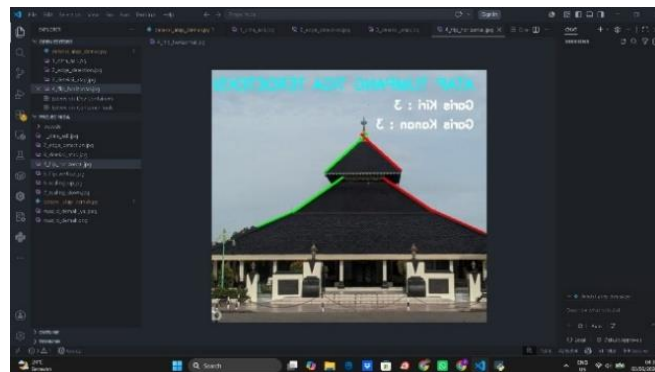
e. Transformasi geometri flip dan horizontal

Setelah bentuk geometri berhasil dikenali, tahap berikutnya yaitu melakukan transformasi digital berupa flip horizontal. Transformasi ini mencerminkan objek terhadap sumbu vertikal sehingga posisi objek berpindah secara simetris dari kiri ke kanan.[11] Tujuan dari flip horizontal adalah menunjukkan bahwa orientasi objek dapat diubah tanpa mempengaruhi bentuk dasar maupun ukuran objek. Pada penelitian ini, transformasi diterapkan pada hasil deteksi bentuk geometri sehingga perubahan orientasi dapat diamati secara visual.[2]

Transformasi ini sangat relevan dengan kehidupan sehari-hari, misalnya pada aplikasi desain grafis, pemrosesan citra digital lain, maupun sistem pengenalan pola, di mana objek sering kali perlu ditampilkan dalam orientasi berbeda tanpa kehilangan bentuk aslinya. Dengan demikian, flip horizontal membuktikan bahwa sistem mampu mempertahankan akurasi deteksi bentuk meskipun posisi objek berubah.[5], [13]



Gambar 9. Implementasi kode python flip vertical dan horizontal

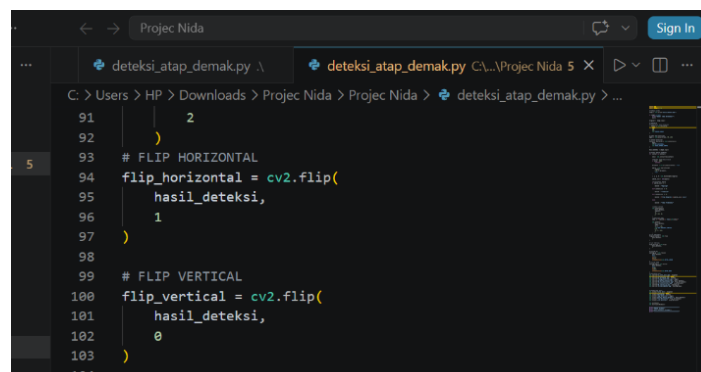


Gambar 10. Hasil flip horizontal

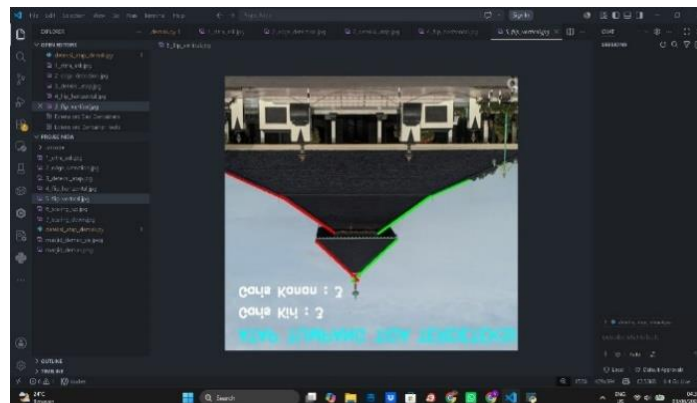
Hasil transformasi memperlihatkan bahwa meskipun posisi objek berubah, bentuk geometri pada setiap bagian atap tetap dipertahankan. Hal ini menegaskan bahwa refleksi horizontal hanya memengaruhi orientasi, bukan struktur bentuk.

f. Transformasi geometri flip vertical

Selain flip horizontal, penelitian ini juga menerapkan **flip vertical** untuk mencerminkan objek terhadap sumbu horizontal. Transformasi inidi gunakan untuk membalik posisi objek dari atas ke bawah secara simetris. Tujuan dari flip vertical adalah untuk mengamati bagaimana orientasi citra berubah ketika objek dibalik, sekaligus memastikan bahwa karakteristik bentuk geometri tetap konsisten.[13] Hal ini penting karena dalam banyak aplikasi nyata seperti pemindaian dokumen, analisis citra satelit, maupun sistem keamanan biometric objek dapat muncul dalam orientasi berbeda, namun sistem tetap harus mengenali bentuk dasarnya.



Gambar 11. Implementasi kode python flip vertical dan horizontal



Gambar 12. Hasil flip vertical

Hasil transformasi menunjukkan bahwa meskipun posisi objek berubah secara vertikal, bentuk geometri pada struktur atap tetap dapat dikenali dengan baik. Hal ini membuktikan bahwa transformasi refleksi, baik horizontal maupun vertikal, hanya memengaruhi orientasi citra tanpa mengubah bentuk dasar objek.

g. Transformasi geometri scaling

Transformasi scaling adalah proses mengubah ukuran citra dengan memperbesar (*scaling up*) atau memperkecil (*scaling down*) objek berdasarkan faktor skala tertentu. Perbedaan keduanya terletak pada hasil akhir: *scaling up* menampilkan citra dengan detail lebih besar, sedangkan *scaling down* menyajikan citra dalam ukuran lebih kecil dan ringkas.[8] Tujuan utama scaling adalah memastikan bahwa bentuk geometri tetap dapat dikenali meskipun ukuran citra berubah, sehingga sistem mampu beradaptasi terhadap variasi skala tanpa kehilangan informasi bentuk dasar.[12]

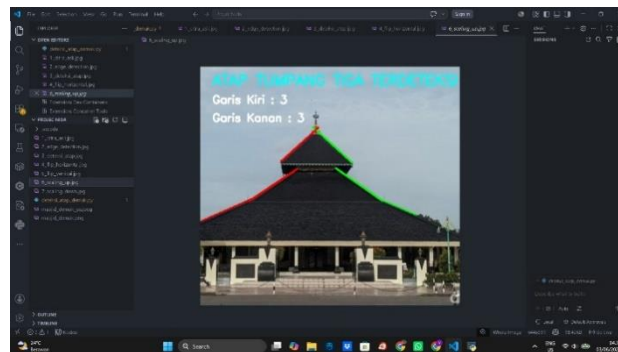
Scaling memiliki kegunaan penting dalam berbagai aplikasi nyata. Contohnya pada desain grafis, scaling memungkinkan objek ditampilkan dalam ukuran berbeda tanpa mengubah proporsi bentuk. Dalam citra desain, memperbesar citra membantu memperjelas detail, sedangkan memperkecil citra mengurangi beban komputasi untuk analisis cepat. Scaling juga relevan pada sistem pengenalan pola dan pembelajaran digital, karena objek sering kali muncul dalam ukuran bervariasi, namun sistem tetap harus mengenali bentuk geometri yang sama.[8] Dengan demikian, scaling membuktikan konsistensi sistem dalam mendeteksi bentuk meskipun ukuran citra berubah.

```

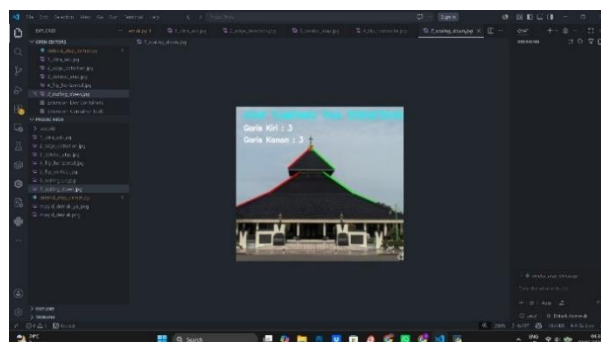
104
105 # SCALING UP
106 scaling_up = cv2.resize(
107     hasil_deteksi,
108     None,
109     fx=1.5,
110     fy=1.5,
111     interpolation=cv2.INTER_LINEAR
112 )
113 # SCALING DOWN
114 scaling_down = cv2.resize(
115     hasil_deteksi,
116     None,
117     fx=0.5,
118     fy=0.5,
119     interpolation=cv2.INTER_AREA
120 )
121 # MENYIMPAN HASIL
122 cv2.imwrite("1_citra_asli.jpg", original)
123 cv2.imwrite("2_grayscale.jpg", gray)
124 cv2.imwrite("3_threshold.jpg", thresh)
125 cv2.imwrite("4_edge_detection.jpg", edges)
126 cv2.imwrite("5_deteksi_bentuk.jpg", hasil_deteksi)
127 cv2.imwrite("6_flip_horizontal.jpg", flip_horizontal)
128 cv2.imwrite("7_flip_vertical.jpg", flip_vertical)
129 cv2.imwrite("8_scaling_up.jpg", scaling_up)
130 cv2.imwrite("9_scaling_down.jpg", scaling_down)
131
132

```

Gambar 13. Implentasi kode python scaling



Gambar 14. Hasil scaling up



Gambar 15. Hasil scaling down

Hasil transformasi menunjukkan bahwa ukuran citra berubah sesuai faktor skala yang diberikan. Pada *scaling up*, detail objek terlihat lebih jelas, sedangkan pada *scaling down* citra

menjadi lebih ringkas. Meskipun demikian, bentuk geometri utama pada atap tetap dapat dikenali dengan baik. Hal ini menegaskan bahwa transformasi scaling mampu mempertahankan karakteristik bentuk objek meskipun ukuran citra mengalami perubahan. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode deteksi bentuk geometri menggunakan OpenCV dapat dikombinasikan dengan transformasi digital untuk menghasilkan visualisasi arsitektur budaya yang lebih interaktif.[8] Selain memberikan gambaran mengenai konsep geometri pada atap Masjid Agung Demak, penelitian ini juga menunjukkan bahwa teknologi pengolahan citra dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran informatika dan pelestarian budaya berbasis digital.[14]

h. Analisis hasil

Berdasarkan tahapan pengolahan citra yang telah dilakukan, kombinasi metode Canny Edge Detection, Contour Detection, dan Polygon Approximation dapat digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik geometri pada atap tumpang tiga Masjid Agung Demak[2]. Proses konversi citra ke grayscale membantu menyederhanakan informasi visual sehingga proses deteksi tepi dapat berjalan lebih efektif. Penggunaan parameter Canny sebesar 50 dan 150 menghasilkan batas objek yang cukup jelas untuk mendukung proses ekstraksi kontur. Kontur yang diperoleh kemudian digunakan sebagai dasar dalam identifikasi bentuk geometri berdasarkan jumlah titik sudut yang terbentuk. Pada objek penelitian, pola yang menyerupai segitiga terlihat pada bagian puncak atap, sedangkan bentuk menyerupai trapesium tampak pada bagian tengah dan bawah struktur atap. Temuan ini memperlihatkan bahwa unsur geometri yang terdapat pada bangunan tradisional dapat direpresentasikan dalam bentuk digital dan dianalisis menggunakan pendekatan pengolahan citra.[14]

Pada tahap klasifikasi bentuk, sistem dapat mengenali bentuk segitiga pada bagian puncak atap dan bentuk trapesium pada bagian tengah serta bawah atap. Hasil ini menunjukkan bahwa unsur geometri yang terdapat pada arsitektur tradisional dapat direpresentasikan dalam bentuk digital dan dianalisis menggunakan pendekatan computer vision.[1] Pengujian transformasi flip horizontal dan flip vertical memperlihatkan bahwa perubahan orientasi citra tidak menghilangkan karakteristik bentuk utama yang telah terdeteksi. Begitu pula pada proses scaling, perubahan ukuran citra masih mempertahankan pola geometri yang sama selama proporsi objek tetap terjaga. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki

kemampuan yang cukup baik dalam mempertahankan informasi bentuk meskipun citra mengalami perubahan posisi maupun ukuran. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa OpenCV berbasis Python dapat dimanfaatkan untuk mendukung analisis geometri pada arsitektur budaya Indonesia.[2] Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi pengolahan citra memiliki potensi besar sebagai media pembelajaran geometri, computer vision, dan dokumentasi digital warisan budaya. Secara umum, implementasi OpenCV berbasis Python pada penelitian ini memberikan gambaran bahwa teknologi computer vision dapat dimanfaatkan untuk membantu analisis geometri pada objek arsitektur budaya. Selain sebagai media pembelajaran pengolahan citra dan geometri, pendekatan ini juga berpotensi mendukung dokumentasi digital terhadap bangunan bersejarah.

i. Keterbatasan penelitian

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang perlu menjadi perhatian dalam menafsirkan hasil yang diperoleh. Pengujian dilakukan menggunakan satu citra utama atap Masjid Agung Demak yang diambil dari tampak depan, sehingga kemampuan sistem pada sudut pengambilan gambar lain belum dapat dievaluasi secara menyeluruh. Penggunaan lebih banyak citra sebenarnya memungkinkan untuk dilakukan, namun memerlukan penyesuaian pada proses pengolahan dan pengujian program agar dapat mengelola data dalam jumlah yang lebih besar.

Selain itu, kualitas hasil deteksi masih dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan, tingkat ketajaman citra, bayangan, serta keberadaan noise pada gambar. Faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi proses deteksi tepi dan ekstraksi kontur yang menjadi dasar identifikasi bentuk. Penelitian ini juga lebih menitikberatkan pada analisis kontur dan karakteristik sisi objek dibandingkan pengenalan bentuk geometri secara menyeluruh. Oleh karena itu, pola yang terdeteksi pada citra lebih menggambarkan karakteristik geometri berdasarkan kontur yang terbentuk, sehingga pengembangan metode yang lebih robust masih diperlukan untuk meningkatkan kemampuan identifikasi bentuk pada berbagai kondisi citra

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan teknik pengolahan citra digital menggunakan OpenCV berbasis Python untuk menganalisis bentuk geometri pada atap

tumpang tiga Masjid Agung Demak. Melalui tahapan grayscale, Canny Edge Detection, Contour Detection, dan Polygon Approximation, sistem mampu menampilkan karakteristik geometri yang terdapat pada struktur atap dan mengidentifikasi pola yang menyerupai bentuk segitiga serta trapesium. Penggunaan parameter Canny sebesar 50 dan 150 menghasilkan deteksi tepi yang cukup jelas sehingga proses ekstraksi kontur dapat dilakukan dengan baik. Selain itu, transformasi flip horizontal, flip vertical, dan scaling memperlihatkan bahwa perubahan orientasi maupun ukuran citra tidak menghilangkan karakteristik geometri utama yang terdapat pada objek.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa teknologi computer vision dapat dimanfaatkan sebagai salah satu pendekatan untuk menganalisis unsur geometri pada bangunan budaya secara digital. Penelitian ini juga memberikan gambaran penerapan pengolahan citra dalam pembelajaran geometri, transformasi digital, dan computer vision. Meskipun masih memiliki keterbatasan pada jumlah citra dan kondisi pengujian, penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan studi lanjutan dengan objek, metode, maupun variasi citra yang lebih beragam. Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, terutama pada jumlah citra yang digunakan dan kondisi pengujian yang masih terbatas. Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan lebih banyak variasi citra dengan kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan gambar yang berbeda. Selain itu, penggunaan metode deteksi yang lebih berkembang juga dapat dipertimbangkan agar hasil yang diperoleh menjadi lebih akurat dan mampu memberikan analisis yang lebih mendalam. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi teknologi computer vision dan kajian geometri arsitektur tradisional dapat menjadi alternatif pendekatan dalam pembelajaran matematika, informatika, serta dokumentasi digital warisan budaya Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- S. Ashillah, S. A. Gulo, Y. Rahmi, and D. Y. Niska, "Implementasi Algoritma Pengolahan Citra Digital untuk Perbaikan Kualitas Gambar," 2025.
- M. A. Taqy, C. A. Yahya, M. Al Hafizh, and S. Nurakmalia, "Implementasi dan Analisis Metode Deteksi Tepi Canny Menggunakan OpenCV," vol. 1, no. 4, pp. 303–306, 2024.
- P. S. Arstektur, "Studi transformasi geometri secara struktural dalam menciptakan bentuk arsitektur simbolik," 2025.

- D. K. Santoso, “Transformasi Fasad Pada Permukiman Suku Tengger Desa Ngadas Ditinjau Dari Bentuk Geometri Dasar,” vol. 3, no. 1, pp. 34–42, 2020.
- I. Teknik and R. Gambar, “Implementasi teknik rotasi gambar menggunakan metode affine transformation dengan python dan opencv,” vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2024.
- W. Supriyatin, P. Studi, S. Informasi, and U. Gunadarma, “Ekstraksi ciri bentuk pada citra bergerak menggunakan teknik batas tepi,” vol. 19, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- I. Kudus, “Journal of Educational Integration and Development Eksplorasi Etnomatematika Rumah Adat Joglo di Desa Sumurpule Pati,” vol. 1, no. 2, pp. 103–115, 2021.
- V. Images, “Implementasi dan Analisa Image Scalling Menggunakan Bilinier Interpolation pada Citra Kendaraan,” no. September, pp. 329–343, 2025.
- N. N. Thifaliani, H. T. Lestiana, I. Nursuprianah, J. T. Matematika, I. Syekh, and N. Cirebon, : “JURNAL PENDIDIKAN MATEMATIKA Eksplorasi Arsitektur Masjid Agung Sang Cipta Rasa Cirebon sebagai Bahan Ajar Matematika,” vol. 4, no. 1, pp. 11–24, 2024.
- A. Ifrochah, U. Roro, K. Dewi, and M. Khairi, “Saka Guru dan Atap Tumpang Tiga : Keunikan Arsitektur Masjid Agung Demak,” vol. 2, 2025.
- S. Nurkhafifah, N. S. Pailokol, and P. Megawanti, “Eksplorasi Etnomatematika Terhadap Konsep Geometri Pada Struktur Bangunan Rumah Joglo Semar Tinandhu,” vol. 1, no. 58, pp. 92–105, 2021.
- J. Pembelajaran, M. Inovatif, C. Cancerlia, A. Husna, and Y. Gusmania, “ETNOMATEMATIKA DAN GEOGEBRA : STUDI GEOMETRI ARSITEKTUR ISLAM PADA MASJID AGUNG RAJA HAMIDAH DI,” vol. 8, no. 6, pp. 705–718, 2025, doi: 10.22460/jpmi.v8i6.29467.
- C. Ratna, N. Hayati, and K. Novea, “Kajian Etnomatematika Terkait Aspek-aspek Geometri pada Rancang Bangunan Rumah Adat Larik,” vol. 5, pp. 414–422, 2022.
- A. Dugarai *et al.*, “PERANCANGAN GUI MATLAB UNTUK KEAMANAN CITRA RGB BERBAGAI UKURAN,” vol. 2, no. April, pp. 51–56, 2025.